

Correlación entre casos posibles de HNIR y la exposición a altos niveles de presión sonora en una empresa del sector metalmeccánico de Antioquia a marzo del 2016 e intervención del proceso de pulido de bidones metálicos.

**Karem Melissa Reyes Reina
Mónica Cecilia Otero Tobón
Diego Fernando Soto Serna**

**Trabajo de investigación para optar al título de Especialista en
Salud Ocupacional**

**Asesor: Alexander Cubaque
Magister en Salud Ocupacional
Administrador de Servicios de Salud con Énfasis Ambiental
Profesor Facultad Nacional de Salud Pública**

**Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
Héctor Abad Gómez
Medellín
2016**

Tabla de Contenido

Resumen Ejecutivo.....	14
1. Introducción	15
2. Planteamiento del Problema.....	16
2.1. Tamizaje Auditivo año 2014.....	17
2.1.1. Resultados de la Otoscopia.....	17
2.2. Sonometrías y Dosimetrías.	22
2.2.1. Resultados de Sonometría Año 2012.	22
2.2.2. Resultados de Sonometría Año 2014	25
2.2.3. Resultados Dosimetría Año 2012	28
3. Objetivos.....	33
3.1. Objetivo General	33
3.2. Objetivos Específicos.....	33
4. Marcos del Trabajo	34
4.1. Marco Teórico	34
4.1.1. Deterioro de la Salud por Exposición a Ruido Ocupacional. .	34
4.1.2. Diagnóstico de pérdida de audición.	39
4.1.3. Estrategias de Reducción de Exposición a Ruido Ocupacional	44
4.1.4. Análisis estadístico - Regresión logística.....	47
4.2. Marco Institucional	48
4.3. Marco Normativo.....	50
5. Metodología	53
5.1. Tipo de estudio	53
5.2. Población	53
5.2.1 Criterios de exclusión	54
5.2.2 Tamaño de Muestra.....	54
5.3 Correlación HNIR y efectos percibidos con Exposición a altos	55
niveles de ruido	55
5.3.1 Búsqueda Bibliográfica y Análisis de Información.	56

5.3.2	Generación de Mapas de ruido	56
5.3.3	Herramienta de captación de información.....	57
5.3.4	Análisis estadístico	63
5.4	Intervención en el proceso de pulido de bidones metálicos.....	64
5.4.1	Modificación de la herramienta.....	64
5.4.2	Diseño de Cabina de Atenuación de Ruido	66
5.4.3	Análisis de la protección auditiva de la empresa.....	67
6.	Resultados.....	69
6.1.	Análisis de casos	69
6.2.	Análisis estadístico e inferencial	81
6.2.1.	Descripción de la población	81
6.2.2.	Análisis de variables confusoras	86
6.2.3.	Análisis de síntomas percibidos	93
6.2.4.	Regresión Logística	100
6.3.	Intervención del proceso de pulido de bidones metálicos	106
6.3.1	Fuente: Herramienta de pulido neumática	106
6.3.2	Medio	113
6.3.3	Individuo	122
6.3.4	Estrategias organizacionales.....	130
6.4.	Sonometría y dosimetrías (año 2016)	133
6.4.1.	Informe de resultados de sonometría.....	133
6.4.2.	Informe de resultados de dosimetría	137
6.5.	Mapas de ruido	138
6.5.1	Interpolación (30)	139
6.5.2.	Soporte para la metodología concerniente a los mapas de ruido.....	142
6.5.3.	Mapas de ruido sin intervención 2012-2014.....	143
6.5.4.	Mapa de ruido luego de la intervención 2016	145
7.	Discusión	146
8.	Conclusiones.....	148
	Referencias Bibliográficas.....	150
	Anexos	155

Lista de tablas

Tabla 1. Distribución por resultados otoscopia	17
Tabla 2. Distribución por resultados Escala S.A.L.	18
Tabla 3. Distribución por resultados Escala E.L.I.	19
Tabla 4. Cuadro de resultados LARSEN modificado	21
Tabla 5. Diagnostico audiológico o tipo de hipoacusia	41
Tabla 6. Grado de severidad de la hipoacusia.	42
Tabla 7. Escala de Clasificación S.A.L	42
Tabla 8. Escala de clasificación E.L.I.....	43
Tabla 9. Cuadro Clasificación LARSEN modificado.....	44
Tabla 10. Nivel de presión sonora permisible de acuerdo a zona y periodo.....	50
Tabla 11. Valores límites permisibles para ruido continuo o intermitente	51
Tabla 12. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 19.....	69
Tabla 13. Resultados de audiometría O.I. sujeto Nro. 19.....	70
Tabla 14. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 77.....	71
Tabla 15. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 77.....	72
Tabla 16. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 82.....	73
Tabla 17. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 82.....	74
Tabla 18. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 22.....	76
Tabla 19. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 22.....	76
Tabla 20. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 83.....	78
Tabla 21. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 83.....	78

Tabla 22. Frecuencias de edad por intervalos.....	81
Tabla 23. Percentiles de la edad de los trabajadores.....	82
Tabla 24. Frecuencias de presencia del hábito de escuchar música a alto volumen	91
Tabla 25. Distribución de la edad de los casos presentes en la muestra	101
Tabla 26. Distribución de tiempo laborado en meses	103
Tabla 27. Porcentaje de clasificación de la muestra	104
Tabla 28. Variables en la ecuación	105
Tabla 29. Valores obtenidos para el diseño de la cabina	116
Tabla 30. Coeficientes de absorción de diferentes materiales.....	116
Tabla 31. Coeficientes de absorción por área, utilizando Lana Mineral de Roca (manto)	117
Tabla 32. Diseño del encerramiento de la cabina.....	121
Tabla 33. Cálculo de atenuación producida por protector recomendado	129
Tabla 34. Cálculo de atenuación producida por protector utilizado en la actualidad	129
Tabla 35. Rotación de turnos de trabajo para disminuir el tiempo de exposición.....	130
Tabla 36. Niveles de Presión Sonora, por cada banda de frecuencia generado en la Cabina	135
Tabla 37. Niveles de presión sonora en diferentes puntos de la empresa.	137
Tabla 38. Valores encontrados en la dosimetría	138

Lista de figuras

Figura 1. Resultados escala S.A.L.....	18
Figura 2. Distribución de resultado E.L.I.	20
Figura 3. Resultados LARSEN modificado. Fuente: Informe de Tamizaje Auditivo ARL COLMENA Recatam 2014.....	21
Figura 4. Resultados del nivel de presión sonora determinados en procesos de la empresa RECATAM S.A.S. Abril de 2012. Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional RECATAM 2012.	23
Figura 5. Principales fuentes de ruido de producción en la empresa RECATAM S.A.S. evaluadas en abril de 2012. Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional.....	24
Figura 6. Resultados del nivel de presión sonora determinados en procesos de la empresa RECATAM S.A.S. Diciembre de 2014. Fuente: Estudio para determinación de niveles de presión sonora RECATAM 2014.	26
Figura 7. Principales fuentes de ruido de en la empresa RECATAM S.A.S. evaluadas en diciembre de 2014. Fuente: Estudio para determinación de niveles de presión sonora RECATAM 2014.	28
Figura 8. Descripción de oficios evaluados mediante dosimetrías realizadas en personal de la empresa RECATAM en abril de 2012.Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional RECATAM 2012.....	29
Figura 9. Resultados de la dosimetría realizada en trabajadores de RECATAM S.A.S., abril de 2012. Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional RECATAM 2012.....	31
Figura 10. Nivel de confianza deseado	55
Figura 11. Nivel de precisión absoluta.....	55
Figura 12. Plano de la empresa incluido en la encuesta para identificar exposición histórica.	62

Figura 13. Pulidora Neumática, nueva (izquierda) y Pulidora Neumática usada sin silenciador (derecha).....	65
Figura 14. Dispositivo original de reducción de ruido	65
Figura 15. Sonómetro Svan 977, Clase 1.	66
Figura 16. Atenuación de ruido de protección auditiva de silicona.....	68
Figura 17. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 19	70
Figura 18. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 19	71
Figura19. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 77	72
Figura20. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 77	73
Figura21. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 82	74
Figura22. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 82	75
Figura 23. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 22	77
Figura 24. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 22	77
Figura25. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 83	79
Figura26. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 83	80
Figura 27. Distribución de la edad de los trabajadores.	82
Figura 28. Distribución de ingresos de los trabajadores.....	83
Figura 29. Frecuencia de actividad física de los trabajadores.	84
Figura 30. Distribución de consumo de tabaco en los trabajadores.	85
Figura31. Distribución de consumo de alucinógenos en los trabajadores	85
Figura 32. Distribución del consumo de alcohol en los trabajadores. ...	86
Figura 33. Molestias por el ruido en barrio en semana	87
Figura 34. Molestias por el ruido en el barrio los fines de semana	87

Figura 35. Presencia de vehículos pesados en el barrio	88
Figura 36. Presencia de empresas ruidosas en el barrio	88
Figura 37. Presencia de discotecas y centros recreativos en el barrio..	89
Figura 38. Presencia de ruido que impide conciliar el sueño.....	90
Figura 39. Presencia de ruido que impide entablar una conversación normal.....	90
Figura 40. Porcentaje de trabajadores que escuchan música a alto volumen	91
Figura 41. Frecuencia con que utiliza audífonos	92
Figura 42. Frecuencia con que utiliza audífonos	92
Figura 43. Porcentaje de trabajadores que asisten a concierto o eventos masivos ruidosos	93
Figura 44. Porcentaje de trabajadores con síntomas de gastritis.	94
Figura 45. T Porcentaje de trabajadores con alteraciones cardiovasculares.	95
Figura 46. Porcentaje de trabajadores con dificultad para dormir	96
Figura 47. Porcentaje de trabajadores con irritabilidad constante	96
Figura 48. Porcentaje de trabajadores con depresión.....	97
Figura 49. Porcentaje de trabajadores con dificultad para concentrarse durante la jornada laboral	98
Figura 50. Porcentaje de trabajadores con dificultad para comunicarse durante la jornada laboral	99
Figura 51. Porcentaje de trabajadores con dolores de cabeza frecuentes.	100
Figura 52. Porcentaje de trabajadores con posible HNIR	101
Figura 53. Porcentaje de trabajadores expuestos y no expuestos	102
Figura 54. Tiempo laborado en meses	104

Figura 55. Herramienta con dispositivo silenciador, original	107
Figura 56. Acople en la herramienta del silenciador instalado en uso.	108
Figura 57. Partes del silenciador instalado, antes del ensamble.....	108
Figura 58. Partes del silenciador instalado, durante el ensamble	109
Figura 59. Acople directo con la herramienta.	109
Figura 60. Acople instalado a la herramienta	109
Figura 61. Dispositivo silenciador original (plástico) y dispositivo silenciador instalado (cobre).....	110
Figura 62. Acople de la manguera con el tubo PVC, del silenciador instalado en uso.	110
Figura 63. Relleno del tubo PVC con material absorbente acústico.....	111
Figura 64. Proceso de ensamble del tubo PVC con la manguera del silenciador instalado.....	111
Figura 65. Silenciador instalado en uso	112
Figura 66. Costo de materiales requeridos para la herramienta.....	112
Figura 67. Plano de la cabina sin intervención vista frontal	114
Figura 68. Plano de la cabina sin intervención vista lateral interna	115
Figura 69. Plano de la cabina sin intervención vista superior.....	115
Figura 70. Vista frontal de la cabina recomendada	119
Figura 71. Vista superior interna (izquierda) y externa –techo (derecha)	119
Figura 72. Vista lateral interna de la cabina recomendada	120
Figura 73. Valores del Nivel de Presión Sonora Correspondientes al índice NR	121
Figura 74. Fonos 3M Peltortm H6/Optime 95	122

Figura 75. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltortm H6/Optime 95.....	123
Figura 76. Fonos 3M Peltortm H9/Optime 98	123
Figura 77. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltortm H9/Optime 98.....	124
Figura 78. Fonos 3M Peltor H7A Optime 101.....	124
Figura 79. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltor H7A Optime 101.....	125
Figura80. Fonos 3M Peltor H10A Optime 105.....	125
Figura 81. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltor H10A Optime 105.....	126
Figura82. Tapones Auditivos 3M 1110	126
Figura 83. Valores de atenuación de los Tapones Auditivos 3M 1110.	127
Figura84. Tapones Auditivos 3M con Cordón 1270 y 1271	127
Figura 85. Valores de atenuación de los Tapones Auditivos 3M con Cordón 1270 y 1271.....	128
Figura 86. Acumulación de bidones metálicos en los puestos de trabajo.	131
Figura 87. Puntos de muestreo de los mapas de ruido	136
Figura 88. Dosimetría de ruido en la cabina.....	138
Figura 89. Validación cruzada de la interpolación, de la sonometría del 2012	140
Figura90. Validación cruzada de la interpolación, de la sonometría del 2014	141
Figura91. Validación cruzada de la interpolación, de la sonometría del 2016	141
Figura 92. Convención de los mapas de ruido	142

Figura 93. Mapa de ruido de Recatam S.A.S. del 2012	143
Figura 94. Mapa de ruido de Recatam S.A.S. del 2014	144
Figura 95. Mapa de ruido de Recatam S.A.S. del 2016	145

Lista de anexos

Anexo 1. Ficha técnica del protector auditivo actual.....	155
Anexo 2. Encuesta Sociodemográfica.....	156
Anexo 3. Ficha técnica de la herramienta	159

Glosario

Otoscopia: Examen del conducto auditivo externo y del tímpano con un otoscopio.

Pérdida Auditiva Conductiva: Pérdida auditiva producida por la interferencia con la recepción mecánica o amplificación del sonido en la cóclea. la interferencia es en el oído externo en el medio e implica al conducto auditivo, la membrana timpánica o los osículos del oído.

Pérdida Auditiva Provocada por Ruido: Pérdida auditiva producida por exposición a ruidos fuertes o exposición crónica a niveles de sonidos por encima de los 85 dB. A menudo, la pérdida auditiva inicialmente se da en la escala de frecuencias de 4000-6000 Hertz.

Pérdida Auditiva Neurosensorial: Pérdida auditiva resultante del daño de la cóclea y los elementos sensoneurales internos dispuestos internamente detrás de las ventanas oval y redonda. Estos elementos incluyen el nervio auditivo y las conexiones del tronco encefálico.

Prevención: Actividades diseñadas para proveer protección permanente de un desastre. Incluye ingeniería y otras medidas de protección física, así como medidas legislativas para el control del uso de la tierra y ordenación urbana.

Resumen Ejecutivo

Con el presente trabajo de grado se estudió, durante el primer trimestre del año 2016 la posible correlación entre los casos de trabajadores con presunta Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido y los altos niveles de presión sonora que han sido identificados en la empresa RECATAM S.A.S; así mismo, se realizó una intervención en el proceso de Pulido de Tambor Brillante de la empresa, debido a que en dicho proceso se han encontrado valores superiores a los 100 dB(A) en sonometrías realizadas en los años anteriores.

Se realizó una revisión bibliográfica para identificar los principales efectos auditivos y extra auditivos asociados a la exposición de altos niveles de Ruido. Posteriormente, se revisaron los estudios de sonometrías, dosimetría y tamizaje auditivo; mediciones asociadas al factor de riesgo físico ruido, que habían sido llevadas a cabo en RECATAM S.A.S por diferentes empresas de consultoría ambiental. De acuerdo a la información encontrada, se diseñó una encuesta que permitió caracterizar la población estudiada y realizar una correlación entre los posibles casos de HNIR y los factores de riesgo, exposición a altos niveles de ruido, tiempo de exposición y la edad de los trabajadores.

Consecutivamente, se realizó una intervención en el proceso de Pulido de Tambores, comenzando por la herramienta utilizada generadora de ruido. Luego, se propone intervenir el medio, presentando el diseño de una cabina de atenuación de ruido utilizando materiales absorbentes; para intervenir en el individuo, se presentan los elementos de protección personal auditivos recomendados, de acuerdo a los decibeles obtenidos luego de la intervención; finalmente, se presentan diferentes estrategias organizacionales para disminuir la exposición de los trabajadores a los altos niveles de ruido en RECATAM S.A.S.

Palabras clave:

Ruido, Hipoacusia, Decibeles, Pérdida auditiva, Sonometría, Cabinas de insonorización, Prevención.

Abstract

During the first quarter of 2016, it was studied the possible correlation between the cases of workers with Noise-induced hearing loss and high sound pressure levels that have been identified in the company RECATAM S.A.S; Also, an intervention was made in the process of polishing metallic drum, because in the process is found higher values than 100 dB (A) through a sonometry, that it was made by the company in previous years.

A literature review was made to identify the main, auditory effects and extra effects, associated with exposure to high levels of noise. Subsequently, sonometries, dosimetry and, hearing screening, were reviewed; measurements of noise associated with physical risk factor, which had been carried out in RECATAM S.A.S by different environmental consulting companies. According to the information found, a survey allowed to characterize the studied-population and make a correlation between possible cases of NIHL and the risk factors, like exposure to high noise levels, exposure time and age of workers.

Consecutively, an intervention was made in the process of polishing of metallic drums, starting with the tool used, which is generating noise. Then, it is suggested the intervention in the work environment; it is showed a design of a noise attenuation cabin, with absorbent materials. In addition to that, is recommended an auditory personal protection, according to the decibel obtained after the intervention; finally, different organizational strategies are presented to reduce worker exposure to high noise levels in RECATAM S.A.S.

Keywords:

Noise, Deafness, Decibel, Hearing Loss, Sonometry, Insulation Sound Cabin, Prevention.

1. Introducción

A pesar del marco legal existente y su carácter obligatorio de la promoción de la salud y prevención de las enfermedades laborales, se continúan presentando casos de hipoacusia ocupacional alrededor del mundo que se pueden prevenir aplicando intervenciones en la fuente, medio, individuo y/u organización. Con este trabajo se pretende aplicar algunos de los desarrollos científicos e ingenieriles en el control del factor de riesgo ruido usados en la actualidad.

Se realizó una investigación en una empresa del Valle de Aburrá, en la cual se ha identificado 11 posibles casos de Hipoacusia neurosensorial inducida por ruido HNIR, debido a que en algunos puestos de trabajo, el factor de riesgo físico ruido sobrepasa los límites permisibles de la normatividad nacional. De acuerdo a las exploraciones realizadas por diferentes investigadores, existe evidencia que dicha situación podría generar efectos negativos en la salud de los trabajadores de una empresa en estas condiciones.

Un estudio de casos y controles, permitió determinar si existe una correlación entre los posibles casos de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido (HNIR), y la exposición de estos trabajadores en un área específica de trabajo (en especial el área de pulido de bidones metálicos). Adicionalmente, se implementó un control de ingeniería para modificar la fuente y una recomendación técnica para modificar el medio en el área dónde se encontró la mayor generación de ruido en la empresa, además se sugiere implementar cambios organizacionales con el fin de reducir la exposición de los trabajadores al factor de riesgo, ruido.

2. Planteamiento del Problema

Según la OIT, el factor de riesgo físico RUIDO es uno de los peligros más comunes en los ambientes de trabajo. Muchos trabajadores de todo el mundo experimentan exposiciones muy peligrosas, muy por encima de los 85 o 90 dBA. Por ejemplo, el Departamento de Trabajo de Estados Unidos ha calculado que, sólo en las industrias de fabricación, casi medio millón de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles medios de ruido de 100 dB(A) o más, y más de 800.000 a niveles de entre 95 y 100 dB(A)(1).

La administradora de riesgos laborales en Colombia SURA, menciona a través de su portal web que los sectores económicos donde los trabajadores están más expuestos a altos niveles de ruido son: El industrial textil, confección, industria manufacturera (quienes usan maquinaria ruidosa), construcción (en especial los operarios de taladros y herramientas similares), controladores aéreos, DJ y personal de bares y discotecas, refinerías de petróleo y centrales hidroeléctricas, entre otros.

En la empresa RECATAM S.A.S, ubicada en el municipio de La Estrella, dedicada al reciclaje, reacondicionamiento y recuperación de envases de segunda metálicos y plásticos, se identificaron a través de estudios ambientales realizados por la ARL COLMENA, áreas en donde los niveles de ruido sobrepasan los 90 dB(A), en especial el proceso de PULIDO DE TAMBOR BRILLANTE, donde se generan niveles de ruido por encima de los 100dB(A), lo que podría afectar negativamente la salud de los trabajadores a largo plazo. Por lo tanto, se desea realizar una intervención en la fuente, medio, individuo y a nivel organizacional, con el fin de evitar dichas consecuencias.

Según el último Tamizaje Auditivo realizado en RECATAM S.A.S, se presenta una posible pérdida de la capacidad auditiva en 11 trabajadores, de los cuales se presume estuvieron expuestos a altos niveles de presión sonora en sus puestos de trabajo; sumado a esto, las Sonometrías y Dosimetrías de ruido realizadas recientemente en la empresa mostraron resultados desfavorables en relación con el cumplimiento de la normatividad nacional en ruido ocupacional. A continuación se presentan los resultados obtenidos en dichos estudios:

2.1. Tamizaje Auditivo año 2014

La medición biológica se realizó con un Audiómetro MAICO MA 41 con calibración en laboratorios ECOKID el 01 de marzo del año 2014. Se utilizó unidad móvil con cabina y se tuvo un ruido ambiental variable de 28 a 36 dB(A) según la medición informal con sonómetro Mini Sound Level Meter CEM por lo que algunas respuestas en FHz bajas y medias pueden tener una mínima variabilidad.

2.1.1. Resultados de la Otoscopia

Se evaluaron 60 trabajadores mediante audiometría tamiz, en la cual el rango de edad de los trabajadores evaluados fue de 22 a 61 años, con un promedio de edad de 37 años y una desviación estándar de 1,2.

Tabla 1. Distribución por resultados otoscopia

OTOSCOPIA	PERSONAS
ANORMAL	11
NORMAL	49
TOTAL	60

Fuente: Informe de tamizaje auditivo ARL COLMENA Recatam 2014*.

Se encontró un porcentaje de personas con otoscopia normal, 72% correspondiente a 49 personas. El porcentaje de alteración en la otoscopia fue del 28% que corresponden a 11 personas con algún tipo de alteración.

2.1.1.1. Resultados de la Escala S.A.L

Se encontró un porcentaje de normalidad del 98% en la escala S.A.L que evalúa el desempeño de la audición para las frecuencias conversacionales o la zona de las frecuencias del lenguaje, ya que 59

* Tamizaje auditivo realizado por RECATAM S.A.S., en asesoría con la ARL colmena en el año 2014.

trabajadores evaluados, fueron clasificados dentro de las escalas normales (A y B). Una persona, el 2% de la muestra, presentó una alteración moderada, por lo que puede dificultarle la conversación normal.

Tabla 2. Distribución por resultados Escala S.A.L.

S.A.L	PERSONAS
A (Normal)	35
B (Casi Normal)	24
C (Alterado - moderado)	1
D (Alterado - notable)	0
TOTAL	60

Fuente: Informe de tamizaje auditivo ARL COLMENA Recatam 2014.

La siguiente gráfica muestra los resultados de para la Escala S.A.L.:



Figura 1. Resultados escala S.A.L

Fuente: Informe de tamizaje auditivo ARL COLMENA Recatam 2014.

2.1.1.2. Resultados de la Escala E.L.I

Por medio de la escala E.L.I o índice de pérdida temprana relacionada con la frecuencia de los 4000 Hz, que es la que se afecta más rápidamente por efectos del factor de riesgo ruido, se encontró un porcentaje de Normalidad del 88% para oído derecho dado por 53 personas clasificadas en las escalas E.L.I, A, B o C, y un 87% para oído izquierdo dado por 52 personas clasificadas en las escalas E.L.I A, B, o C.

Tabla 3. Distribución por resultados Escala E.L.I.

ESCALA E.L.I.	DERECHO	IZQUIERDO
A (Normal)	37	33
B (Normal Bueno)	9	11
C (Normal Limite)	7	8
Subtotal Normal	<u>53</u>	<u>52</u>
D (Sospecho)	4	3
E (Muy Sospecho)	3	4
No Evaluable	0	1
Subtotal Anormal	<u>7</u>	<u>8</u>
Registros vacíos	0	0
Gran Total	60	60
PORCENTAJES	DERECHO	IZQUIERDO
% NORMAL	88%	87%
% ANORMAL	12%	13%
Gran Total	100%	100%

Fuente: Informe de tamizaje auditivo ARL COLMENA Recatam 2014.

El porcentaje de alteración fue del 12% para oído derecho dado por 7 personas clasificadas como E.L.I D, E, o No evaluable y 13% para oído izquierdo dado por 8 personas clasificadas como E.L.I D, E, o No evaluable.

La siguiente gráfica muestra la distribución de los resultados obtenidos para la Escala E.L.I.

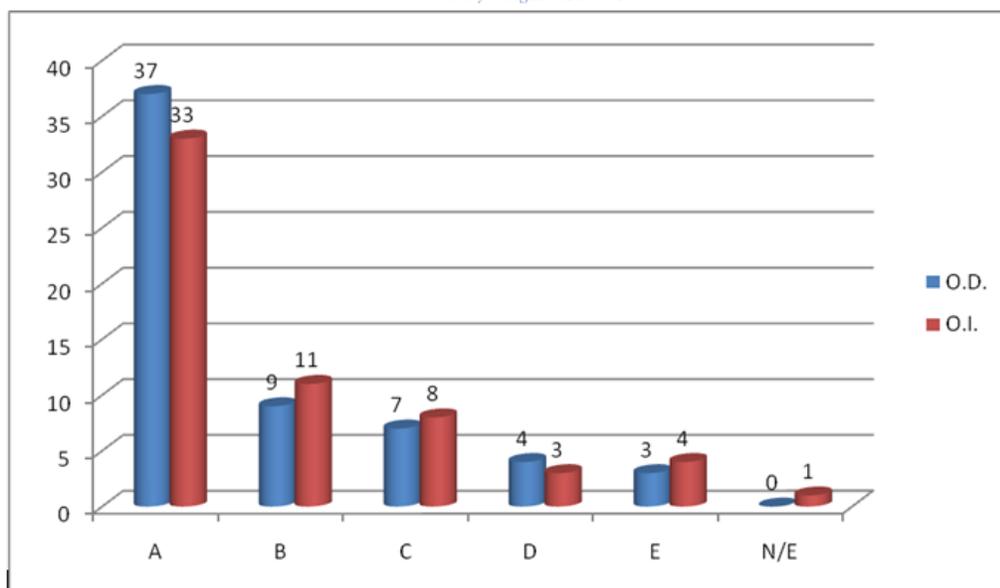


Figura 2. Distribución de resultado E.L.I.
Fuente: Informe de tamizaje auditivo ARL COLMENA Recatam 2014.

3. Resultados LARSEN Modificado

El porcentaje de clasificación con LARSEN fue:

- Grado I: Para el O.D. corresponde al 3% dado por 2 personas, para el OI corresponde al 10% dado por 6 personas, bilateral corresponde al 3% dado por 2 personas.
- Grado II: Para el O.D. corresponde al 8% dado por 5 personas, para el OI corresponde al 3% dado por 2 personas, bilateral se encontró en un 7% correspondiente a 4 personas.
- Grado III: Para el O.I. corresponde al 6% dado por 2 personas.
- Grado III Bilateral en 3 personas, que corresponden al 5%, bilateral se encontró en un 5% correspondiente a 3 personas.
- LARSEN no aplica (N/A) corresponde a 38 personas, es decir, el 63%.

Tabla 4. Cuadro de resultados LARSEN modificado

GRADO	OD	OI	BILATERAL
I	2	6	2
II	5	2	4
III	0	2	3
N/A			38

Fuente: Informe de tamizaje auditivo ARL COLMENA Recatam 2014.

La siguiente gráfica muestra el resultado obtenido en la escala de clasificación audiométrica LARSEN, para la prueba realizada en RECATAM S.A.S.

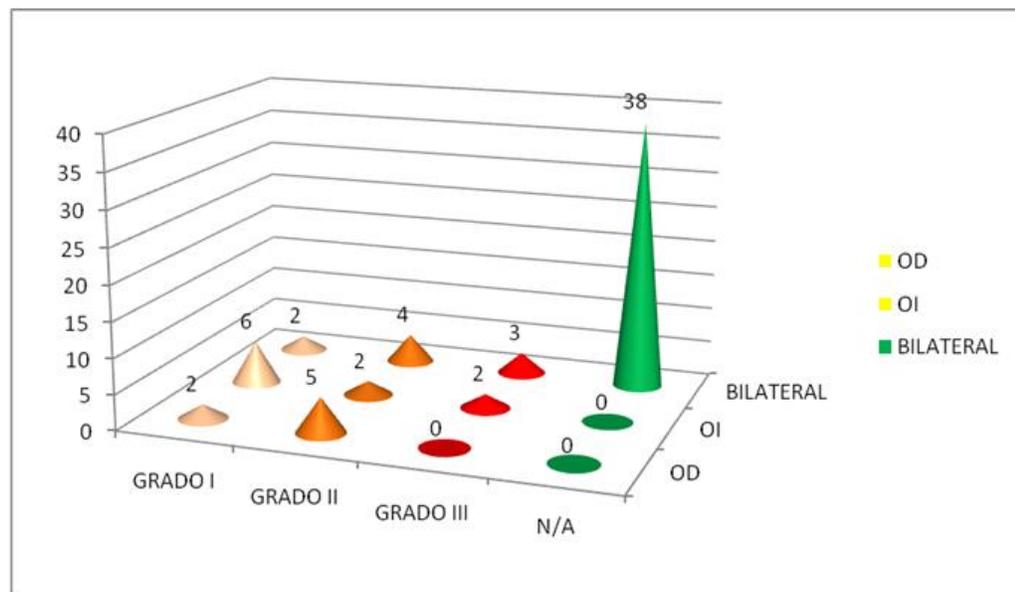


Figura 3. Resultados LARSEN modificado. Fuente: Informe de Tamizaje Auditivo ARL COLMENA Recatam 2014.

El porcentaje de alteración, según el diagnóstico audiológico para este programa, fue del 18%, dado para 11 personas que presentan alteración en su audición. El porcentaje de normalidad fue del 82% que corresponden a 49 personas.

2.2. Sonometrías y Dosimetrías.

Como parte de la evidencia del problema identificado en la empresa RECATAM S.A.S., se cuenta con los resultados de las sonometrías realizadas en los años 2012 y 2014, y una dosimetría realizada en el año 2012. Estos estudios fueron realizados por solicitud del departamento de seguridad y salud en el trabajo de la empresa con el apoyo técnico de COLMENA Riesgos Laborales, como parte del cumplimiento del cronograma de asistencia técnica definido para la empresa.

Para estos estudios se utilizó un sonómetro tipo I, este se opera con filtro en la función compensada "A" y la velocidad de respuesta lenta (slow). Este equipo se calibró antes y después de realizarse las mediciones, con un calibrador de la misma marca (con una exactitud de ± 0.5 dB(A)), calibrador a 114 dB, marca CEL modelo 110/1 serie 18995. El equipo cumple con las normas IEC 942- 1988 y norma ANSI S1.40 - 1984.

2.2.1. Resultados de Sonometría Año 2012.

Para la selección de los puntos de medición se consideraron aquellos procesos donde se generan mayores niveles de ruido y en donde se encuentran las fuentes de más incidencia, identificadas por el personal de salud ocupacional de la empresa y el personal técnico de la empresa GAYSO S.A.S. encargada de realizar las mediciones.

Una vez fueron determinados los niveles de presión sonora promedios obtenidos mediante cálculos logarítmicos se procedió a compararlos con el valor límite permisible establecido para ruido por la legislación nacional en 85 dB(A) para ocho horas al día.

La siguiente tabla muestran los resultados obtenidos en la medición realizada el año 2012. Los datos que aparecen del nivel de intensidad sonora medido en cada punto se dan en dB(A) y dB (Lin), con la observación general de la medición de dicho punto; a los niveles que superan el valor de 81,99 dB(A) se les realizaron rastreos de frecuencia en bandas de octava.

Pto No.	SPL		ANALISIS DE FRECUENCIA (Hz)								OBSERVACIONES
	dB (A)	dB (Lin)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
AREA DE TAMBOR CERRADO											
1	103.8	105.1	82.6	84.7	96.2	99.5	100.5	96.6	90.6	86.6	Pulidora de grata cabina uno, incidencia de la cabina dos
2	9.44	96.4	86	84.7	85	88.6	90.4	85.4	85.9	73	Secadora de tambor cerrado, incidencia de las pulidoras de la cabina uno y dos, del esmeril y cadeneadora, manipulación de canecas. Horno trabaja a gas
3	95.9	96.6	79.9	85.2	83.8	89.9	90.9	90.7	86.1	78.2	Cadeneadoras, incidencia del esmeril, descargue del aire comprimido, manipulación de canecas.
4	90.6	92.8	78.9	83.9	83.9	87.2	85.9	84.2	79	69.3	Horno de recuperación Incidencia de las cadeneadoras, bordeadoras, salida de las canecas del horno, martilleo en las bordeadoras.
5	91.3	95.3	87	88.4	87.9	88.5	86.8	84.1	77.7	67.7	Bordeadora. Incidencia de martilleo de tambor, cadeneadoras, manipulación de canecas.

Pto No.	SPL		ANALISIS DE FRECUENCIA (Hz)								OBSERVACIONES
	dB (A)	dB (Lin)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
6	89.3	93.9	85.9	87	87.3	85.9	84.3	82.1	77.6	71.1	Infladora cerrada y grafado Incidencia del aire comprimido y martilleo
7	90.8	98.6	86.9	95	91.3	88.7	84.8	88.5	78.1	80.4	Cabina de pintura tambor cerrado, incidencia de pulidoras
IBC											
8	102.1	102.1	76.4	79.2	85.4	91.4	91.7	97.2	96.4	93.2	Reparación de canastas realiza el procedimiento de pulido, incidencia de la hidrolavadora, montacargas, y martilleo de tapas.
9	100	101.2	83.1	86.2	92	94	96.3	90	91.8	90.5	Ensamble IBC producto terminado, incidencia de pulidora, martilleo de tapas, pistola de pintura, y pistola destornilladora.
10	84.1	88.1	75.2	79.9	81.3	81.3	79.6	76.3	72.4	66.1	Secadora IBC, incidencia de pulidoras, caídas de piezas metálicas.

Figura 4. Resultados del nivel de presión sonora determinados en procesos de la empresa RECATAM S.A.S. Abril de 2012. Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional RECATAM 2012.

Análisis de resultados Sonometría año 2012.

Con base en los resultados obtenidos en la prueba realizada por ARL COLMENA en RECATAM S.A.S, se encontraron fuentes que generan altos niveles de ruido, de las cuales el 100% (15/15) se encuentran por encima de los 85 dB(A).

Los altos niveles de ruido determinados, se deben a fuentes muy representativas como son la operación de pulidoras de grata, cilindrada de canecas, secadora de tambor, el aire comprimido, horno de recuperación, cadeneadoras, bordeadora, infladora cerrada, reparación de canecas, ensamble de IBC, área de lavado IBC, cabinas de pintura; que son las que aportan los altos niveles de ruido que pueden afectar al personal que está cerca de dichas fuentes, las cuales logran emitir niveles superiores a 88 dB(A). En general los operarios usan protección auditiva tipo inserción marca Pasco y silicona a la horma, vale resaltar que el ruido de esta planta está comprendido en las altas frecuencias, como son las de 500 a 1000 HZ.

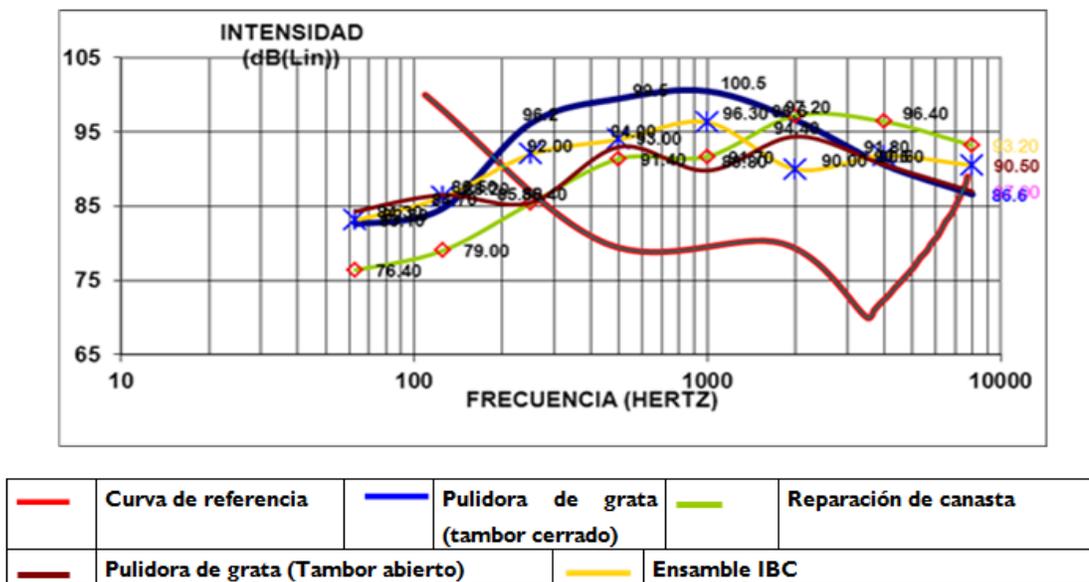


Figura 5. Principales fuentes de ruido de producción en la empresa RECATAM S.A.S. evaluadas en abril de 2012. Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional*

* Estudio para la determinación de la exposición al ruido ocupacional, en todos los puestos de trabajo generadores de ruidos de la empresa, realizado por RECATAM S.A.S., en el año 2012.

En la figura 8, se muestra el comportamiento de los niveles de ruido en el barrido de frecuencias realizado en bandas de octava para las fuentes y/u oficios evaluados, de los cuales se consideraron los de mayor intensidad; en el que se puede apreciar el comportamiento en la franja auditiva de los 1000 a 4000 HZ.

2.2.2. Resultados de Sonometría Año 2014

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas bajo las características normales de funcionamiento de las máquinas, equipos y procesos; en las que se registran los datos del nivel de intensidad sonora medido en dB(A) y dB (Lin); al igual que en la medición realizada en el año 2012, con la observación general de la medición de cada punto; a los niveles que superan el valor de 81.99 dB(A) se les realizaron rastreos de frecuencia en bandas de octava.

Pto No.	SPL		ANALISIS DE FRECUENCIAS								OBSERVACIONES
	dB (A)	dB (Lin)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	85,5	88,9	79,1	78,8	80,1	80,0	79,6	78,7	77,8	75,9	Area de lavado tres personas manipulan hidrolavadoras, incidencia de golpeteo a canecas metálicas.
2	84,2	99,9	92,2	91,8	86,5	80,4	77,2	73,9	72,9	68,8	Cabina de pintura con pistola neumática, incidencia extractor y descarga de canecas a piso.
3	95,1	99,0	79,1	84,4	88,8	88,4	87,8	86,4	86,8	90,2	Proceso de pulida de tapas de canecas.
4	94,4	98,3	90,5	90,7	90,3	91,0	89,6	88,1	82,0	73,3	Proceso de golpeteo de canecas.
5	91,8	95,2	86,9	87,6	86,9	87,4	86,1	86,1	82,0	75,6	Area de cadenero, canecas girando, incidencia choques de canecas.

Pto No.	SPL		ANALISIS DE FRECUENCIAS								OBSERVACIONES
	dB (A)	dB (Lin)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
6	97,3	93,8	87,6	89,5	89,7	90,1	88,8	87,7	81,2	72,6	Proceso de machonear incidencia de golpeteo a canecas y choques.
7	98,3	99,8	82,7	86,9	89,5	91,5	93	90,9	90,2	90,5	Cabina de pintura tambor cerrado.
8	102,4	103,4	79,7	84,3	89,6	98,1	99,1	95,2	91,1	86,2	Cabina de pulida tapa aro brillante.
9	92,4	94,8	75,9	83,1	82,1	87	85,8	84,1	85,4	85,8	Pulida de tapa (retoques), incidencia de la cabina de pulida aro brillante.
10	85,5	92,8	85	83,4	85,1	83,1	80,8	79,8	72	74,6	Cabina de pintura (proceso solo a la tapa)
	89,8	97,2	90	97,3	90,4	97,1	85,2	80,8	75,4	74,3	Proceso de pintura en el rodillo, incidencia de los rodillos
11	89,7	95,8	84,7	90,5	90,7	88	84,5	80	75,1	67,9	Carga y descarga de camión en la entrada de la empresa, incidencia de caída de las canecas, cuando se corren las canecas dentro del vehículo.
12	90,8	96,6	88,4	90,3	89,1	85,3	82,3	77,8	71,5	63,9	Descargue de canecas, estas son llevadas rodadas hacia el patio.
13	90,2	96,1	88,3	90,2	89,2	88,8	84,9	81,1	76,3	68,3	Descargue de canecas sucias, son llevadas al patio rodadas.
14	82,5	86,3	75,8	77,5	79	79,8	79	74,1	68,1	62,2	Cocineta, incidencia de los procesos (pulida, pintura, golpeteo, rodada de canecas)
OFICINA											
15	73,6	82,6									Almacén, incidencia de los procesos externos caída de canecas
16	70,4	76,7									Oficina de producción, incidencia procesos externos de la planta (puerta cerrada)
17	71,5	75,4									Recepción, incidencia de cargue y descargue de canecas en la entrada de la empresa.
18	61,6	73,6									Area administrativa segundo nivel cerca puestos de contadores, incidencia de los procesos de producción, cargue y descarga de canecas.

Figura 6. Resultados del nivel de presión sonora determinados en procesos de la empresa RECATAM S.AS. Diciembre de 2014. Fuente: Estudio para determinación de niveles de presión sonora RECATAM 2014.*

* Estudio para la determinación de la exposición al ruido ocupacional, en todos los puestos de trabajo generadores de ruidos de la empresa, realizado por RECATAM S.A.S., en el año 2014, luego de realizar intervenciones en los puestos de trabajo.

Análisis de Resultados Sonometría Año 2014.

De manera semejante, los resultados obtenidos en el estudio realizado en el año 2012 fueron similares a los obtenidos en el estudio del año 2014; se observa que en la empresa RECATAM S.A.S. prevalecen fuentes que generan altos niveles de ruido, donde el 85.7 % (12/14) se encuentran por encima de los 85 dB(A).

Así mismo, los altos niveles de ruido observados coinciden con las fuentes identificadas en el estudio del año 2012 y se deben a fuentes representativas como son el golpeteo de canecas metálicas, la operación de pulidoras de grata, el proceso de machonear las canecas, la operación de la secadora de tambor, el uso del aire comprimido, los procesos de reparación de canecas y la operación de las cabinas de pintura y pulidoras; siendo éstas últimas las que aportan los mayores niveles de ruido. De acuerdo a estos resultados, se puede concluir que las medidas tomadas por la empresa para corregir la situación desfavorable que presentaba en el año 2012 fueron ineficaces.

Por otra parte, para las áreas administrativas se encontró que el 50% (2/4), ubicadas en las oficinas de almacén y recepción, superan el nivel de 70 dB (A), debido al proceso de cargue y descargue de tambores que se realiza muy cerca de estas zonas e incide directamente en ellas.

El siguiente gráfico muestra el comportamiento de los niveles de ruido en el barrido de frecuencias realizado en bandas de octava para las fuentes y/u oficios evaluados, de los cuales se consideraron los de mayor intensidad; en el que se puede apreciar el comportamiento en la franja auditiva de los 1000 a 4000 Hz.

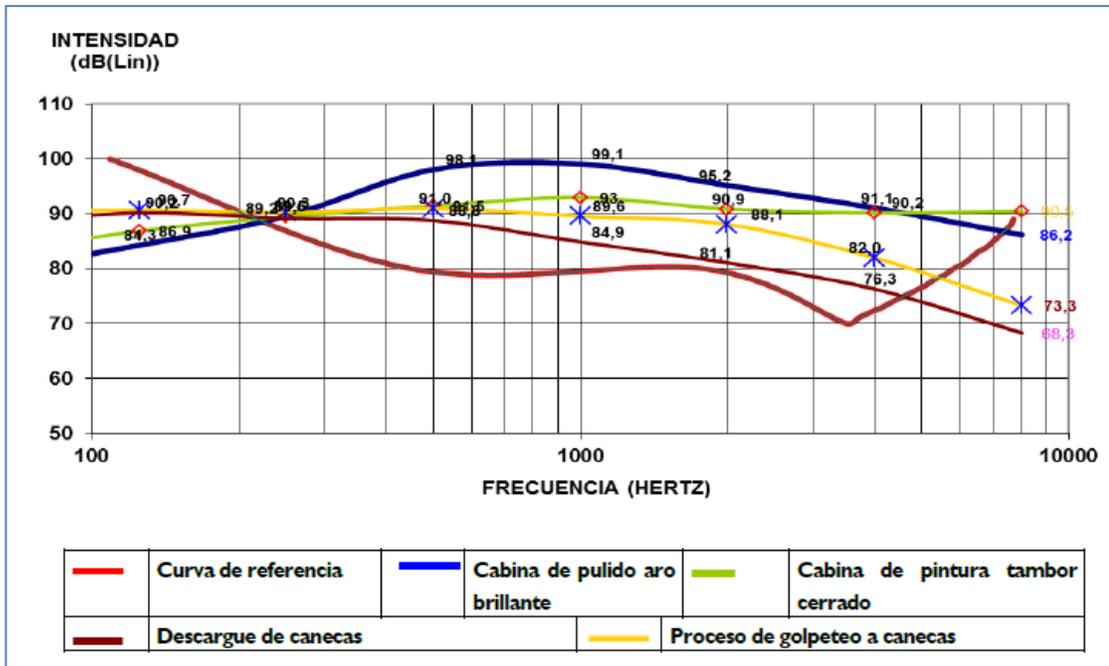


Figura 7. Principales fuentes de ruido de en la empresa RECATAM S.A.S. evaluadas en diciembre de 2014. Fuente: Estudio para determinación de niveles de presión sonora RECATAM 2014.

2.2.3. Resultados Dosimetría Año 2012

Este estudio fue realizado de forma simultánea con la sonometría presentada anteriormente correspondiente al año 2012; para esta evaluación se realizaron siete (7) dosimetrías con el objetivo de determinar el nivel de dosis de ruido o ruido equivalente percibido por los operarios durante la ejecución de tareas normales.

Los evaluadores tuvieron en cuenta el Reglamento Técnico Para Evaluaciones De Ruido En Ambientes Laborales, del Ministerio de Trabajo; para la cual se siguieron las siguientes recomendaciones:

- Las dosimetrías se realizaron cubriendo el 80% de la jornada de trabajo, de 8 horas o del tiempo equivalente a su jornada de exposición.
- Los equipos-dosímetros se instalaron a cada operario lo más cercano a su oído, con el fin de simular con la mayor precisión las condiciones de

percepción del ruido. el micrófono fue instalado en la parte superior del hombro de la persona evaluada.

- Las condiciones de muestreo fueron representativas de las actividades realizadas por el personal durante la operación normal de sus procesos, las actividades típicas o condiciones de anormalidad se registraron en las observaciones de cada oficio.
- Los equipos de medición se programaron para ejecutar la medición en la escala dB(A) con una respuesta lenta.
- Las baterías y calibración de los dosímetros fueron chequeadas antes y después de la medida.
- Para asegurar la confiabilidad de la información, los equipos utilizados fueron calibrados, ajustados, programados y operados de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Los oficios de los trabajadores evaluados en la dosimetría de ruido, se presentan en la siguiente tabla:

ITEM	OFICIO EVALUADO	IDENTIFICACION
1	Operador descargue (empaquete)	Sr. Andrés Felipe Orrego CC [REDACTED]
2	Operador caleñadora IBC	Sr. Cesar Hoyos CC [REDACTED]
3	Operador de bordeadora	Sr. Edwin Cárdenas CC [REDACTED]
4	Operador pulido tambor cerrado	Sr. Hernán Darío CC [REDACTED]
5	Operador montacargas	Sr. Fabio Montoya CC [REDACTED]
6	Operador de producto terminado	Sr. Juan Guillermo Correa CC [REDACTED]
7	Operador de mantenimiento	Sr. David Chávez CC [REDACTED]

Figura 8. Descripción de oficios evaluados mediante dosimetrías realizadas en personal de la empresa RECATAM en abril de 2012. Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional RECATAM 2012.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla, donde aparecen los niveles de ruido para la jornada evaluada para cada

operador en un turno completo y las observaciones determinadas para cada uno.

Para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos, se hace importante resaltar el concepto "DOSIS", se refiere a un porcentaje de la exposición máxima permitida al ruido por cada día, el término "SPL" se refiere al nivel de presión sonora, el cual es la medida básica de la fuerza del sonido, expresada en dB y el "promedio ponderado de tiempo (TWA)", es el nivel de sonido (en dB) que se acumula para cualquier periodo de tiempo pero con un cálculo de nivel promedio a lo largo de un periodo de 8 horas.

El TWA se mide normalmente con valores A-ponderados, una respuesta lenta y una velocidad de intercambio de 3 dB.

En cada tabla se registran las columnas de RR y RREPA, estas hacen referencia al grado de riesgo determinado para cada medición efectuada con base en el valor TWA obtenido con respecto al valor norma sin hacer uso de la protección auditiva; la columna RREPA hace el cálculo de la exposición considerando el uso de la protección auditiva suministrada al personal, esto indica cómo se reduce la exposición cuando el personal hace uso de la protección respectiva.

Para efectos del cálculo utilizado por la empresa encargada de la evaluación se consideró el protector de Silicona a la horma, que se suministra en la actualidad a los trabajadores de RECATAM S.A.S.

NOMBRE DEL OFICIO	SPL MAXIMO dB(A)	TWA dB(A)	DOSIS %	TIEMPO (min.)	RR	RREPA	OBSERVACIONES
Operador producto Terminado CC. 1020436590	136.4	96.6	424.0	410	4.99	1.25	Usa protección auditiva de silicona a la horma, realiza proceso de pesaje de canecas, colocar aros para sellarlos, pintar canecas, arrumar y colocar marquillas.
Operador Mantenimiento CC.1036605425	111.0	88.1	129.8	406	1.54	0.38	Usa protección auditiva de inserción MAX realiza mantenimiento de mangueras en cabina de pulido (tambor cerrado), tablero de control, IBC.

NOMBRE DEL OFICIO	SPL MAXIMO dB(A)	TWA dB(A)	DOSIS %	TIEMPO (min.)	RR	RREPA	OBSERVACIONES
Operador Descargue CC.71.278.327	125.8	91	200.4	420	2.30	0.57	Usa protección auditiva silicona a la horma, se encarga del desplazamiento de las canecas en el patio durante todo el turno.
Operador cadeneadora CC.158631	115.4	94	303.3	420	3.48	0.87	Protección auditiva silicona a la horma, se encarga de bajar tanques de la maquina de cañadoras, desencanastado y drenado, con incidencia de montacargas hidrolavadoras, lavado de canastas y las pulidoras.
Operador Bordeadora CC.7.550.791	129.1	94	303.3	420	3.48	0.87	Usa protección auditiva de silicona a la horma, realiza el procedimiento de bordeado a las canecas.
Operador pulido tambor cerrado CC.71.523.069	125.3	105.7	1526.7	420	17.63	4.41	Usa protección auditiva de inserción PASCO, proceso de pulido tambor cerrado.
Operador Montacargas CC.3380383	114.9	91.4	210.3	417	2.43	0.61	Realiza cargue de descargue de canecas hacia el área de producción y carros.

Figura 9. Resultados de la dosimetría realizada en trabajadores de RECATAM S.A.S., abril de 2012. Fuente: Estudio para Determinación de Exposición a Ruido Ocupacional RECATAM 2012.

Análisis de resultados Dosimetría Año 2012.

El resultado de la dosimetría realizada en la empresa RECATAM S.A.S mostró que todos los niveles determinados como TWA (7/7) superan el valor de 85 dB(A), como son el Operador de Descargue, Cadeneadores, Bordeadoras, Tambor Cerrado, Operador de Montacargas y Producto Terminado. En general, se definió en todos los casos **exposición de Alto Riesgo**.

Los indicadores de riesgo determinados superan el valor de uno. Al considerarse el uso de protección auditiva, se reduce el indicador de riesgo de la exposición a nivel aceptable para un solo caso (Operador mantenimiento). Se encuentra que aun haciendo uso de la protección se tienen dos casos en los que se sigue superando el valor de uno (Pulido

de Tambor Cerrado y Producto Terminado) ver detalles en tabla 8. En los demás casos (4 oficios), se logra pasar de grado alto a moderado riesgo; como son los casos de los Operadores de Descargue, Cañadores, Bordeadora y Operador de Montacargas.

Finalmente, analizando la información suministrada por la empresa RECATAM S.A.S, se puede evidenciar la existencia de problemas asociados a la generación de altos niveles de ruido, lo cual puede favorecer en los trabajadores la aparición de problemas auditivos y extra auditivos asociados a este factor de riesgo.

Los programas, políticas y acciones de mejora llevadas a cabo por la empresa en los últimos años han mostrado ser ineficaces; en tanto que, no se ha logrado conseguir la disminución de los niveles de presión sonora; además, existe evidencia de 11 posibles casos de hipoacusia neurosensorial inducida por ruido que podrían estar relacionados con los altos niveles detectados en las áreas en las que los trabajadores han desarrollado sus oficios.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Estudiar la correlación entre los casos de posible HNIR y los altos niveles de presión sonora identificados en la empresa RECATAM S.A.S, e intervenir, durante el primer semestre del año 2016, el proceso de Pulido de Tambor Brillante de la empresa.

3.2. Objetivos Específicos

- Correlacionar los casos de posible HNIR y los efectos percibidos por los trabajadores de la empresa RECATAM S.A.S. con la exposición a altos niveles de ruido.
- Intervenir el proceso de pulido de tambores metálicos de la empresa RECATAM S.A.S., tanto en la fuente, el medio, como en el individuo.
- Formular estrategias a nivel organizacional que permitan disminuir la exposición a los altos niveles de ruido en las áreas más críticas de la empresa RECATAM S.A.S.

4. Marcos del Trabajo

4.1. Marco Teórico

4.1.1. Deterioro de la Salud por Exposición a Ruido Ocupacional.

El factor de riesgo físico ruido ha sido reportado como uno de los más comúnmente encontrados en los ambientes de trabajo; la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 10% de la población mundial está expuesta a altos niveles de presión sonora que pueden generar potencialmente una pérdida de la audición y considera esta situación como un problema de salud pública; en Estados Unidos la pérdida de la audición inducida por ruido (Noise Induced Hearing Loss -NIHL) es la enfermedad ocupacional más prevalente(2). Además, la pérdida de la audición ocupacional resultante de la exposición continua a altos niveles de presión sonora, representa cerca de un tercio de las enfermedades ocupacionales en Europa, siendo así mismo la enfermedad más común en la Unión Europea (3).

Adicionalmente, la Organización Internacional del Trabajo OIT, incluyó la sordera ocupacional dentro del listado de las enfermedades profesionales, descrita como: "Deterioro de la audición causada por ruido"; y se ha asociado fuertemente a hipoacusia neurosensorial o sordera en los casos más extremos. Medina et al., menciona, que en la actualidad también se han realizado estudios en los que muestran que además del ruido, la exposición a ciertas sustancias químicas en el ambiente laboral, pueden contribuir al desarrollo de esta patología (4). Colombia no es ajena a esta problemática, Según el Ministerio de la Protección Social, en Colombia la hipoacusia neurosensorial ocupó el tercer lugar en la frecuencia de diagnósticos de enfermedad profesional para el período 2001 - 2003, pero en el año 2004 fue desplazada al cuarto lugar (5). Más adelante, el Ministerio de Trabajo reportó que el 4% de las enfermedades profesionales que se presentan en el país corresponden a una patología auditiva, la encuesta publicada por el ministerio en el año 2013 concluye que las lesiones en el oído presentaron un comportamiento constante con una variación del 20% entre los años 2009 y 2010 con la posterior regularización de la tendencia hasta el año 2012, soportado siempre y de manera constante por el diagnóstico de Hipoacusia Neurosensorial (6).

Ganime J et al. (2010), realizó un estudio bibliográfico sobre las enfermedades y efectos negativos en la salud que pueden ser ocasionados por la exposición al ruido, como estrés, irritabilidad, hipertensión arterial, pérdida del apetito, aerofagia (deglución de aire), insomnio, disturbios circulatorios y respiratorios, y pérdida de peso. Sumado a esto, las alteraciones provocadas por el ruido puede causar defectos auditivos reconocidos como el zumbido de pitch agudo, el desplazamiento temporal del umbral de audición (TTS: temporary threshold shift) y el desplazamiento permanente del umbral de audición (PTS: Permanent threshold shift), trauma acústico agudo y crónico. Además, se consideran otros efectos extra-auditivos como disturbios en el cerebro y en el sistema nervioso, circulatorio, digestivo, endocrino, inmunológico, vestíbulo coclear, muscular, en las funciones sexuales y reproductivas, en el psiquismo, en el sueño, la comunicación y en el desempeño de tareas físicas y mentales. Del mismo modo, la exposición al ruido puede causar cambios psicosociales importantes de los trabajadores, afectando su calidad de vida tales como estrés, ansiedad, deterioro de las relaciones sociales como las actividades de la vida diaria. Lamentablemente, a pesar del estricto marco legal colombiano y su carácter obligatorio, son escasos los centros de trabajo en el país, donde se le dé cumplimiento (7).

4.1.1.1. Efectos sobre el sistema auditivo

La sordera ocupacional es el efecto más conocido del ruido excesivo sobre el hombre. Este acontecimiento depende de características ligadas al hombre, al medio y al agente agresor. Las pérdidas auditivas causadas por el ruido excesivo pueden ser divididas en tres tipos: Trauma acústico, que es la pérdida repentina, causada por la perforación del tímpano, acompañada o no de la desarticulación de los huesecillos del oído medio; Sordera temporaria, también conocida como cambio temporario del umbral audición, ocurre después de una exposición a un ruido intenso, por un corto período de tiempo; Y sordera permanente, que es la exposición repetida y cotidiana, a un ruido excesivo, que puede llevar al individuo a una sordera permanente. Cuando esta exposición ocurre durante el trabajo, la pérdida auditiva recibe el nombre de Sordera Profesional (7).

4.1.1.2. Efectos sobre sistemas extra-auditivos

Por medio de una revisión de la literatura a través de una búsqueda en diferentes bases de datos internacionales se encontró que el ruido es claramente definido como un contaminante atmosférico, y afecta de forma conjunta y simultánea a muchos de los sistemas y procesos del ser humano. Las principales reacciones del organismo al ruido encontradas en la literatura investigada están relacionadas con los siguientes sistemas:

- **Circulatorio**

Las reacciones en el sistema circulatorio ocurren sobre los vasos sanguíneos, generando la reducción de su diámetro (vasoconstricción) y sobre el corazón, que puede latir rápidamente (taquicardia) y más fuerte, lo que puede parecer una consecuencia de un estímulo glandular (aumento de catecolaminas). Como reacción a la vasoconstricción aparecen alteraciones en la presión arterial que representan una acción compensatoria del corazón (7).

Otros investigadores han realizado estudios estadísticos con el objetivo de evaluar la asociación entre las modificaciones de las variables utilizadas para estudiar el sistema cardiovascular (presión arterial sistólica - PAS, presión diastólica -PAD, frecuencia cardíaca-HR) y la exposición crónica al ruido en grupos expuestos de trabajadores. La evidencia científica sobre los efectos extra-auditivos de ruido, muestra un exceso de alteraciones del sistema cardiovascular en sujetos altamente expuestos a ruido en comparación con los menos expuestos o moderadamente expuestos (8).

- **Respiratorio**

A pesar de las escasas pruebas e investigaciones científicas, las alteraciones del sistema nervioso central en trabajadores expuestos al ruido de baja frecuencia (RBF, <500 Hz, incluyendo infrasonidos) fueron observados por primera vez hace 25 años, en técnicos de aeronaves. Al mismo tiempo, se identificaron también patologías respiratorias en los mismos trabajadores, más tarde reproducidas en modelos animales con sobre-exposición al ruido de baja frecuencia. Actualmente, la enfermedad vibro-acústica se define como una patología sistémica causada por exposición excesiva al ruido de baja frecuencia. Con la exposición prolongada, podrán surgir situaciones más graves, como

derrames pleurales, insuficiencia respiratoria, fibrosis pulmonar y carcinomas del aparato respiratorio (7).

Diferentes trabajos científicos demuestran un aumento en la incidencia de procesos respiratorios y de sobrecarga de las urgencias hospitalarias que no puede justificarse únicamente por el incremento de los gases contaminantes de las ciudades. En concreto, hay una correlación muy positiva con los episodios de bronquitis que sugieren un efecto del ruido sobre los mecanismos de inmuno-regulación ya que, además, se aprecia un incremento de los procesos alérgicos en áreas de exposición aumentada al ruido (9).

- **Gastrointestinal**

Investigadores han encontrado que puede haber reducción de secreción gástrica y de saliva lo que causa cierta disminución de la velocidad de la digestión. La exposición más prolongada puede llevar a alteraciones de la función intestinal y cardiovascular hasta lesiones en los tejidos de los riñones y el hígado (7).

- **Neurológico**

Hay mayor incidencia de problemas circulatorios y neurológicos entre los trabajadores metalúrgicos que trabajan en ambientes ruidosos, cuando son comparados con otros grupos que trabajan en locales menos ruidosos. Exámenes neurológicos a tejedores italianos expuestos diariamente al ruido intenso muestran reflejos hiperactivos y, en algunos pocos casos, muestran un trazado electroencefalográfico de no sincronización, semejante a aquellos encontrados en las alteraciones de personalidad (7).

- **Psíquico**

Taboada DB. (2007), encontró en su estudio bibliográfico que no todas las personas reaccionan igual frente al ruido, ni todos los ruidos se perciben igual. En general, es mayor el malestar y la aversión, a igualdad de decibeles, hacia aquellos ruidos originados por fuentes que consideramos que no cumplen una función social, o que podrían evitarse, o cuando las autoridades no muestran interés o preocupación por su disminución o eliminación. El poder tener acceso o control sobre la fuente emisora es otro factor importante: pocas cosas crean más malestar y estrés como el no poder apagar o modificar una fuente sonora no deseada. También, el tipo de tarea que se realiza, la

concentración o el esfuerzo que ésta requiere, influye en la valoración del ruido (9). Hay quejas de irritabilidad, fatiga y dificultad de adaptación que incluyen también, conflictos sociales entre los trabajadores expuestos al ruido (7).

- **Comunicación**

Se sabe que la comunicación es una de las principales herramientas que se tiene para el éxito en la realización del trabajo en varios locales, la eficacia de una buena comunicación está íntimamente ligada al suceso en la ejecución del trabajo. Entre las diferentes formas de comunicación encontramos la oral, la cual ha sido una de las más afectadas con la exposición excesiva al ruido. Uno de los efectos del ruido es su influencia negativa en la comunicación oral. El ruido intenso provoca el enmascaramiento de la voz. Los sonidos en las frecuencias de 500, 1000 e 2000 Hz son los que más interfieren en la comunicación. Este tipo de interferencia incomoda la ejecución y el entendimiento de órdenes verbales, la emisión de avisos de alerta o/y peligros en la zona (7).

- **Alteraciones del sueño**

El insomnio y los trastornos del sueño hacen parte de la amplia gama de síntomas expresados por las personas expuestas al ruido crónico. En la primera mitad del siglo XX y gracias a los descubrimientos sobre el registro eléctrico de las ondas cerebrales durante la vigilia y el sueño, se desarrolló la polisomnografía, o también llamado "estudio del sueño", que es una prueba que se usa para diagnosticar trastornos del sueño. Se identificaron los patrones normales que existen en condiciones de salud, y así se pudieron relacionar alteraciones eléctricas con enfermedades. Las alteraciones de sueño asociadas al estrés no han sido bien documentadas con polisomnografía, principalmente debido a su naturaleza transitoria y el hecho de que no todas las personas que experimentan estrés pueden responder con una alteración detectable del sueño (10); sin embargo Gitanjali & Ananth (2003), encontraron como resultado de un experimento aplicado a un grupo de 10 voluntarios que la eficiencia del sueño se redujo a menos de 80% y el tiempo total empleado en el sueño REM (Rapid Eye Movement), y la latencia se redujo significativamente en la noche después de la exposición al ruido. Sus hallazgos demuestran que la arquitectura del sueño nocturno es perturbado en sujetos sanos que están expuestos a fuertes niveles de ruido en el trabajo durante el día y que esto puede ser una consecuencia directa del estrés, aunque sorprendentemente, los sujetos estudiados no

sintieron ningún cambio en la calidad del sueño, que es una queja frecuente de los trabajadores en los estudios de campo.

4.1.2. Diagnóstico de pérdida de audición.

Las pruebas de audición son una herramienta para saber si existe la posibilidad de que un trabajador pudiera tener pérdida auditiva. Normalmente son fáciles de realizar y no causan dolor; existen diferentes tipos de pruebas, las cuales se realizan rápidamente, solo toman unos cuantos minutos.

La Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo (GATI-HNIR) (5), recomienda la evaluación de un trabajador por medicina ocupacional, realizando valoración por medio de un examen físico de oídos y audición. Las pruebas más comunes utilizadas en Colombia para realizar un diagnóstico temprano de hipoacusia son:

4.1.2.1. Otoscopia Bilateral

La Otoscopia Bilateral, es la exploración física del oído externo. Se realiza con un otoscopio, un instrumento con un haz de luz que ayuda a visualizar y examinar el estado del canal auditivo y del tímpano. Se utiliza para descartar la presencia de tapones de cerumen, cuerpos extraños o estrecheces del canal auditivo que pueden alterar el resultado de la evaluación auditiva. La presencia de perforación timpánica, placas extensas de esclerosis, abombamiento o retracción de la membrana timpánica pueden relacionarse con alteraciones auditivas de tipo conductivo. Las condiciones inflamatorias, descamativas o irritativas en la piel del conducto auditivo externo deben ser identificadas, pues éstas pueden limitar el uso adecuado de la protección auditiva. Los resultados que se pueden obtener son otoscopia normal y anormal.

- **Otoscopia Normal:**

En la otoscopia la membrana timpánica normalmente es de color aperlado y semitransparente. Se observa membrana timpánica íntegra, translúcida, de color nacarado, cono luminoso, y algunas veces permite observar la sombra de estructuras situadas detrás de ella como la cadena osicular, ventana oval o ventana redonda. Puede existir

cerumen, pero este permite visualizar la membrana timpánica, es decir que no hay acumulación o gran cantidad de cerumen si no que existe la cantidad fisiológica necesaria para lubricar y proteger la piel de las paredes del conducto auditivo. El pabellón auricular de tamaño y ubicación adecuados.

- **Otoscopia Anormal:**

Corresponde a las alteraciones en pabellón auricular, pueden encontrarse en diferentes grados:

- GRADO I: Pabellón pequeño y malformado pero con la mayoría de sus componentes.
 - GRADO II: Remanentes verticales del pabellón, con una pequeña prominencia.
 - GRADO III: Pabellón ausente, a excepción de un pequeño lóbulo.
- Alteraciones en el conducto auditivo externo (C.A.E), tapón de cerumen parcial, incompleto o total, Resequedad, piel fisurada o brillante, laceraciones, placas descamativas, presencia de supuración, presencia de cuerpos extraños, osteomas, posible otomicosis, entre otros.

Alteraciones en membrana timpánica (MT): MT Congestiva, opaca, engrosada, retraída, abombada, perforada, cicatrizada, con placas escleróticas entre otros. También se anotan quistes y fistulas preauriculares.

4.1.2.2. Audiometría

La Audiometría es un examen de audiometría que evalúa la capacidad para escuchar sonidos. Los sonidos varían de acuerdo con el volumen o fuerza (intensidad) y con la velocidad de vibración de las ondas sonoras (tono). La GATI-HNIR (2006) recomienda audiometría tonal realizada por personal calificado y en cumplimiento de los estándares de calidad. Las audiometrías pre-ocupacional y post-ocupacional se realizan bajo las mismas condiciones, con reposo de mínimo 12 horas, no sustituido por uso de protectores auditivos, con cabina sonoamortiguada. Las audiometrías de seguimiento serán anuales para los trabajadores expuestos a ambientes con niveles de ruido de 85-99 dBA TWA y semestrales para 100 dBA TWA o más, realizadas idealmente al terminar o muy avanzada la jornada laboral con el fin de detectar descensos temporales en los umbrales auditivos. Es indispensable

disponer de la evaluación audiométrica basal, para determinar cambios en los umbrales.

- **Audiometría Tamiz**

La audiometría tamiz evalúa la audición por vía aérea en ambos oídos, definiendo el umbral mínimo de audición necesario para percibir distintos tonos o frecuencias del sonido. Sirve para determinar el diagnóstico de normalidad o anormalidad auditiva, no determina el diagnóstico audiológico.

- **Audiometría Clínica**

Por medio de la audiometría clínica evalúa los umbrales auditivos por conducción aérea y conducción ósea; es una prueba diagnóstica, tiene valor legal, y con ella puede determinarse el diagnóstico audiológico y el grado de severidad de la pérdida auditiva, dado por el promedio del umbral de las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz, según las siguientes tablas:

Tabla 5. Diagnóstico audiológico o tipo de hipoacusia

TIPO DE HIPOACUSIA	CARACTERISTICAS
Neurosensorial	Lesión en oído interno, (cóclea) o vía auditiva (Retrococlear). Produce aumento de los umbrales auditivos tanto en vía aérea como en vía ósea. Patologías otológicas que la producen: Envejecimiento del oído interno, sustancias ototóxicas, ruido, tumores del nervio acústico, patologías congénitas y hereditarias entre otros.
Conductiva	Lesión en oído externo o medio. No hay lesión en oído interno. Produce aumento de los umbrales auditivos en vía aérea, la vía ósea se conserva en los rangos de normalidad. Patologías otológicas que la producen: Otitis media, supuración, perforación timpánica, barotrauma de oído medio, otosclerosis, luxación cadena de huesecillos, fijación cadena de huesecillos, disfunción de trompa de Eustaquio, entre otros.
Mixta	Lesión combinada de oído externo y/o medio e interno. Produce aumento de los umbrales auditivos tanto en vía aérea como en vía ósea, con parte de la vía ósea dentro de los parámetros de normalidad.

Tabla 6. Grado de severidad de la hipoacusia.

Grado	Rango
Audición Normal	0 a 20 dB HL
Hipoacusia Leve	20 a 40 dB HL
Hipoacusia Moderada	40 a 60 dB HL
Hipoacusia Severa	60 a 80 dB HL
Hipoacusia profunda	80 dB HL y más
Cofosis	Ausencia de respuesta

Escalas de clasificación audiométrica E.L.I, S.A.L Y LARSEN MODIFICADO.

En las audiometrías periódicas (según criterio NIOSH) se sugiere realizar la descripción de toda la gama de frecuencias, usando los grados de severidad de la NIOSH, sin utilizar ninguna escala de clasificación. La GATISO-HNIR descarta el uso de las escalas porque las considera de baja sensibilidad y especificidad. Sin embargo, las escalas de clasificación audiométrica se siguen usando de forma rutinaria en Colombia para clasificar audiometrías a nivel laboral (11).

- **Escala S.A.L (Speech Average Loss)**

Pérdida en la zona conversacional aceptada por el Comité de Salud Ocupacional de Colombia. Se utiliza para clasificar el nivel de audición para la zona de las frecuencias bajas que corresponden a la zona conversacional o de lenguaje se toman los umbrales observados en el audiograma en las frecuencia de 500, 1000, y 2000 HZ. En esta escala se hace un promedio de dichos valores en cada oído por separado. Al tener estos resultados, se comparan los dos oídos para determinar la clasificación correspondiente, asignando un solo grado de sordera, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 7. Escala de Clasificación S.A.L

GRADO	UMBRALES PROMEDIO	SIGNIFICADO
A	Mayor a 16 dB Peor oído	Normal
B	De 16 a 30 dB Cualquier oído	Casi Normal
C	De 31 a 45 dB mejor oído	Sordera moderada

GRADO	UMBRALES PROMEDIO	SIGNIFICADO
D	De 46 a 60 dB mejor oído	Sordera Notable
E	De 61 a 90 dB mejor oído	Sordera Severa
F	Mayor de 90 dB mejor oído	Sordera profunda
G	Ninguna percepción Auditiva	Sordera Total

- **Escala E.L.I (Early Loss Index)**

Para clasificar en esta escala se debe tomar el nivel auditivo que muestra el audiograma en la frecuencia de 4000 HZ, por separado cada oído y restar el factor de Presbiacusia o valor de pérdida auditiva esperada para la edad y de acuerdo al sexo. La escala E.L.I. es validada para la población colombiana en la investigación Umbrales Auditivos en la frecuencia de 4000 HZ, en población laboral colombiana no expuesta a ruido industrial.

Posteriormente, según el resultado obtenido en dicha resta se procede a determinar normalidad o anormalidad asignando un grado para cada oído, de acuerdo a la siguiente tabla de escala de valores E.L.I.:

Tabla 8. Escala de clasificación E.L.I.

GRADO	dB 4000 Hz menos Presbiacusia	SIGNIFICADO
A	Menos de 8 dB	Excelente
B	De 8 a 14 dB	Normal Bueno
C	De 15 a 22 dB	Normal Limite
D	De 23 a 29 dB	Sospechoso de trauma acústico
E	Más de 30 dB	Muy sospechoso de trauma acústico

En caso de presentarse hipoacusia conductiva o mixta no se clasifica por la escala E.L.I, ya que al existir cierta diferencia entre los umbrales aéreo y óseo no podrá medirse objetivamente la dimensión del daño producido por el ruido en la audición. Estos casos se reportan como E.L.I No evaluado (AAF).

- **LARSEN Modificado**

Esta clasificación pretende identificar de forma temprana y oportuna posibles alteraciones auditivas en sus primeros estadios, al considerar

otras frecuencias altas como 3000-6000 y 8000 (Hz) o incluso compromiso en frecuencias conversacionales, a diferencia de la tradicional clasificación E.L.I que solo considera la frecuencias de 4000 Hz.

Tabla 9. Cuadro Clasificación LARSEN modificado

GRADO I	Es la audiometría con un descenso superior a 25 dB en una FHz alta 3000-4000-6000 o 8000 Hz
GRADO II	Es la Audiometría con descensos superiores a 25 dB en 2 o más FHz altas
GRADO III	Es la Audiometría con descensos superiores en 1 o más FHz altas y 1 FHz conversacional.
N/A	En los casos; descensos superiores a 25 dB en más de 2 FHz conversacionales, en Hipoacusias mixtas o conductivas y audiometrías donde ninguna FHz supere 25dB

4.1.2.3. Acumetrías.

La Acumetría es la exploración cualitativa de la audición mediante diapasones. El diapasón es un instrumento metálico en forma de horquilla que al vibrar emite un sonido puro (monotonal) (12). Para realizar las acumetrías, se utilizan diapasones de tono grave de 256 ciclos/segundo. Vibran cuando se golpea suavemente una de sus ramas. La estimulación del oído se hace por vía aérea y por vía ósea.

La GATI-HNIR recomienda la Acumetría de voces, procedimiento en el cual se dicen palabras al oído del paciente a una distancia aproximada de 25 cm iniciando con voz susurrada y ascendiendo en intensidad hasta que el paciente realice la repetición acertada de tres palabras. La presencia de voz susurrada no descarta caídas en las frecuencias agudas.

4.1.3. Estrategias de Reducción de Exposición a Ruido Ocupacional

Científicos, investigadores, ingenieros y diseñadores industriales del mundo han centrado sus esfuerzos en el desarrollo de tecnologías que permitan reducir los niveles de exposición de ruido al que se encuentran los trabajadores de la actualidad, ya sea a través de intervenciones en

las áreas de trabajo, como el aislamiento o apantallamiento acústico, en la fuente con el desarrollo de nuevas herramientas o procesos que generen menos ruido o en el individuo como el perfeccionamiento de los equipos de protección auditiva. Las estrategias encontradas contemplan un amplio rango de opciones que pueden ser adoptadas por las empresas del país, toda vez que, se cuenten con los recursos económicos y humanos necesarios para su implementación y desarrollo; se destacan los siguientes:

4.1.3.1. Protectores en el Individuo

La hipoacusia neurosensorial inducida por ruido ocupacional, se entiende como el resultado de la exposición prolongada a ruido en el lugar de trabajo y como parte de la gestión de los riesgos asociados a la exposición de altos niveles de ruido en las empresas, está el control en el individuo, el cual es uno de los mecanismos más frecuentemente utilizados. Sin embargo, este mecanismo debe ser transitorio mientras se realizan las modificaciones en los procesos y herramientas generadoras de ruido. La selección, compra y suministro de los elementos de protección individual o personal. Sin embargo, la decisión de la selección y compra de tales elementos depende de aspectos tanto técnicos como económicos.

Para la prevención de esta enfermedad los métodos habituales de control de atenuación del ruido se dan en la persona; el uso de tapones de oído tanto de copa como de inserción son los mecanismos de control que cumplen con tal finalidad. En relación con los métodos de control del ruido ocupacional en la persona, se incluyen aquellos que taponan el canal auditivo y los que cubren la totalidad del pabellón auditivo, denominados protectores auditivos de inserción y de copa o tipo orejeras, respectivamente. De cada uno de estos tipos de protectores existen en el mercado múltiples referencias de acuerdo con el material, diseño y nivel de atenuación, entre otros aspectos (13). Ver anexo 1. Ficha técnica del protector auditivo actual.

4.1.3.2. Cabinas acústicas o de atenuación de ruido

Las cabinas acústicas consisten en la instalación de módulos utilizados en el proceso de insonorización y aislamiento de fuentes generadoras de ruido, para proteger a los trabajadores expuestos a la contaminación

auditiva que producen la maquinaria, plantas eléctricas y herramientas de proceso en funcionamiento, las cuales causan ruido continuo de baja o alta frecuencia a niveles que pueden ser perjudiciales para el oído humano.

La consideración más importante en el diseño de un ambiente acústico es la protección de la audición de los trabajadores. El ruido y la vibración de las máquinas deben ser minimizados, reemplazados o aislados del área de trabajo. Un enfoque ergonómico del ambiente sonoro debe ir más allá de la medida del ruido y debe considerar la comodidad acústica del personal (14).

Mariño y Lemus (2007) (15), encontraron que Europa y Estados Unidos son pioneras en estudios de control de ruido, dado a que producen la maquinaria y aplican soluciones individuales a sus problemas. Algunas empresas son productoras de cabinas acústicas, las cuales son construidas considerando las necesidades específicas; otras empresas son especializadas en cabinas acústicas con estándares de calidad altos, para cumplir leyes particulares de salud ambiental (estas cambian según el país); utilizando material como fibra de vidrio y otros, para controlar el ruido según sus leyes nacionales, lo hacen empresas como CAT, productora de maquinaria en USA; sus cabinas acústicas son eficientes dado a que se han hecho previos estudios de espacio y materiales necesarios para el mejor funcionamiento de una máquina específica, utilizando mecanismos como silenciadores y otros dispositivos acústicos.

4.1.3.3. Programas de conservación auditiva.

Un programa de conservación auditiva o de control de ruido consiste en un conjunto de acciones planificadas y ordenadas dirigidas a la intervención para el control de este factor de riesgo en los ambientes laborales, con el fin de evitar efectos nocivos del ruido en la salud de los trabajadores. El propósito básico de estos programas es reducir o eliminar el factor de riesgo, de tal forma que se pueda prevenir la pérdida auditiva inducida por ruido. Son evidentes los beneficios para los trabajadores y las empresas, el reducir la exposición a ruido con controles sobre la fuente, el medio, y el individuo, lo cual se puede lograr con la implementación de un programa de conservación auditiva. Para implementar un programa de control de ruido se necesita realizar un plan de mediciones de los niveles de presión sonora existentes y su

comparación con los valores admisibles por la normatividad colombiana. De esta manera pueden detectarse las áreas con mayor incidencia y a partir de dicho diagnóstico es posible adoptar medidas organizativas de mitigación de los efectos del ruido sobre las personas, tales como limitación del tiempo de exposición por parte de los trabajadores, uso supervisado de elementos de protección auditiva y la instalación de cabinas o pantallas acústicas para la reducción del ruido.

A pesar de que la literatura consultada plantea que los programas de conservación auditiva previenen la pérdida de la audición inducida por ruido, Dobie (1995) citado por Martínez (1997) (16), sugiere que ninguno es concluyente debido a:

- La dificultad en el control de la exposición al ruido no-ocupacional y/o a la pérdida auditiva previa al inicio del programa
- La exposición a ruido ocupacional previa, sin protección auditiva
- La falta de promoción y el conocimiento de los efectos del ruido sobre el organismo.

Además, uno de las mayores dificultades al implementar un programa de conservación auditiva es la ausencia de efectos tangibles en lo inmediato.

4.1.4. Análisis estadístico - Regresión logística.

Muchos investigadores en el área de la salud están motivados por el deseo de describir, comprender y hacer uso de las relaciones entre las variables independientes (factores de riesgo) y una variable dependiente (o resultado) que sea discreta.

Waine (17), menciona en su libro: "Bioestadística, bases para el análisis de las ciencias de la salud"; que son particularmente abundantes las circunstancias en donde la variable dependiente es dicotómica, solo puede tomar uno de dos valores mutuamente excluyentes. Estos valores, por lo general, se codifican como $y=1$ para éxito $y=0$ para fracaso. Las variables dicotómicas incluyen aquellas cuyos dos posibles valores son categorías como: muerte o no-muerte; curado o no curado; fumador o no fumador; o como en el caso de la presente investigación, Caso positivo de posible HNIR o Caso negativo de posible HNIR.

Los valores de la variable dependiente por lo general indican si el individuo adquirió o no la enfermedad. Los valores de las variables independientes, indican el estado del individuo en relación con la presencia o ausencia de algunos factores de riesgo.

Para comprender el análisis estadístico realizado usando el método de Rn logística es importante comprender el termino de razón de grados de probabilidad, Waine (17) lo define brevemente como: " los grados de probabilidad de éxito son la razón de probabilidad de éxito con respecto a la probabilidad de fracaso".

Cuando se analizan datos que provienen de un estudio retrospectivo, el riesgo relativo (RR) no es una medida significativa para comparar dos grupos. El estudio retrospectivo está basado en una muestra de individuos con la enfermedad (casos) y otra muestra de individuos sin la enfermedad (controles o no casos). Después retrospectivamente se determina la distribución del factor de riesgo entre los casos y controles. En el presente estudio la medida apropiada para comparar los casos y controles es utilizando la razón de grados de probabilidad (OR), lo cual ofrece una buena aproximación al riesgo relativo para la población.

4.2. Marco Institucional

RECATAM S.A.S es una compañía dedicada a la recuperación y reconstrucción de material de empaque necesario para la industria. En su desarrollo económico realiza las operaciones de transporte, recolección y recuperación de envases de segunda mano. La empresa posee dos grandes líneas de producción: Una dedicada a la recuperación de envases plásticos como contenedores IBC de 1000 litros y garrafas de 10, 15, 20, 30 y 55 galones; y otra línea encargada de la reconstrucción y recuperación de envases metálicos de 15 y 55 galones. La Empresa posee tres sedes a nivel nacional, una en el municipio de Yumbo, otra en la ciudad de Medellín y una última en el municipio de La Estrella. El desarrollo del presente trabajo de grado se realiza en esta última sede, la cual cuenta con una planta de personal de 120 trabajadores entre administrativos y operativos, lo que la clasifica como mediana empresa. Según la última revisión del documento expedido por el DANE: "Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas – CIIU, revisión adaptada para Colombia – Rev. 4 A.C; la empresa RECATAM S.A.S, tiene como actividad económica la «Recuperación de materiales» perteneciente a la división 38, grupo 383, clase 3830, de la sección E – «Distribución de agua; evacuación y tratamiento de aguas residuales, gestión de desechos y actividades de saneamiento ambiental».

RECATAM S.A.S Tiene establecida su estructura orgánica, donde se incluye la función en seguridad y salud en el trabajo, el Comité Paritario

en seguridad y salud en el trabajo y la brigada de emergencia; los cuales dependen directamente de la Gerencia.

La empresa, en materia de salud laboral, tiene como política la implementación de un Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional para garantizar ambientes de trabajo, procesos y procedimientos sanos y seguros a los trabajadores, así como la generación de productos seguros que favorezcan la competitividad en el mercado mediante la reducción de los costos operacionales; para ello la gerencia asumió el compromiso en los siguientes aspectos:

- Crear un área de gestión humana que velara por el cumplimiento de las normas de seguridad industrial, salud ocupacional y laboral de la empresa. Igualmente hacer extensiva a los supervisores y jefes de área la responsabilidad de la salud y seguridad en cada una de sus secciones o áreas de trabajo.
- Brindar el tiempo para que todo el personal que ingrese vinculado o temporal, reciba la capacitación sobre los factores de riesgo y normas de seguridad relacionadas con el oficio a desempeñar, para ello se encargará el supervisor o un representante de salud ocupacional, incluyendo brigadas y comités.
- Trabajar en forma interdisciplinaria con todas las áreas para concertar actividades como adquisición de equipos, cambios de procesos o seguimiento a los actuales, para controlar los factores de riesgo desde su origen.
- Suministrar a cada trabajador los elementos de protección personal requeridos, acorde con los factores de riesgo a los que va a estar expuesto, exigiendo su uso durante el desarrollo de la labor pero también propiciando los medios para crear en este personal la conciencia de auto cuidado.
- Incluir en las reuniones de la gerencia y otros grupos de trabajo, el análisis y la toma de decisiones sobre el desempeño de la salud y la seguridad del personal en la empresa.
- Reportar oportunamente los accidentes de trabajo, no sólo a las autoridades competentes sino también a la dirección de la empresa.
- Evaluar el desempeño en salud ocupacional de la misma manera en que se evalúan los costos, la productividad y la calidad.

4.3. Marco Normativo

En Colombia el manejo del ruido y su interpretación ha sido tratado bajo la legislación Colombiana de forma separada, discriminando las fuentes del ruido y el receptor, teniendo en cuenta factores como el nivel de intensidad del ruido, su periodicidad, el lugar en que se produce y las afectaciones que este puede generar.

A continuación se listan las leyes más representativas de referentes al ruido en nuestra legislación:

- Ley 09 de 1979: El gobierno Nacional Faculta al ministro de Salud, por razones de carácter sanitario o como resultado de investigaciones de orden científico o de su acción de vigilancia y control adicione complemente o modifique las normas sobre el ruido ambiental y los métodos de referencia para su medición. (18)
- Resolución N° 02400 DE 1979: Esta resolución es emitida por el misterio de trabajo y seguridad social, en mayo 22 de 1979 establece mediante algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. El capítulo IV es dedicado al ruido y las vibraciones allí establecen el nivel máximo de 85 dB medidos en la zona de la cabeza independiente de la frecuencia en Hertz. Límite para las zonas de oficina lo establece en 70 dB. (18)
- Resolución N° 08321 de 1983: El Ministerio de salud legisló acerca del ruido con la resolución, por medio de la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y otros. El artículo 17 establece los niveles sonoros máximos permisibles de acuerdo con la tabla: (18)

Tabla 10. Nivel de presión sonora permisible de acuerdo a zona y periodo.

Zona receptora	Nivel de presión sonora en dB (A)	
	Periodo diurno 7:01 am- 9:00 pm	Periodo nocturno 9:01 pm – 7:00 am
Zona industrial	75	75

- Decreto 948 de 1995: Emitido por el Ministerio Ambiente y en el cual dicta normas para la protección, prevención y control de emisiones de ruido urbano, rural doméstico, y laboral que trasciendan al medio ambiente y al espacio público. (18)
- Resolución 1792 de mayo 3 de 1990: Emitida por los Ministerios de Trabajo y Seguridad social y de Salud. Esta resolución resuelve sus diferencias. Esta norma aplica el concepto de favorabilidad al trabajador por cuanto una de las normas establecía como valor límite de exposición 90dB (A) y otra 85. (18)
-

Tabla 11. Valores límites permisibles para ruido continuo o intermitente

Máxima duración de exposición diaria	Nivel de presión sonora dB(A)
8 horas	85
4 horas	90
2 horas	95
1 horas	100
1/2 horas	105
1/4 horas	110
1/8 horas	115

- Resolución 627 de 2006: Ambiente, vivienda y desarrollo territorial regula lo relacionado con emisión de ruido y ruido ambiental. Esta Resolución determina los parámetros para medición del ruido ambiental estableciendo zonificación y horarios respectivos. (18)
- Resolución 2844 de 2007: Por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia. El Artículo 1° en La presente resolución tiene por objeto adoptar las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia para: Hipoacusia neurosensorial inducida por ruido en el lugar de trabajo. (18)
- Norma UNE-EN ISO 11690:1997 Acústica. Práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con bajo nivel de ruido que contienen maquinaria. Su objetivo es proporcionar una estrategia para reducir el ruido. Se divide en tres partes diferenciadas:

- Parte1: Estrategias de control del ruido (UNE- EN ISO 11690-1:1996)
- Parte2: Medidas de control del ruido (UNE-EN ISO 11690-2:1996)
- Parte3: Propagación sonora y predicción del ruido en locales de trabajo. (UNE-EN ISO 11690-3:1997) (19)

- La ISO 9612/1997, ISO 11904- 1/20000, ISO 11904 -2/20000, establece directrices para la medida y evaluación de exposición a ruido en el entorno del trabajador. (19)

5. Metodología

5.1. Tipo de estudio

El estudio del presente trabajo de grado fue llevado a cabo como se indica a continuación:

-Descriptivo (De Corte):

Debido a que se estudió el comportamiento de un evento en un momento dado. Se realizó aplicando una encuesta en la cual se incluyeron variables para describir las características sociodemográficas de un grupo de trabajadores, así mismo, las variables confusoras que se tuvieron en cuenta en las conclusiones del presente trabajo.

- Analítico de observación (Casos y controles) en retrospectiva:

En este tipo de estudio se establece una comparación del riesgo entre grupos de estudio y grupos de control. Estos grupos están conformados de acuerdo a la observación del evento, con criterios definidos para su escogencia con el fin de encontrar causalidad entre factores de riesgo. Los grupos de individuos fueron seleccionados en términos de casos o controles, según si tienen o no la presunta enfermedad (HNIR). Los casos y controles fueron comparados con respecto a las características pasadas y existentes denominadas factores de riesgo, con el fin de aclarar el papel de estos últimos en el desenlace de la presunta enfermedad.

5.2. Población

Para este trabajo de grado se aplicó una encuesta a 83 trabajadores de planta de la empresa RECATAM S.A.S en las distintas áreas de proceso. La población de estudio incluyó una muestra de los trabajadores ubicados en las áreas de cadeneadoras, pulidoras de grata, almacenamiento, hidrolavadoras, entre otras.

5.2.1 Criterios de exclusión

La empresa Recatam S.A.S., sede La Estrella, en la cual realizan los procesos relacionados con bidones metálicos, tiene 120 trabajadores en total, de los cuales se excluyen, los trabajadores que no se exponen al factor de riesgo ruido, es decir, los que pertenecen al área de calidad, área administrativa, comercial, de innovación y mantenimiento y el mensajero de la empresa, debido a que permanecen la mayor parte del tiempo fuera de las áreas ruidosas.

En total, por área, se tienen el siguiente número de trabajadores excluidos en la presente investigación:

- Área administrativa y comercial: 25 personas
- Mensajero: 1 persona
- Área de innovación y mantenimiento: 2 personas

5.2.2 Tamaño de Muestra

En total, los trabajadores que se encuentran expuestos al factor de riesgo ruido son 92 personas (120 trabajadores – 28 excluidos por baja o nula exposición). Para calcular el tamaño de muestra en nuestro estudio, se aplica la siguiente fórmula (20):

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Donde:

- p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia
- q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 -p).
- Z = El nivel de confianza deseado. Indica el grado de confianza que se tendrá de que el valor verdadero del parámetro en la población se encuentre en la muestra calculada. Cuanta más confianza se desee, será más elevado el número de sujetos necesarios. Para nuestro estudio, se elige un % error del 5%, por lo que el nivel de confianza es del 95% (Z=1.96)

Figura 10. Nivel de confianza deseado

% Error	Nivel de Confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99 %	2.58
5	95 %	1.96
10	90 %	1.645

d = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

Figura 11. Nivel de precisión absoluta

%	Valor d
90	0.1
95	0.05
99	0.001

Los valores obtenidos para la ecuación de acuerdo % de error elegido para nuestro estudio, indica que el tamaño de muestra adecuado, es igual a 82,26. Por lo tanto, el número de trabajadores que se analizaron fue 83.

Asignándoles a los 92 trabajadores expuestos al factor de riesgo ruido, un número de identificación, y haciendo uso de las herramientas de Excel, se seleccionan los 83 trabajadores de manera aleatoria, con los cuales la encuesta fue realizada de manera anónima. Sin embargo, los trabajadores con presunta HNIR que fueron incluido en la muestra ya se tenían identificados, con el fin de analizar los casos y controles; por aleatoriedad fueron incluidos 7 casos de los 11 identificados previamente.

5.3 Correlación HNIR y efectos percibidos con Exposición a altos niveles de ruido

Aplicando una encuesta se describieron las características socio demográficas de la población, por ejemplo: edad, ingresos, escolaridad, grupo familiar y características de la vivienda. Además, se tuvieron en cuenta variables confusoras (exposición extra laboral al ruido) y también la exposición al factor de riesgo ruido, en el lugar de trabajo.

Se analizaron los registros médicos, que incluyeron audiometrías de ingreso, tamizaje de seguimiento y una audiometría reciente solicitada para el presente estudio, de los trabajadores que presuntamente presentaban pérdidas de la audición (con autorización previa por parte de los trabajadores), quienes se encontraban expuestos a ruido en sus lugares de trabajo. Además, se analizaron las últimas mediciones de ruido ambiental en la empresa.

Los trabajadores se separaron en dos categorías: Trabajadores con posible HNIR y Sanos. Adicionalmente, se analizó la relación entre los síntomas (percibidos y observados) por los trabajadores y la exposición al factor de riesgo, la edad y tiempo de exposición.

5.3.1 Búsqueda Bibliográfica y Análisis de Información.

Para el desarrollo del componente teórico del presente trabajo de investigación, se realizó una búsqueda de artículos científicos en las bases de datos ScienceDirect, SciELO, Pubmed, y Medline, de artículos publicados entre fechas desde el año 2000 hasta 2015, utilizando las siguientes palabras para la búsqueda: Noise-Induced, Noise occupational, Hearing Loss, Noise Effects, y Sleep architecture.

También se utilizó como fuente de información, revistas físicas ubicadas en la biblioteca de la facultad de salud pública de la Universidad de Antioquia. Además, se tuvo en cuenta la Guía de Atención Integral en Seguridad y Salud en el Trabajo GATI-HNIR del Ministerio de la Protección Social. Se plantearon las bases legales, los efectos del ruido sobre la salud y los diferentes mecanismos de control, así como la importancia y necesidad de iniciar una estrategia de control del ruido y prevención de sus efectos.

5.3.2 Generación de Mapas de ruido

Se construye con el fin de conocer las zonas donde los trabajadores han laborado durante los últimos 5 años, y así determinar el ruido al que se han expuesto durante su estadía en la empresa.

Dicho mapa se incluye en una encuesta aplicada a 83 trabajadores, sin informar al encuestado el ruido de cada zona ilustrada en el mapa. Sin embargo, para la interpretación de los resultados obtenidos, se analizan los decibeles de cada área de la empresa encontrados en las sonometrías realizadas, con el fin de correlacionar la exposición de los

trabajadores y los efectos encontrados en el tamizaje auditivo y las audiometrías realizadas previamente por la empresa.

5.3.3 Herramienta de captación de información

La herramienta de captación de información, se aplicó a través de una encuesta que pudo diseñarse de dos maneras, de acuerdo a lo que se requiere en la investigación:

1. La elección de un instrumento, que ha sido utilizado en otras investigaciones, a la cual se le realizan cambios para adaptarlas al estudio en particular (5).
2. La construcción de una encuesta nueva (21).

En esta investigación se utilizaron instrumentos utilizados en otras investigaciones con adaptaciones, de acuerdo a lo que se desea conocer de los trabajadores de la empresa Recatam S.A.S. relacionados con la percepción del ruido en la empresa, síntomas relacionados con la exposición a altos niveles de presión sonora, tiempos de exposición e información personal, además se incluye el mapa de ruido construido, con el fin de identificar las zonas en la que trabaja con regularidad cada trabajador encuestado.

La encuesta fue diseñada con diferentes formas y tipos de preguntas, como se indica a continuación, de acuerdo a las recomendaciones encontradas por diferentes autores:

5.3.3.1 Forma de las preguntas

En el cuestionario se incluyeron 2 formas de preguntas, que dependen de la contestación (22; 23):

- Preguntas abiertas: El encuestado puede dar cualquier respuesta con sus propias palabras. Se presenta cuando ninguna de las opciones ofrecidas en el cuestionario aplica para el encuestado o cuando no existen opciones para elegir como respuesta.

- Preguntas cerradas: Se presentan diferentes opciones tipo abanico (varias opciones de respuestas, en donde el encuestado debe elegir) o dicotómico (solo dos respuesta de donde elegir).

5.3.3.2 Tipo de preguntas

En relación a la naturaleza del contenido de las preguntas, se tuvieron en consideración los tipos de preguntas, las cuales se clasifican en:

- De hecho: Son corrientes, fáciles de comprobar Ej. ¿Cuántos hijos tiene?
- De acción: Son las acusadoras de acción, de hacer algo. Ej. ¿Escucha música con audífonos regularmente?
- De intención: Miden la intencionalidad del individuo.
- De opinión: Deja ver la opinión personal del encuestado, son más reflexionadas al momento de responder, tienen un alto índice de no respuesta. Ej. ¿Qué opina usted sobre el uso de protección personal?
- Filtro: Este tipo de preguntas son utilizadas antes de comenzar un tema extenso en el cual es necesario tener el producto, estar informado de algún tema, sufrir ciertas molestias, etc. Ej. ¿Usted se encuentra expuesto al ruido en el trabajo?
- Control: Sirven para controlar que el encuestado esté respondiendo con la verdad, por lo general se colocan varias veces en la encuestas con diferente redacción.
- Introductoria: También llamadas rompe hielo, son utilizadas para ganarse la confianza del encuestado y son preguntas simples de contestar y se encuentran al inicio del cuestionario. Ej. ¿Qué edad tiene?
- Amortiguadores: La función de esta pregunta es indagar en temas difíciles para el individuo, sin incomodarlo o incitarlo a dar respuestas falsas.
- De batería: Son un conjunto de preguntas referentes al mismo tema. Cuando estas preguntas se realizan en orden (aspectos generales hasta llegar a los más complejos), se les llama embudo de preguntas (22).

5.3.3.3 Redacción de las preguntas

En la redacción de las preguntas, se tuvieron algunas consideraciones (23)

- Se incluyeron solo preguntas que tienen una relación directa con el problema en cuestión, para que la encuesta fuera corta y productiva.
- Las preguntas presentaron un lenguaje accesible para que los individuos puedan responder sin mayor dificultad, debido al nivel de escolaridad bajo que presenta la población elegida.
- No se utilizaron palabras o frases ambiguas que puedan tener distintas interpretaciones.
- Se evitó el uso de palabras cargadas de ciertas connotaciones, porque puede sugerir la respuesta en una determinada dirección.
- No incluyó preguntas que exijan excesivo trabajo a quienes han de responderlas, como cálculos o esfuerzos de memoria.
- Las preguntas no fueron extremadamente largas, ya que el cuestionario debía ser fluido y referirse a una sola idea.
- Se evitaron preguntas que incomoden al trabajador.

Teniendo en cuenta la información anterior, la encuesta está compuesta en su mayoría por preguntas con respuestas cerradas, dividida en las tres secciones que se mencionan a continuación.

Sección 1: Datos personales (variables demográficas)

Este punto fue dedicado a la recolección de datos personales, y a su vez poder crear una atmósfera de confianza entre el encuestador y el encuestado. Las preguntas fueron diseñadas con el fin de definir las variables demográficas de la población, tales como edad, sexo, estrato, escolaridad, etc.

Sección 2: Percepción del encuestado frente al ruido, exposición y síntomas asociados al ruido (efectos generados por ruido)

Aquí todas las preguntas fueron de respuestas cerradas. De éste punto se pretendía:

- Determinar la existencia de molestias generadas por altos niveles de ruido.
- Obtener las fuentes de ruido que más molestias causan al encuestado y el tiempo de exposición.
- Identificar en qué periodo temporal, el ruido le produce mayor molestia.
- Determinar como el ruido incide en forma negativa en las actividades cotidianas que los encuestados realizan.
- Determinar síntomas que se asocian a la exposición a altos niveles de ruido.

Sección 3: Características de la vivienda y hábitos (variables confusoras)

Esta parte de la encuesta se diseñó para conocer las características de la vivienda del encuestado, identificar lugares ruidosos alrededor, hábitos del encuestado tales como, medios de transporte utilizados, tiempo que permanece en su vivienda, uso de audífonos para escuchar música, hábitos de consumo de tabaco, entre otros, con el fin de determinar las variables confusoras que puedan afectar la salud del trabajador por causas no laborales.

En esta sección de la encuesta, se entregó un listado de fuentes generadoras de ruido, para que el encuestado identificara aquellas que se encuentren en su sector. En caso que existiera una fuente que no aparecía en el listado y fuera propicio incluirla, ésta fue escrita al final de la lista por el encuestado (pregunta abierta). Además, pudo mencionar el grado de molestia o perturbación generada por el ruido cuando está en el interior de su vivienda.

En las encuestas de ruido se busca captar la percepción de las personas ante este fenómeno, tales como los posibles efectos y/o molestias que presentan las personas expuestas. Con dicha encuesta, se buscó complementar estudios cuantitativos de sonometría y tamizaje auditivo realizados en la empresa, con el fin de correlacionar la exposición de los trabajadores con los resultados encontrados de deterioro auditivo.

La encuesta aplicada se dividió en:

- Cuestionario (Ver Anexo 2. Encuesta Sociodemográfica).
- Mapa de ruido (Siendo 1: Niveles de presión sonora bajos, 2: Niveles de presión sonora altos)



Figura 12. Plano de la empresa incluido en la encuesta para identificar exposición histórica.

5.3.4 Análisis estadístico

Para realizar la correlación entre los posibles casos de HNIR y la exposición a altos niveles de ruido en la empresa, se utilizó un modelo de regresión logística, el cual permitió el análisis de los resultados en términos explicativos y predictivos, pudiendo conocer la fuerza de asociación mediante los OR de los factores de riesgo con el efecto estudiado de una manera independiente y conocer el valor predictivo de cada uno de ellos o bien del modelo en su conjunto. Para llevar a cabo este análisis se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

5.3.4.1 Elección del modelo

La elección del modelo se llevó a cabo teniendo en cuenta las variables relevantes; es decir, se realizó una reflexión de cuales de ellas (incluidas en la encuesta) explican la variable dependiente objeto de interés. Dicha metodología, no pasó por un proceso de elección estadística, debido a que no se hace distinción entre asociaciones de índole causal y las debidas a otros factores, incluso a las debidas a sesgos en el estudio.

5.3.4.2 Verificación de ajuste del modelo

Existen diferentes criterios de ajuste que se deben tener en cuenta al realizar cualquier modelo de regresión, es preciso antes de sacar conclusiones corroborar que este modelo se ajusta efectivamente a los datos. Entre los métodos más utilizados está la Tabla de Clasificación, que consiste en verificar qué porcentaje de individuos clasifica correctamente el modelo.

5.3.4.3 Colinealidad

Es un problema originado cuando las variables independientes del modelo están muy altamente correlacionadas, es decir, comparten entre sí la misma información (24). Por tal motivo, se evitó la inclusión en el modelo de una variable cuando este ya contiene otras que aportan de hecho la información de aquella variable.

5.4 Intervención en el proceso de pulido de bidones metálicos

De acuerdo a la situación problema detectada en la empresa Recatam S.A.S., es indispensable realizar intervenciones en los procesos generadores de ruido, especialmente en el proceso de pulido de bidones metálicos.

El presente estudio fue enfocado en la intervención de dicho proceso, el cual, de acuerdo a la secuencia recomendada en la GATISO y en diferentes fuentes bibliográficas, es indispensable comenzarla con la fuente generadora de ruido y así disminuir los decibeles emitidos en el proceso. Luego si esto no es suficiente para eliminar el factor de riesgo en cuestión, se debe modificar el medio. Finalmente, como última estrategia se aplica la selección de elementos de protección personal requeridos para evitar afectaciones a la salud de los trabajadores expuestos.

5.4.1 Modificación de la herramienta

La herramienta utilizada en el proceso de pulido de bidones metálicos en la empresa Recatam S.A.S., es una Pulidora Neumática, que de acuerdo a la ficha técnica del proveedor (Ver anexo 3. Ficha técnica de la herramienta) genera un ruido de 101.9dB(A) en condiciones normales de trabajo. Sin embargo, debido al constante uso de la herramienta, se ha deteriorado el diseño original de la misma y el ruido ha aumentado paulatinamente; dicha situación se presenta en todas las herramienta que posee la empresa.

La alta inversión económica que genera la compra de estas herramientas, obliga a la empresa a no tener como opción económicamente viable, el reemplazo de estas por otras nuevas.

Nuestro estudio implicó evitar el uso de la herramienta bajo las condiciones encontradas en Recatam S.A.S., modificando el diseño de la limadora Neumática, por medio de la instalación de un silenciador de bajo costo y de fácil mantenimiento para la empresa.

A continuación se ilustran imágenes de la herramienta nueva y de la herramienta deteriorada luego de su uso:



Figura 13. Pulidora Neumática, nueva (izquierda) y Pulidora Neumática usada sin silenciador (derecha)

El dispositivo central que se observa en la figura de la izquierda (la cual se amplía en la gráfica 9), es un filtro que evita la salida de aceites lubricantes de manera no controlada durante el funcionamiento de la herramienta, además de ser el silenciador original de la Pulidora neumática, diseñado por el proveedor. Esto quiere decir, que al deteriorarse dicho dispositivo, el ruido incrementa durante su uso.



Figura 14. Dispositivo original de reducción de ruido

Con el apoyo del área de innovación y mantenimiento, se instaló un silenciador que redirige el ruido hacia el exterior en lugares que no afectan los demás procesos internos ni externos de la empresa, controlando además la salida de aceite lubricante de la herramienta.

5.4.2 Diseño de Cabina de Atenuación de Ruido



Figura 15.
Sonómetro Svan
977, Clase 1.

Primero se realizó la medición del nivel de presión sonora del área o puesto de trabajo que fue intervenido, correspondiente a la cabina de pulido de tambor brillante, utilizando un sonómetro marca Svantek, de referencia SVAN 977 Clase 1 (sonido y vibración). Los resultados de medición se registran en tres perfiles acústicos que permiten que se realicen mediciones con 3 filtros diferentes (A, C y Z). El equipo fue proporcionado por la Universidad de Antioquia, dicha medición se llevó a cabo siguiendo la guía técnica colombiana NTC 5792.

Las medidas de SPL se realizaron en diferentes condiciones, directo a la fuente (herramienta del pulido de bidones metálicos), analizando el espectro en bandas de octava, las cuales se mencionan a continuación:

- Empresa en funcionamiento normal: la herramienta sin silenciador instalado.
- Empresa en funcionamiento normal: la herramienta con silenciador instalado.

Estas mediciones se hicieron bajo estas condiciones con el fin de conocer la atenuación del ruido generado en la fuente luego de la instalación del silenciador. Sin embargo, por efectos de reverberación se realizaron mediciones con los demás equipos apagados, para conocer el ruido generado específicamente en la cabina a intervenir, es decir que se incluyeron las mediciones con todos los demás equipos apagados, con las siguientes condiciones:

- Empresa apagada: sólo con la herramienta en funcionamiento sin silenciador instalado
- Empresa apagada: sólo con la herramienta en funcionamiento con silenciador instalado

Teniendo en cuenta las recomendaciones de expertos de la Universidad de Antioquia y con el análisis de los resultados de la medición del nivel de presión sonora, se determinaron las características de diseño para el sistema de control de ruido más eficientes:

- Dimensiones de la cabina actual.
- Materiales.
- Coeficientes de absorción por área.

Se realizó la selección de los materiales aislantes acústicos, que componen la cabina, calculando los coeficientes de absorción por área de cada lado de la cabina. Para esta selección se consideraron los niveles de presión sonora detectados en cada banda de frecuencia luego de la intervención en la fuente, con el fin de encontrar el material que ofrezca mayor absorción del ruido en las frecuencias que sobrepasan los límites permitidos.

Con los materiales y las medidas de área requerida de cada material que va a constituir la cabina, se procedió a determinar la atenuación que aplica al material a los niveles de presión sonora producidos por la herramienta de pulido de bidones metálicos.

Se realizó el diseño arquitectónico de la cabina de insonorización, considerando las dimensiones para ingreso de personal, ingreso del equipo y los bidones metálicos para el proceso. El diseño de la cabina fue presentado en software ACAD.

El diseño inicial consiste en implementar un encerramiento principalmente, debido a que la cabina que se encontró en la empresa era abierta. Sin embargo para evitar sobrecostos, se aprovecha la cabina instalada para aplicarle los recubrimientos seleccionados en el diseño, de este modo, sólo se incluiría un costo de instalación de la cara faltante en la cabina.

5.4.3 Análisis de la protección auditiva de la empresa

La empresa previo a la intervención en la herramienta, utilizaba la protección auditiva de silicona, moldeable, esparcible y antialérgica. La tabla de atenuación de ruido de dicho EPP, suministrada por el proveedor, se ilustra a continuación:

Figura 16. Atenuación de ruido de protección auditiva de silicona

FRECUENCIA	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
ATENUACION MEDIA	20,5	20	25,5	37,5	37,8	44	42,5	41
DESVIACION ESTANDAR	4,9	5	3,7	4,1	5	4,3	5	5

Luego de la aplicar la intervención, se realizó una dosimetría al puesto de trabajo intervenido, con el fin de determinar el ruido al que se encuentra expuesto durante su jornada laboral.

El instrumento utilizado durante la dosimetría de ruido, es el dosímetro de serie CEL-320, el cual tiene una amplia gama de aplicaciones para medir los niveles de riesgo en el lugar de trabajo, cuando se desea conocer el ruido percibido por el trabajador durante su jornada laboral. Este instrumento es de peso ligero, resistente gases y vapores químicos, y fácil de usar.

El nivel acústico que conforma este medidor de exposición a sonido personal es de 85 dB.

Luego, de obtener los resultados, la información es analizada junto con las bandas de octava en cada una de las frecuencias arrojadas en las sonometrías luego de la instalación del silenciador, con el fin de verificar la eficacia de los EPP seleccionados por la empresa, en las nuevas condiciones.

6. Resultados

6.1. Análisis de casos

A continuación se muestran los resultados de las audiometrías realizadas a los trabajadores de la empresa Recatam S.A.S., a partir de los cuales se calculó el porcentaje de pérdida auditiva, teniendo en cuenta los valores obtenidos de las frecuencias de 1000, 2000, 3000 y 4000Hz, consideradas las más representativas en relación con las frecuencias conversacionales. Este porcentaje se calcula a través de la siguiente fórmula

$$\% \text{ Pérdida Auditiva} = \left(\left(\frac{\text{suma umbrales auditivos (dB) en 500, 1000, 2000, 3000 Hz}}{4} \right) - 25 \text{ dB} \right) \times 1.5$$

- **CASO: Sujeto 19**

Tabla 12. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 19

Oído Derecho. Sujeto 19			
V.O 2013	V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
35	35	25	250HZ OD
35	35	30	500HZ OD
30	35	25	1000HZ OD
30	35	25	2000HZ OD
40	35	45	3000HZ OD
45	45	50	4000HZ OD
35	40	30	6000HZ OD
35	50	70	8000HZ OD

Tabla 13. Resultados de audiometría O.I. sujeto Nro. 19

Oído Izquierdo. Sujeto 19			
V.O 2013	V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
35	25	25	250HZ OD
35	25	20	500HZ OD
30	30	20	1000HZ OD
30	35	30	2000HZ OD
40	40	45	3000HZ OD
45	50	50	4000HZ OD
35	25	30	6000HZ OD
35	25	25	8000HZ OD

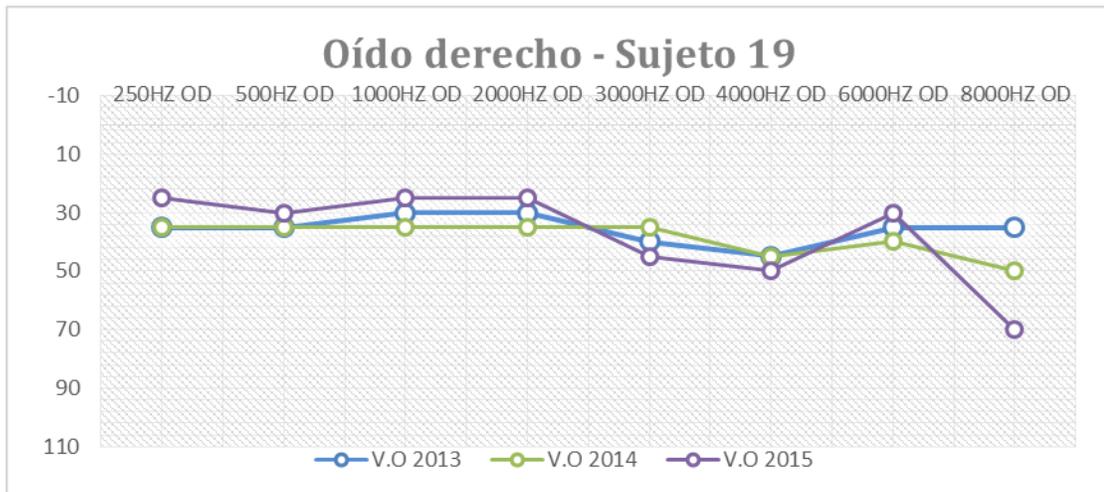


Figura 17. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 19

Interpretación:

El sujeto 19 lleva laborando 4 años y 2 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el oído derecho en los tres últimos años observándose que el año 2013 y 2014 presentaba una hipoacusia moderada (45dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 HZ.

En el 2015 presenta un aumento moderado (50dB) de su hipoacusia de los 4000 HZ, adicional a esto una caída en la frecuencia de 8000HZ. Se calculó el porcentaje de pérdida auditiva del año 2015 encontrándose un 9,4% de pérdida auditiva en el oído derecho.

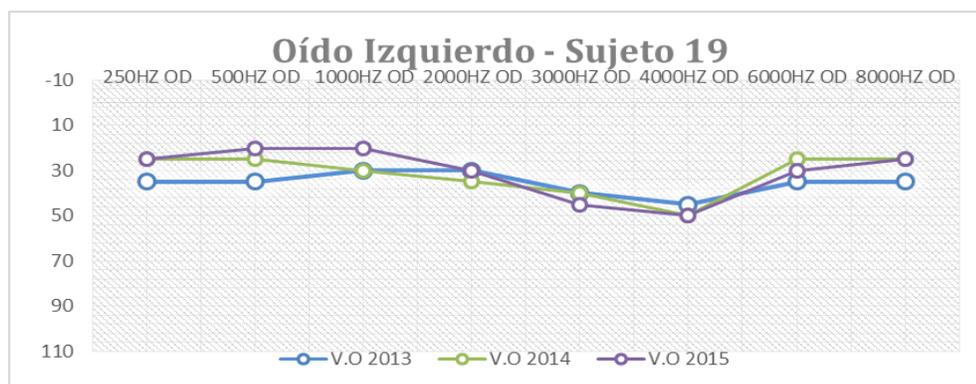


Figura 18. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 19

Interpretación:

El sujeto 19 lleva laborando 4 años y 2 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el oído izquierdo donde se encontró que el año 2014 y 2015 presenta una hipoacusia moderada (50dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 HZ.

Se calculó el porcentaje de pérdida auditiva del año 2015 encontrándose un 5,6% de pérdida auditiva en el oído izquierdo.

- CASO: Sujeto 77**

Tabla 14. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 77

Oído Derecho - Sujeto 77					
V.O 2011	V.O 2012	V.O 2013	V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
20	15	20	25	10	250HZ OD
20	15	15	15	10	500HZ OD
15	10	10	15	10	1000HZ OD
10	10	5	5	5	2000HZ OD
10	10	5	5	0	3000HZ OD
10	15	10	15	10	4000HZ OD
20	10	15	10	10	6000HZ OD
20	10	15	15	0	8000HZ OD

Tabla 15. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 77

Oído Izquierdo - Sujeto 77					
V.O 2011	V.O 2012	V.O 2013	V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
20	15	15	25	10	250HZ OD
25	20	10	15	10	500HZ OD
20	15	10	15	10	1000HZ OD
20	10	5	5	5	2000HZ OD
20	20	10	5	5	3000HZ OD
20	30	10	15	30	4000HZ OD
25	20	20	10	25	6000HZ OD
20	10	15	15	15	8000HZ OD

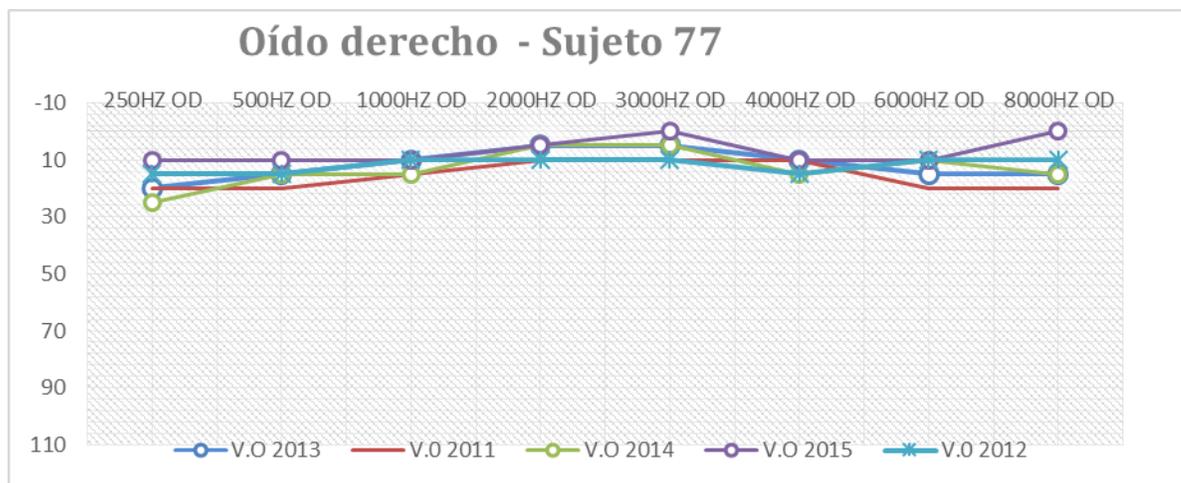


Figura19. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 77

Interpretación:

El sujeto 77 lleva laborando 9 años y 2 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el oído derecho en los últimos cinco años observando audición normal sin porcentaje de pérdida auditiva, en todas las frecuencias no tuvo un valor mayor a (25dB).

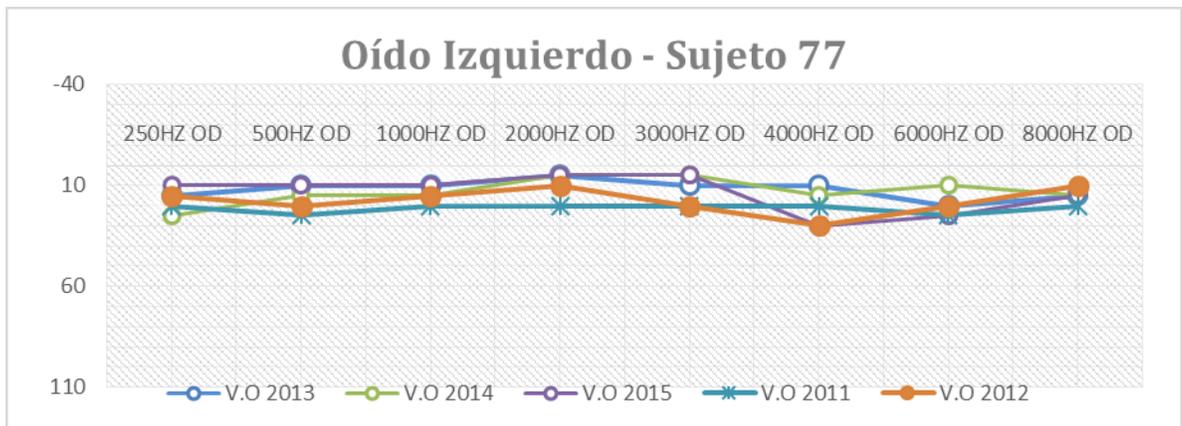


Figura 20. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 77

Interpretación:

El sujeto 77 lleva laborando 9 años y 2 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el oído izquierdo observándose que el año 2012 y 2015 presentaba un hipoacusia leve (30dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 Hz. Se calculó el porcentaje de pérdida auditiva del año 2015 encontrándose que no presenta pérdida auditiva en el oído izquierdo.

- **CASO: Sujeto 82**

Tabla 16. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 82

Oído Derecho. Sujeto 82		
V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
25	20	250HZ OD
25	20	500HZ OD
20	20	1000HZ OD
25	10	2000HZ OD
20	10	3000HZ OD
20	10	4000HZ OD
25	20	6000HZ OD
25	20	8000HZ OD

Tabla 17. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 82

Oído Izquierdo. Sujeto 82		
V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
25	20	250HZ OD
25	10	500HZ OD
20	15	1000HZ OD
25	20	2000HZ OD
20	10	3000HZ OD
35	20	4000HZ OD
35	30	6000HZ OD
35	20	8000HZ OD

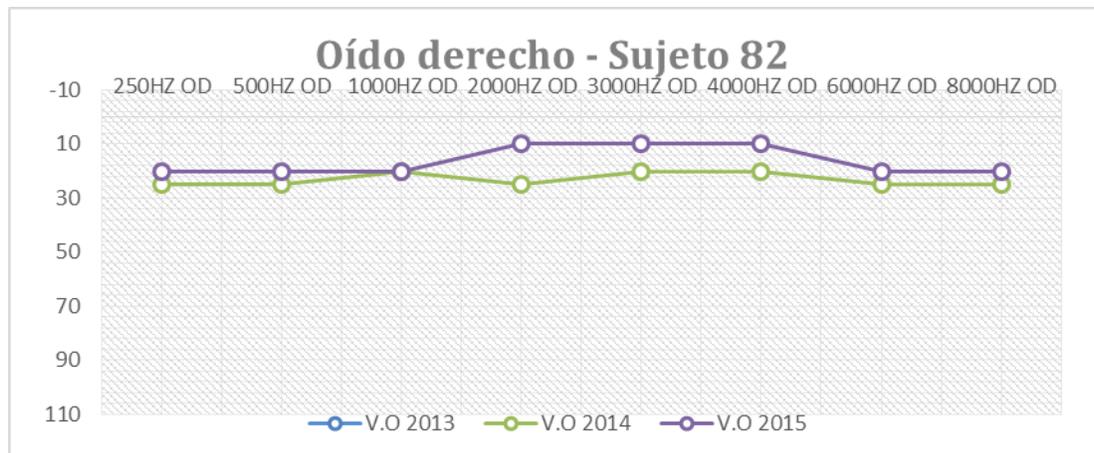


Figura 21. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 82

Interpretación:

El sujeto 82 lleva laborando 4 años y 2 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el 2014 en el oído derecho, observándose una hipoacusia leve (20dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 Hz.

En el año 2015 presenta una hipoacusia leve (10dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 HZ, evidenciándose que hay una disminución con respecto al 2014. La diferencia de las pruebas de

audiometría del 2014 y 2015 fue de 10 dB. Cuando dos pruebas consecutivas tienen una diferencia mayor de 5 dB en cada frecuencia se consideran inconsistentes. Esta situación tiene una explicación, debido a que en ese año 2014 el sujeto 82 tenía otalgia lo cual muestra que no estaba en condiciones óptimas para realizar un examen de audiometría.

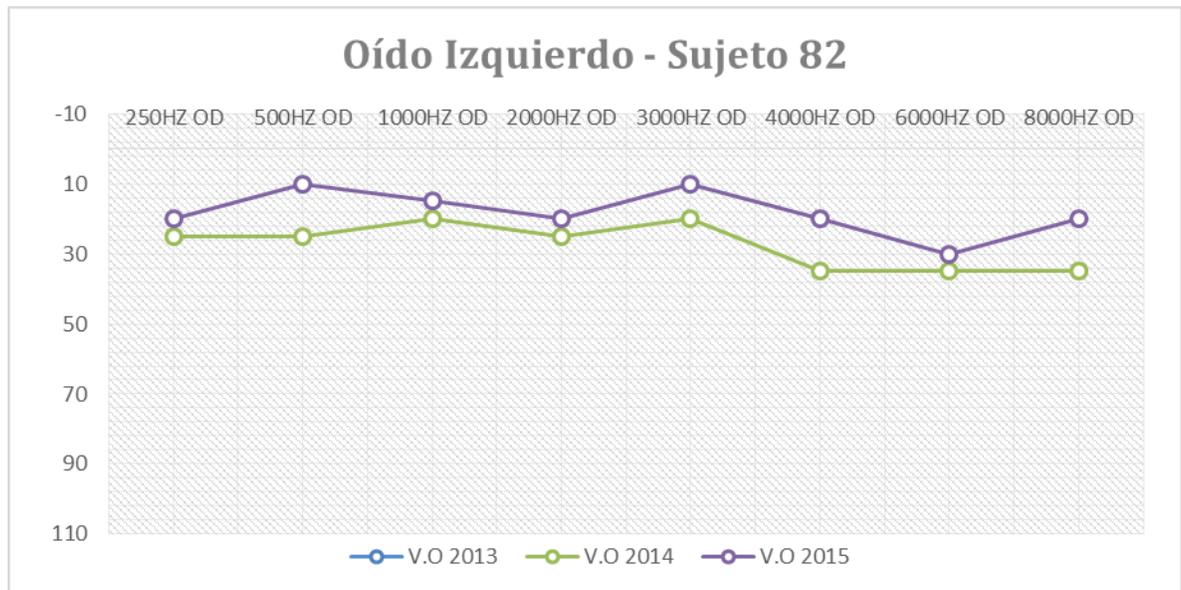


Figura22. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 82

Interpretación:

El sujeto 82 lleva laborando 4 años y 2 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el 2014 en el oído izquierdo observándose una hipoacusia leve (35dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 Hz.

En el año 2015 presenta una hipoacusia leve (20dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 Hz, evidenciándose que hay una disminución con respecto al 2014. La diferencia de las pruebas de audiometría del 2014 y 2015 fue de 15 dB. Cuando dos pruebas consecutivas tienen una diferencia mayor de 5 dB en cada frecuencia se consideran inconsistentes. Esta situación tiene una explicación, debido a que en ese año 2014 el sujeto 82 tenía otalgia lo cual muestra que no estaba en condiciones óptimas para realizar un examen de audiometría.

- **CASO: Sujeto 22**

Tabla 18. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 22

Oído Derecho. Sujeto 22			
V.O 2007	V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
15	15	20	250HZ OD
10	15	20	500HZ OD
15	15	10	1000HZ OD
20	15	15	2000HZ OD
30	45	40	3000HZ OD
40	55	55	4000HZ OD
30	25	25	6000HZ OD
40	30	20	8000HZ OD

Tabla 19. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 22

Oído Izquierdo. Sujeto 22			
V.O 2007	V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
15	25	25	250HZ OD
15	20	25	500HZ OD
20	25	25	1000HZ OD
30	30	30	2000HZ OD
60	35	50	3000HZ OD
90	100	80	4000HZ OD
70	110	75	6000HZ OD
80	110	70	8000HZ OD

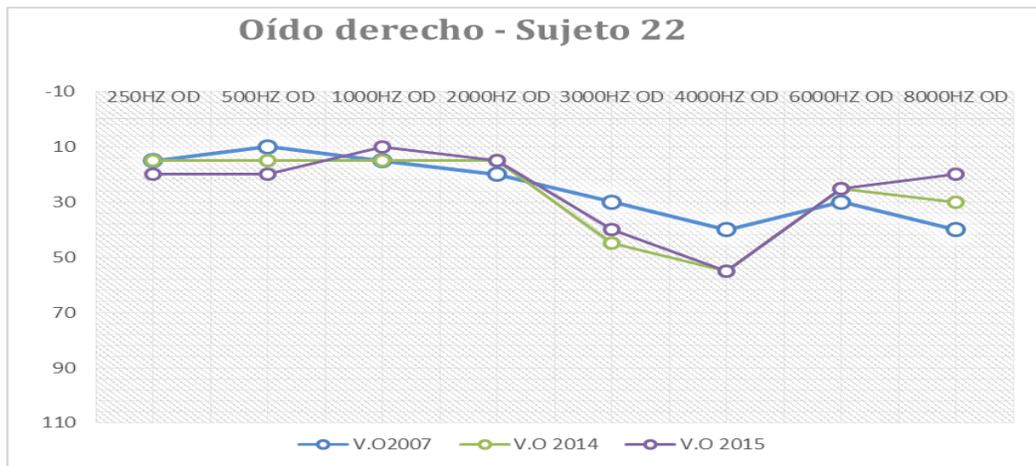


Figura 23. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 22

Interpretación:

El sujeto 22 lleva laborando 20 años y 11 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el oído derecho donde se encontró que el año 2014 y 2015 presenta una hipoacusia moderada (55dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 HZ. Se calculó el porcentaje de pérdida auditiva del año 2015 encontrándose que no presenta pérdida auditiva en el oído derecho.

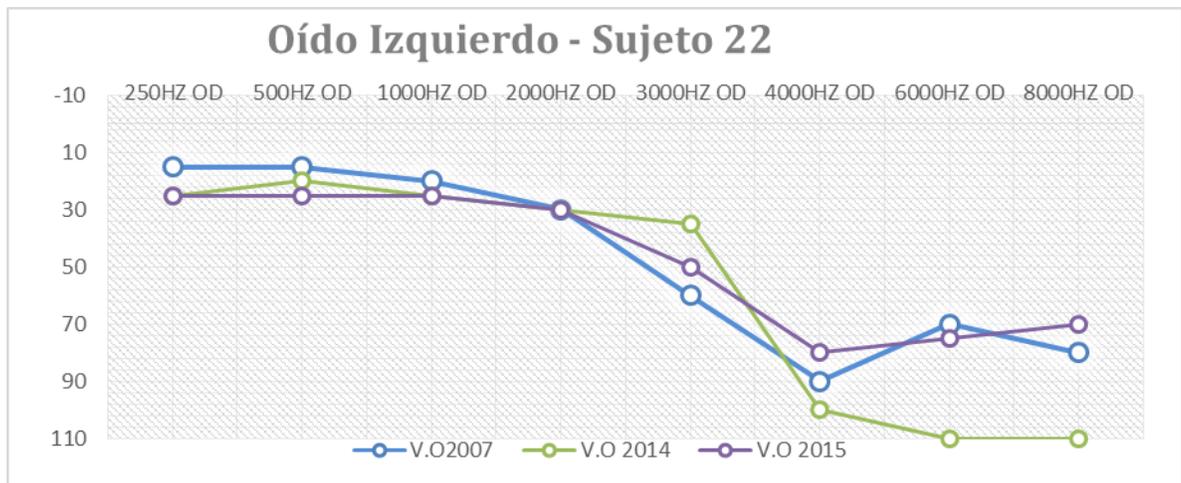


Figura 24. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 22

Interpretación:

El sujeto 22 lleva laborando 20 años y 11 meses en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el oído izquierdo durante los últimos años observándose una pérdida auditiva. En el año 2015 presenta una hipoacusia severa (80dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 HZ. Se calculó el porcentaje de pérdida auditiva del año 2015 encontrándose un 11,2% de pérdida auditiva en el oído izquierdo.

- **CASO: Sujeto 83**

Tabla 20. Resultados de audiometría O.D., sujeto Nro. 83

Oído Derecho. Sujeto 83		
V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
25	15	250HZ OD
25	15	500HZ OD
15	15	1000HZ OD
10	20	2000HZ OD
5	15	3000HZ OD
40	30	4000HZ OD
10	10	6000HZ OD
10	10	8000HZ OD

Tabla 21. Resultados de audiometría O.I., sujeto Nro. 83

Oído Izquierdo. Sujeto 83		
V.O 2014	V.O 2015	frecuencias
25	20	250HZ OD
35	20	500HZ OD
35	20	1000HZ OD
30	10	2000HZ OD
20	20	3000HZ OD
35	30	4000HZ OD
25	20	6000HZ OD
20	10	8000HZ OD

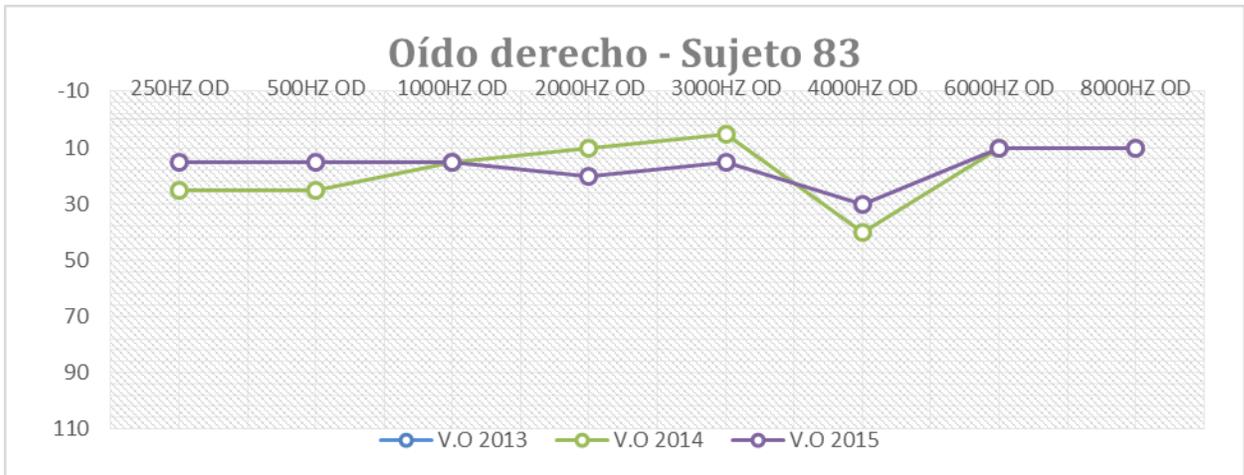


Figura25. Resultados de audiometrías O.D., sujeto 83

Interpretación:

El sujeto 83 lleva laborando 6 años en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el 2014 en el oído derecho observándose una hipoacusia leve (40dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 Hz.

En el año 2015 presenta una hipoacusia leve (30dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 HZ, evidenciándose que hay una disminución con respecto al 2014. La diferencia de las pruebas de audiometría del 2014 y 2015 fue de 10 dB. Cuando dos pruebas consecutivas tienen una diferencia mayor de 5 dB en cada frecuencia se consideran inconsistentes. Esta situación tiene una explicación, debido a que en ese año 2014 el sujeto 83 tenía otitis, otalgia, otorrea y acufenos, lo cual muestra que no estaba en condiciones óptimas para realizar un examen de audiometría.

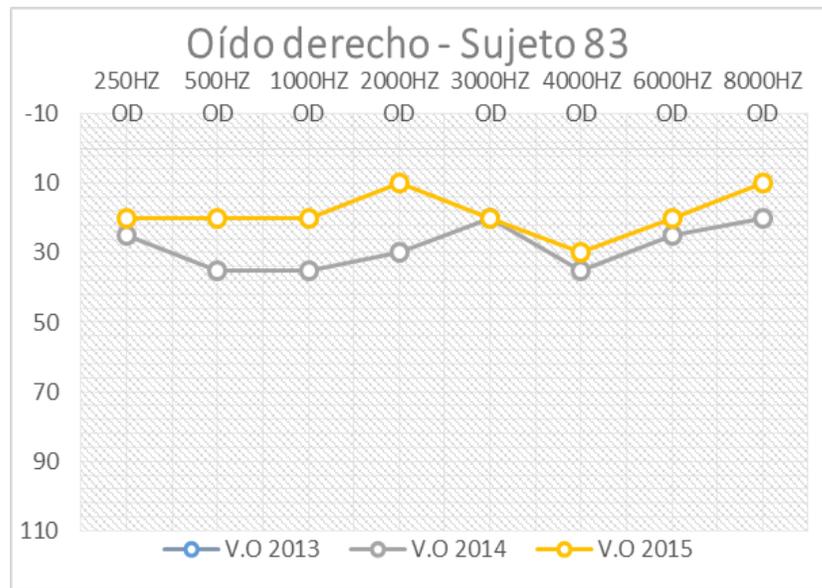


Figura26. Resultados de audiometrías O.I., sujeto 83

Interpretación:

El sujeto 83 lleva laborando 6 años en la empresa Recatam S.A.S.; se le realizó examen de audiometría en el año 2014 en el oído izquierdo observándose una hipoacusia leve (35dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 Hz. Se calculó el porcentaje de pérdida auditiva del año 2014 encontrándose un 7,5% de pérdida auditiva en el oído izquierdo.

En el año 2015 presenta una hipoacusia leve (30dB) en el rango de frecuencias de 3000 a 6000 HZ, evidenciándose que hay una disminución con respecto al 2014. La diferencia de las pruebas de audiometría del 2014 y 2015 fue de 5 dB. Cuando dos pruebas consecutivas tienen una diferencia mayor de 5 dB en cada frecuencia se consideran inconsistentes. Esta situación tiene una explicación, debido a que en ese año 2014 el sujeto 82 tenía otitis, otalgia, otorrea y acufenos, lo cual muestra que no estaba en condiciones óptimas para realizar un examen de audiometría.

6.2. Análisis estadístico e inferencial

De acuerdo al tamaño de muestra obtenido, se eligieron aleatoriamente, 83 trabajadores expuestos al factor de riesgo ruido en la actualidad, con el fin de aplicar las encuestas. De estos 83 trabajadores, se detectó que la muestra incluía 7 casos de los 11 conocidos que presentaban una posible hipoacusia neurosensorial inducida por ruido. De acuerdo a lo anterior, los trabajadores encuestados incluyeron:

- 76 trabajadores sanos
- 7 trabajadores presuntamente enfermos

A continuación se ilustran los resultados obtenidos en el estudio descriptivo de la población, realizado a través de la encuesta.

6.2.1. Descripción de la población

La descripción se realizó por medio del análisis de frecuencias extraídas en la encuesta aplicada a los trabajadores, utilizando el programa estadístico informático PASW Statistics 18.

6.2.1.1 Descripción de la edad

La edad de los trabajadores estudiados en la empresa RECATAM S.A.S está entre los 18 y los 62 años con una media de 36,53 años y una desviación estándar de 12,138.

La agrupación por edades muestra que los grandes grupos corresponden a los jóvenes menores de 24 años y los hombres entre 41 y 48 años, cada uno con un 24,1%, seguido de los trabajadores entre 33 y 40 años de edad con un 19,3%.

Tabla 22. Frecuencias de edad por intervalos

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	18-24	20	24,1	24,1	24,1
	25-32	12	14,5	14,5	38,6
	33-40	16	19,3	19,3	57,8
	41-48	20	24,1	24,1	81,9
	49-56	11	13,3	13,3	95,2
	57-64	4	4,8	4,8	100,0
	Total	83	100,0	100,0	

Como se observa en la siguiente gráfica, los grupos de mayor edad, es decir personas mayores a 49 años; reúnen el 18,1% de la población encuestada.

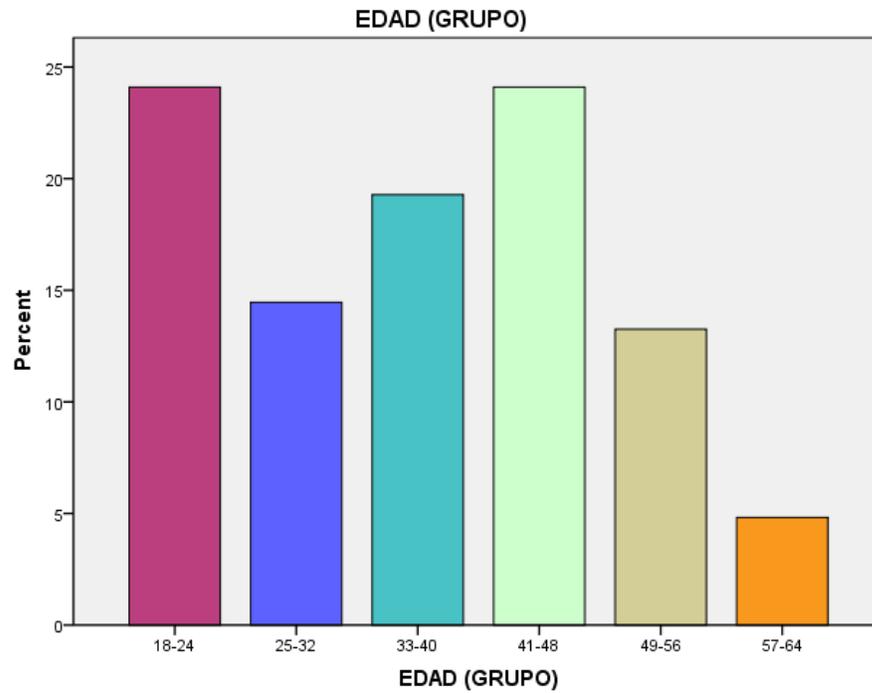


Figura 27. Distribución de la edad de los trabajadores.

Se obtuvo además los percentiles 25, 50 y 75 de la población estudiada, en estos se observa que el 50% de la población tiene menos de 38 años, lo cual indica que podrían estar expuestos al ruido ocupacional por lo menos unos 20 años más, si se tiene en cuenta la edad de jubilación.

Tabla 23. Percentiles de la edad de los trabajadores

N	Valid	83
	Missing	0
Percentiles	25	25,00
	50	38,00
	75	47,00

6.2.1.2. Descripción de los ingresos

Los ingresos reportados por los trabajadores muestran que 71,1% de los trabajadores reciben 1 salario mínimo, mientras que el resto de los trabajadores (28,9%) tienen ingresos que se encuentran entre 1 y 1,5 SMMLV.

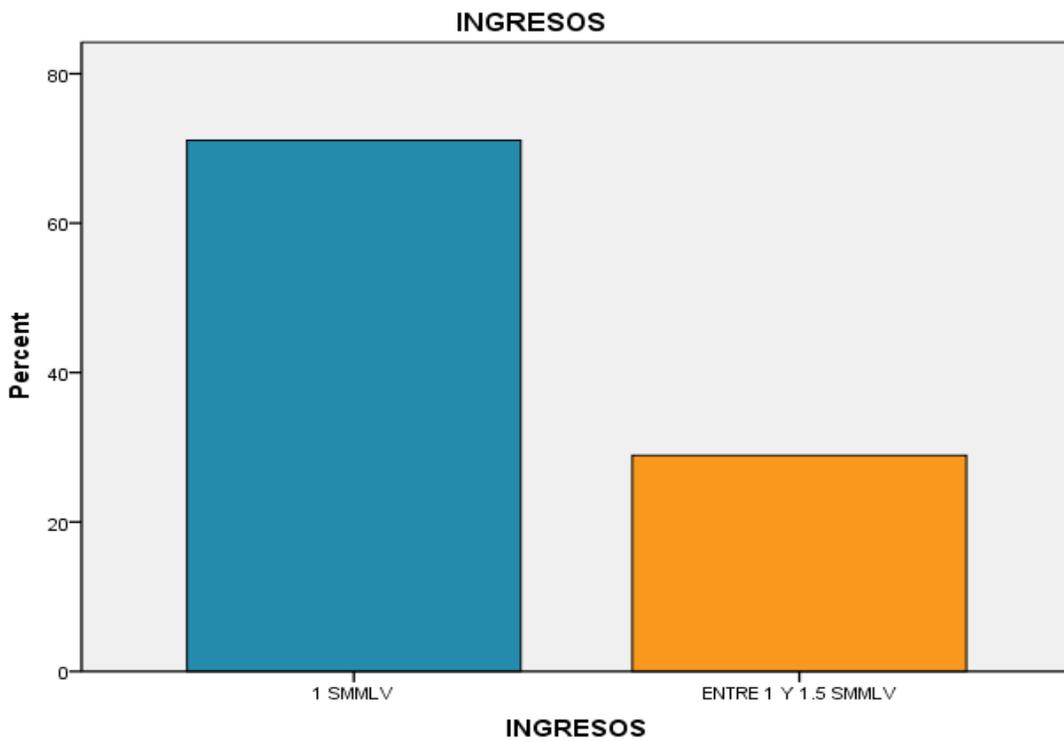


Figura 28. Distribución de ingresos de los trabajadores.

6.2.2.3 Descripción de los estilos de vida

Adicionalmente, se analizaron otros aspectos de la población trabajadora de la empresa RECATAM S.A.S, como estilos de vida. Se encontró que el 67,5% de los trabajadores encuestados practica algún tipo de deporte como mínimo una vez a la semana. Cuando se les preguntó acerca del consumo de tabaco, el 68,7% de los encuestados manifestó no fumar, el 18,1% dijo ser un fumador ocasional y el restante 13,3% fuma de manera frecuente. A continuación se ilustran las gráficas de frecuencia para cada variable mencionada:

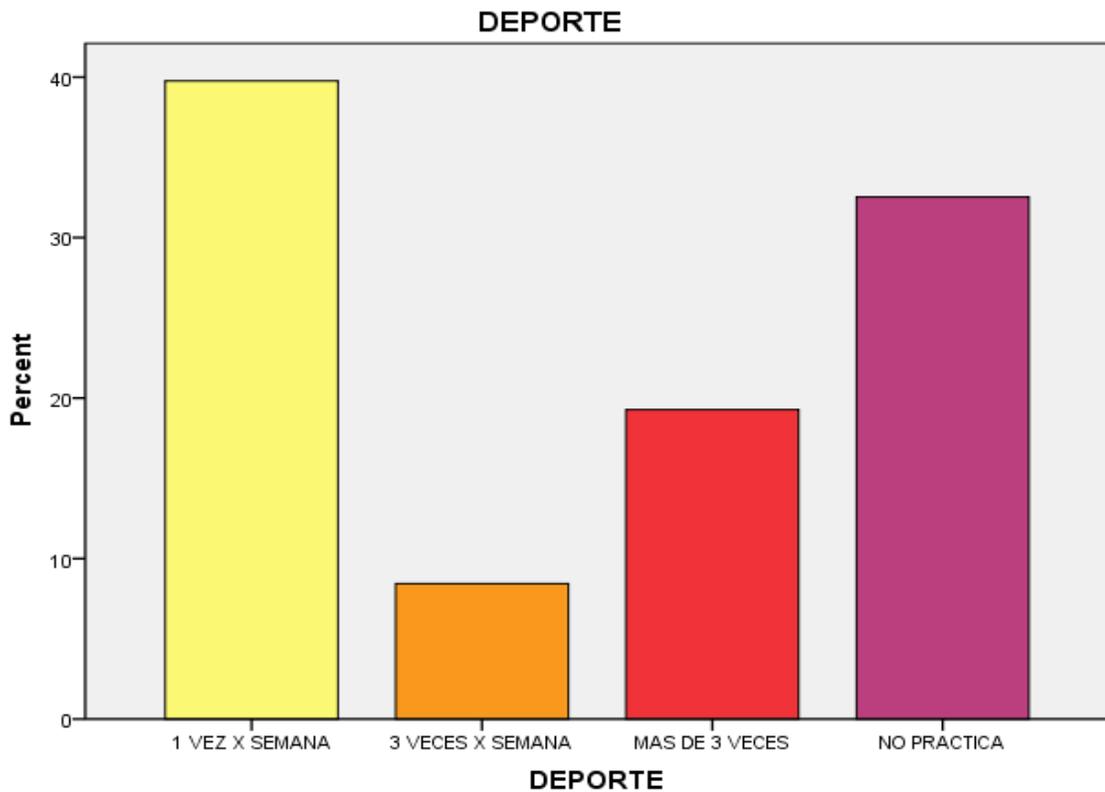


Figura 29. Frecuencia de actividad física de los trabajadores.

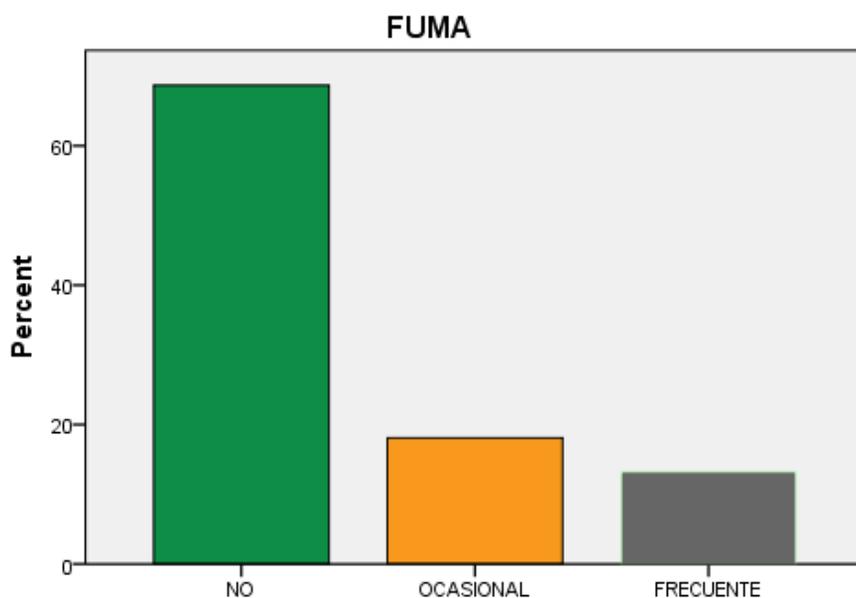


Figura 30. Distribución de consumo de tabaco en los trabajadores.

El consumo de sustancias alucinógenas es confirmado por el 6% de los trabajadores encuestados. Respecto al consumo de alcohol, el 54,2% de los trabajadores manifestó consumir alcohol de forma ocasional y solo un 2,4% dice consumir alcohol de manera frecuente.

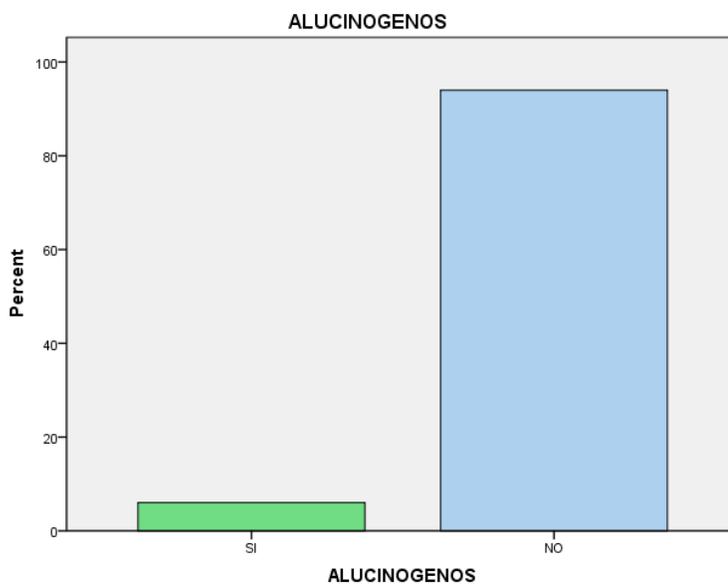


Figura31. Distribución de consumo de alucinógenos en los trabajadores

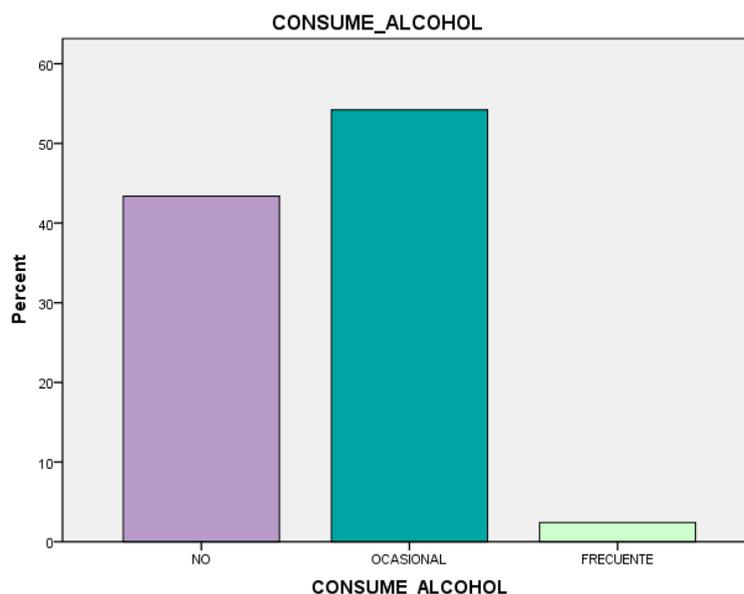


Figura 32. Distribución del consumo de alcohol en los trabajadores.

6.2.2. Análisis de variables confusoras

Como parte del análisis estadístico realizado para determinar la relación causal entre la exposición al ruido en la empresa RECATAM S.A.S. y los casos de posible HNIR encontrados, se describió la exposición extra laboral al ruido de la población estudiada.

A los encuestados se les preguntó acerca de las molestias que perciben cuando se encuentran en el hogar por causa del ruido urbano en los barrios donde residen, el 77,11% manifestó no sentir ninguna molestia por el ruido percibido entre semana y el 65,06 % dijo no afectarle los fines de semana; un porcentaje menor de encuestados manifestó que sí le afectaba el ruido del barrio; el 13,25% durante la semana y el 10,84% durante los fines de semana.

A continuación se ilustra gráficamente dichas distribuciones:

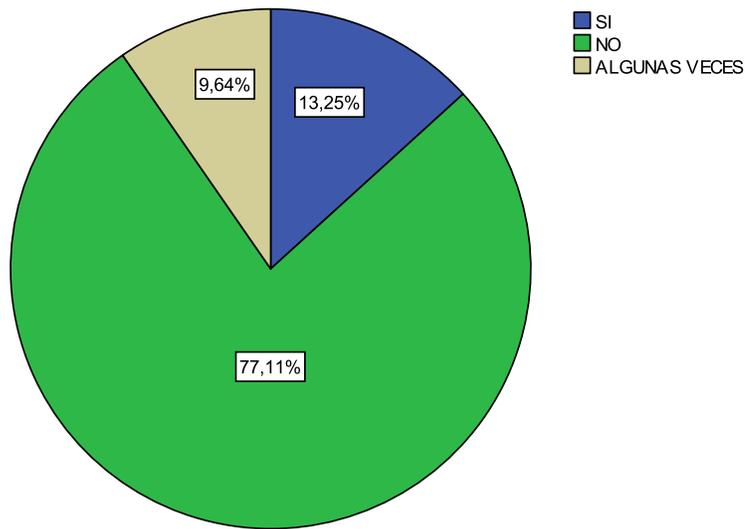


Figura 33. Molestias por el ruido en barrio en semana

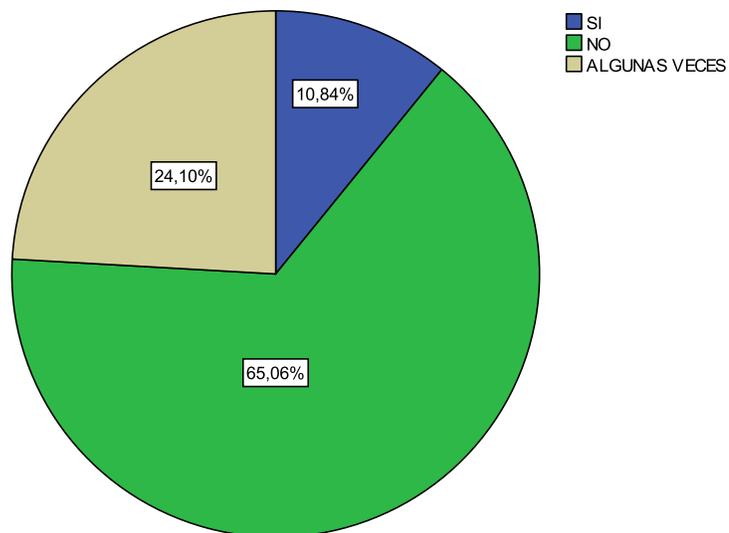


Figura 34. Molestias por el ruido en el barrio los fines de semana

Otras preguntas enfocadas a la exposición al ruido en ambientes diferentes al trabajo estaban relacionadas con la presencia de vehículos pesados, empresas de manufactura, discotecas o centros recreativos cerca del hogar. El 69,88% de los encuestados manifestó que había una

fuerte presencia de vehículos pesados en el área cercana a su lugar de residencia, mientras que el 30,12% dijo que no se percibían molestias debido al tráfico de automotores. Por otra parte, un 10,84% de los encuestados declaró que habitaban en zonas de alta presencia de industrias que generaban niveles de ruido considerables.

A continuación se ilustra gráficamente dichas distribuciones:

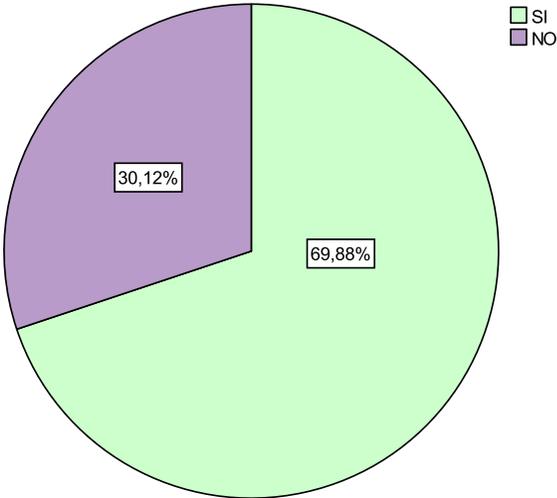


Figura 35. Presencia de vehículos pesados en el barrio

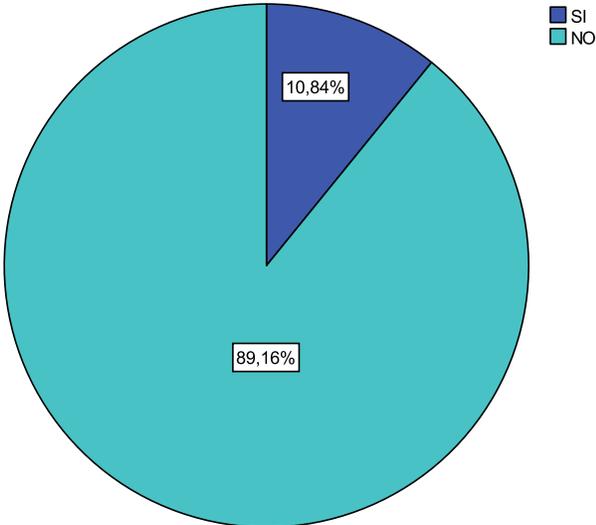


Figura 36. Presencia de empresas ruidosas en el barrio

Así mismo, a la pregunta relacionada con la presencia de bares, discotecas o lugares recreativos cerca del lugar de residencia, el 85,54% (correspondiente a 71 personas), de los encuestados respondió que no, el resto (14,46%) respondió que sí, lo cual es una cifra que muestra la falta de controles en las ciudades para evitar la masificación de este tipo de lugares, principalmente en zonas densamente urbanizadas.

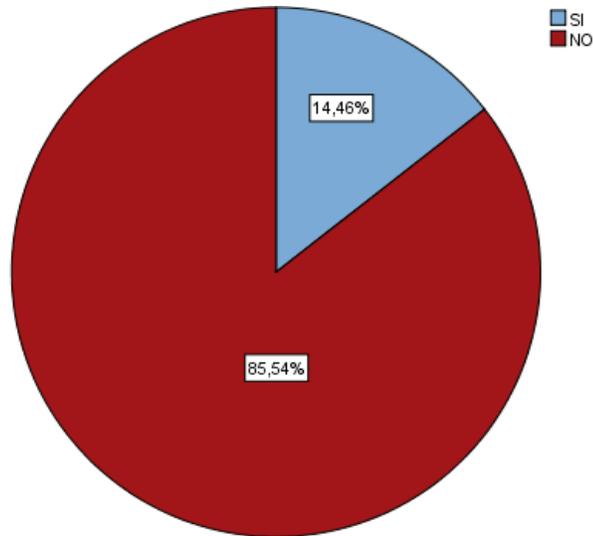


Figura 37. Presencia de discotecas y centros recreativos en el barrio.

Igualmente, a través de la encuesta se preguntó a los participantes si el ruido percibido en el lugar de residencia les causaba molestia a la hora de conciliar el sueño, a lo que el 79,90% respondió que no, mientras que el restante 24,1% (correspondiente a 20 sujetos) respondieron que sí les molestaba. Adicionalmente, afirman que el nivel de ruido en el barrio era tan fuerte que les molestaba para tener una conversación o les impedía llevar una conversación normal (sin necesidad de alzar la voz). Aunque la mayoría de los encuestados (87,95%) respondieron que no les molestaba el ruido del barrio para realizar dicha acción.

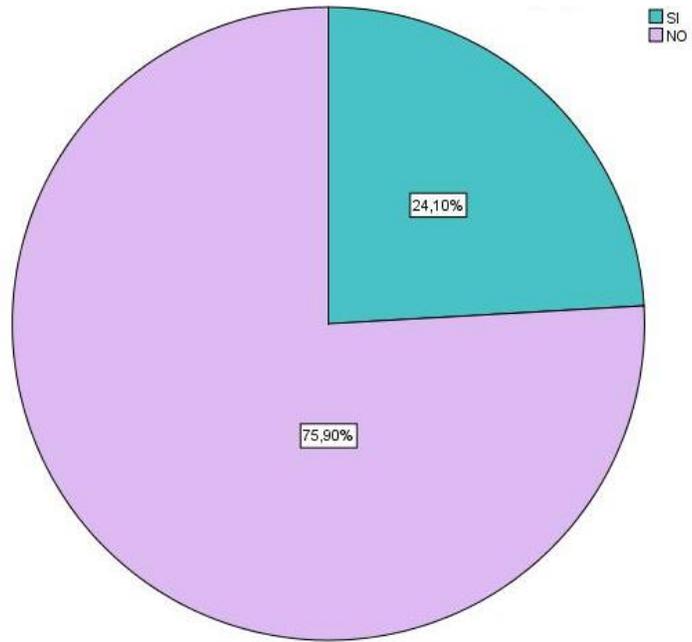


Figura 38. Presencia de ruido que impide conciliar el sueño

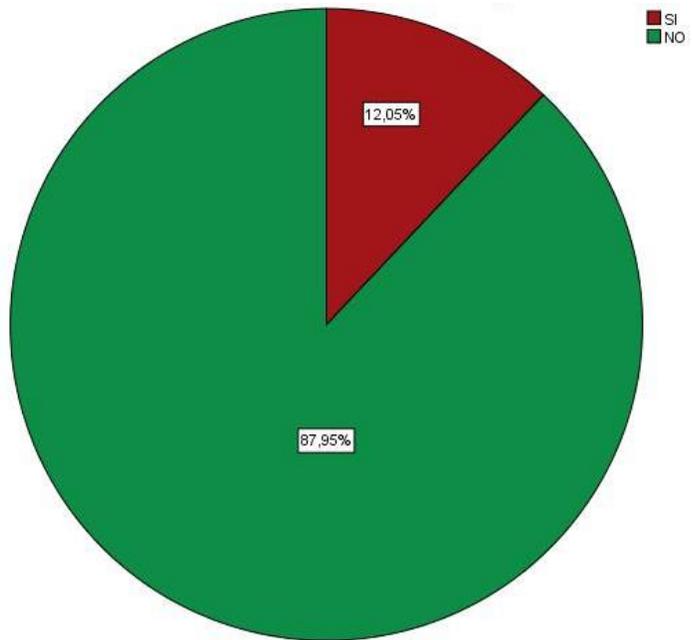


Figura 39. Presencia de ruido que impide entablar una conversación normal

Por otra parte, se consultó acerca de los hábitos de vida o exposición voluntaria o recreativa a altos niveles de ruido, como escuchar música a alto volumen o utilizar de forma prolongada audífonos. Figueroa Hernández DD, González Sánchez DF (25), manifiestan que se han estudiado los efectos de la exposición al ruido recreativo en los adolescentes y concluyeron que el uso excesivo, tanto en volumen como en tiempo, de un reproductor de audio personal provoca pérdida de la audición.

El 21,69% de los encuestados normalmente escucha música a alto volumen, mientras 15,66% reveló que algunas veces lo hace, es decir, no es algo que realicen de forma frecuente. Al contrario, el 62,65% de los encuestados dijo no escuchar música a alto volumen.

Tabla 24. Frecuencias de presencia del hábito de escuchar música a alto volumen

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid SI	18	21,7	21,7	21,7
NO	52	62,7	62,7	84,3
ALGUNAS VECES	13	15,7	15,7	100,0
Total	83	100,0	100,0	

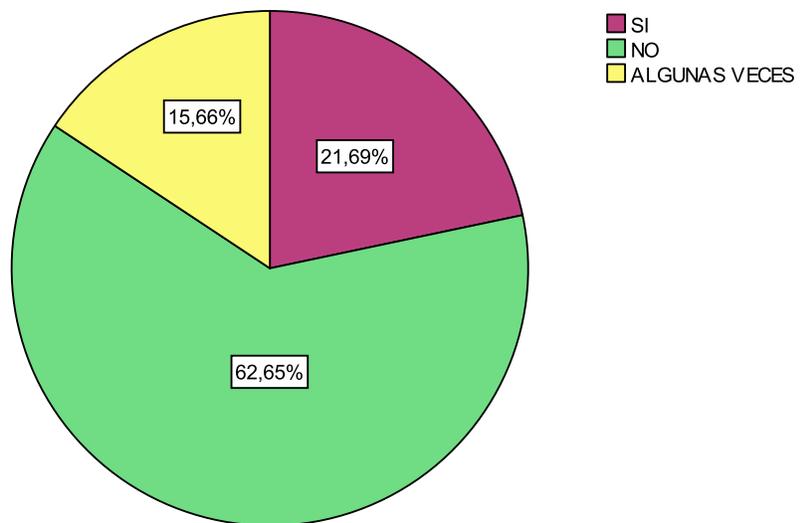


Figura 40. Porcentaje de trabajadores que escuchan música a alto volumen

Se les preguntó a los participantes de la encuesta la frecuencia con la que escuchaban música utilizando audífonos o auriculares de dispositivos mp3 o celulares; solo un 38,55% de los encuestados respondió que no utiliza este tipo de dispositivos, mientras que el 47% manifiesta utilizarlos menos de una hora al día y un 10,84 % dice usarlos entre 1 y 4 horas al día.

Figura 41. Frecuencia con que utiliza audífonos

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid MENOS DE 1 HORA DIARIA	39	47,0	47,0	47,0
ENTRE 1 Y 4 HORAS DIARIAS	9	10,8	10,8	57,8
MÁS DE 4 HORAS DIARIAS	3	3,6	3,6	61,4
NO UTILIZA	32	38,6	38,6	100,0
Total	83	100,0	100,0	

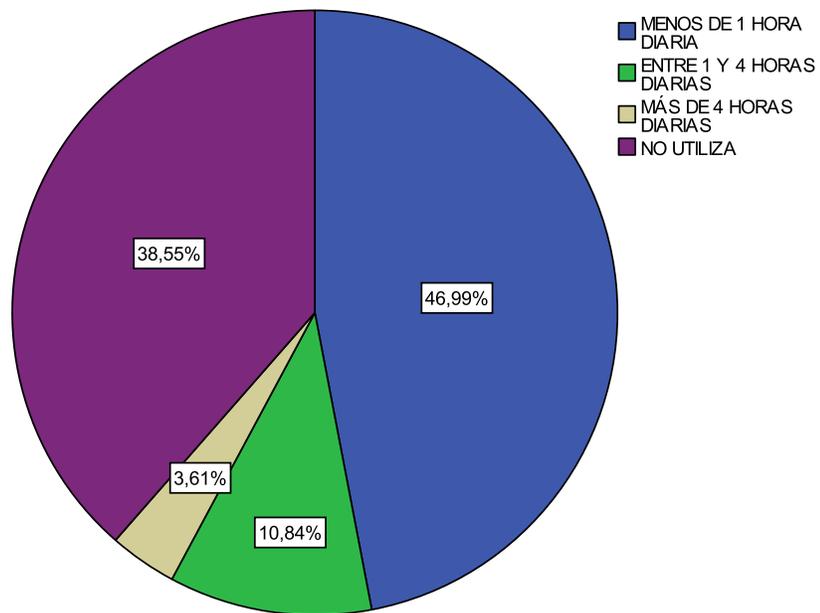


Figura 42. Frecuencia con que utiliza audífonos

Finalmente, se les consultó a los empleados si asistían frecuentemente a eventos masivos, conciertos o festivales donde se percibían altos niveles de ruido; el 68,7% de los encuestados dijo que no, mientras que el 24,1% dijo que asistía a este tipo de eventos de forma no muy frecuente, solamente el 7,2% respondió que sí a la pregunta.

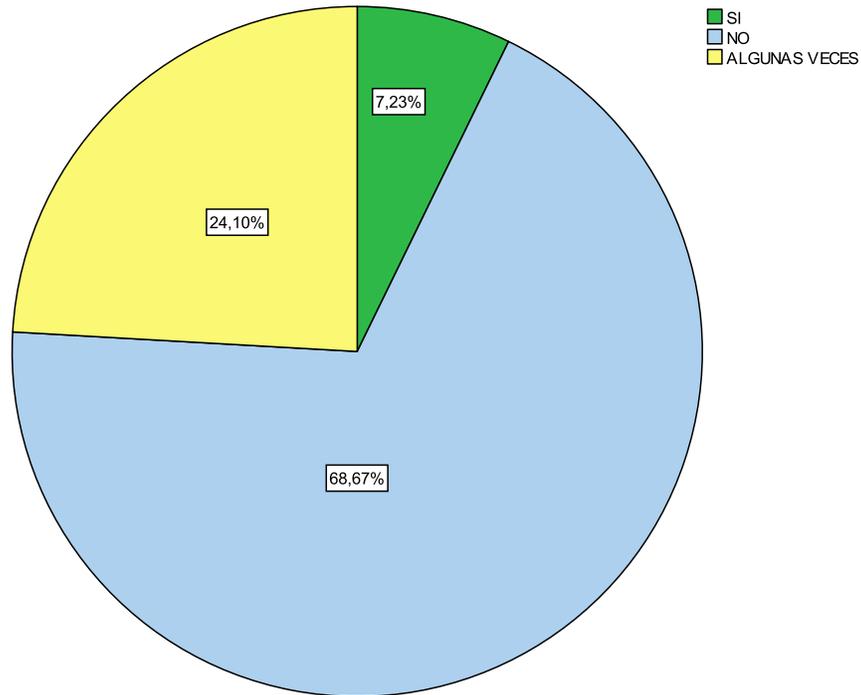


Figura 43. Porcentaje de trabajadores que asisten a concierto o eventos masivos ruidosos

6.2.3. Análisis de síntomas percibidos

El ruido, como se mencionó en el marco teórico de la presente investigación, puede afectar de forma conjunta y simultánea a muchos de los sistemas y procesos del ser humano; por tal motivo, se consultó a través de la encuesta cuáles eran los síntomas percibidos por los trabajadores de la empresa, que han sido reconocidos en otras investigaciones y que tengan alguna relación causal con la exposición al factor de riesgo en el ambiente de trabajo en el cual desempeñan su labor. Aunque el objetivo principal del presente trabajo no es establecer una relación causal entre los síntomas extra auditivos percibidos por los trabajadores y la exposición al ruido en la empresa, es importante

realizar una descripción de los mismos, con el fin de definir las recomendaciones a la empresa para el control de dicho factor de riesgo. Algunos investigadores han encontrado que la exposición al ruido puede generar una reducción de secreción gástrica y de saliva lo que causa cierta disminución de la velocidad de la digestión y que en la exposición más prolongada puede llevar a alteraciones de la función intestinal. A la pregunta realizada acerca de la gastritis el 8,43% de los encuestados respondió que sí sufrían de esta enfermedad.

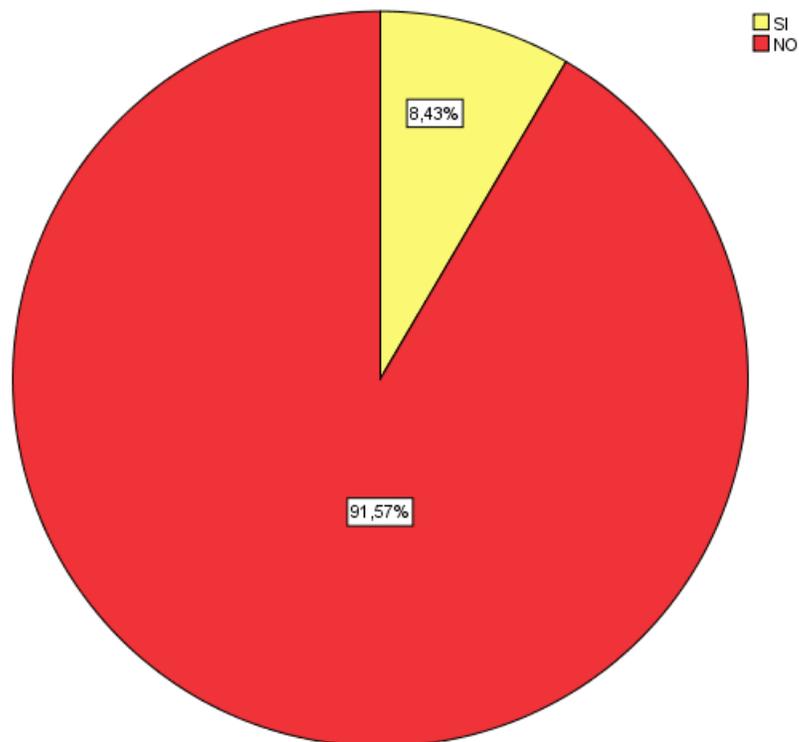


Figura 44. Porcentaje de trabajadores con síntomas de gastritis.

Igualmente, se preguntó a los trabajadores si poseían alteraciones de la presión sanguínea, puesto que hay evidencia de problemas del sistema cardiovascular en sujetos altamente expuestos a ruido; el 9,64% manifestó sufrir de hipertensión o hipotensión; mientras que la mayoría de la población (90,36%) equivalente a 75 individuos no presenta la enfermedad.

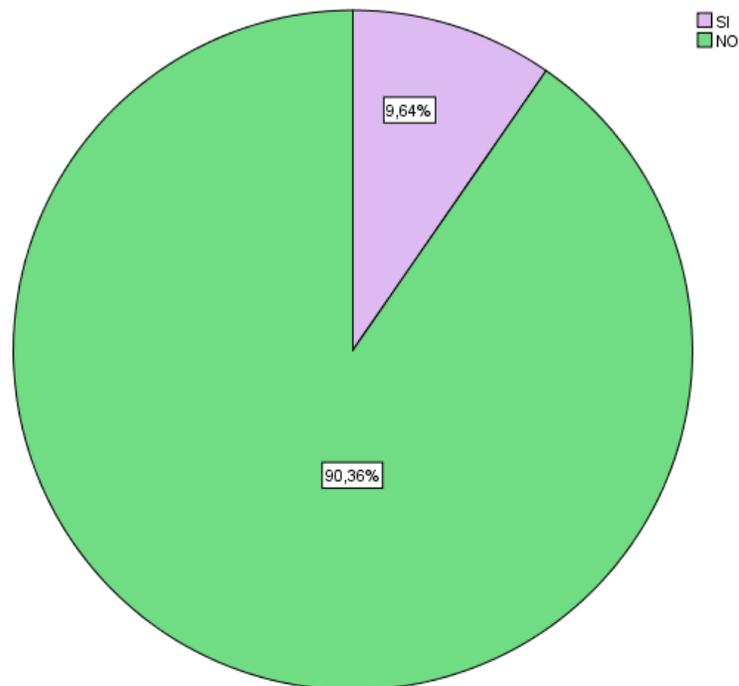


Figura 45. T Porcentaje de trabajadores con alteraciones cardiovasculares.

Se analizaron también algunos efectos psicosociales, los cuales producen consecuencias que pueden estar acompañadas de síntomas físicos; además, pueden alterar la vida de una persona, perturbándola e incidiendo en las relaciones con su medio; entre las más comunes están las alteraciones del sueño, el estrés, merma de la concentración y la dificultad para la comunicación.

A los trabajadores encuestados se les preguntó si tenían dificultad para conciliar el sueño, el 57,8% respondió que no; sin embargo una proporción importante de los trabajadores (26,5%) respondieron que algunas veces en la semana no podían conciliar el sueño; así mismo, el 15,7% equivalente a 13 trabajadores, manifestaron tener problemas para descansar durante la noche.

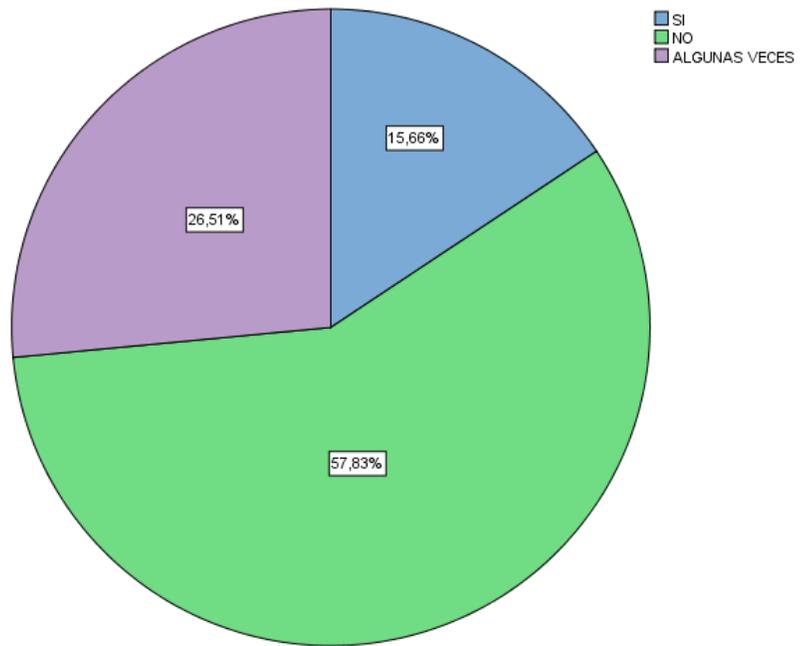


Figura 46. Porcentaje de trabajadores con dificultad para dormir

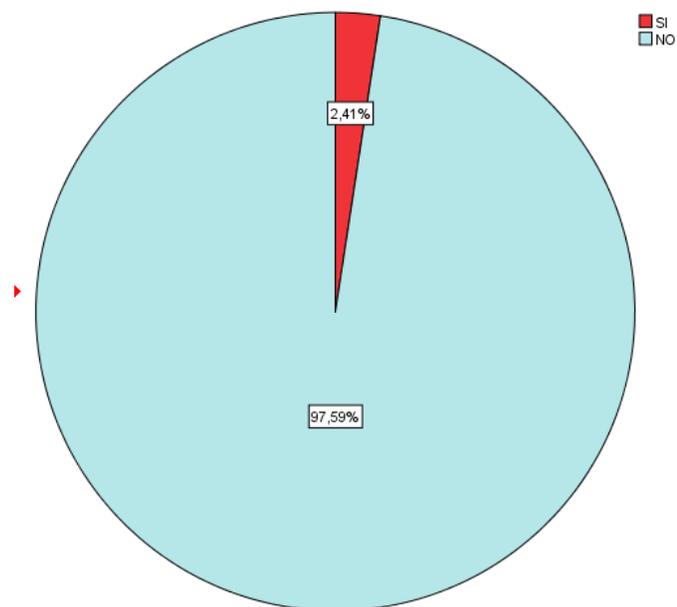


Figura 47. Porcentaje de trabajadores con irritabilidad constante

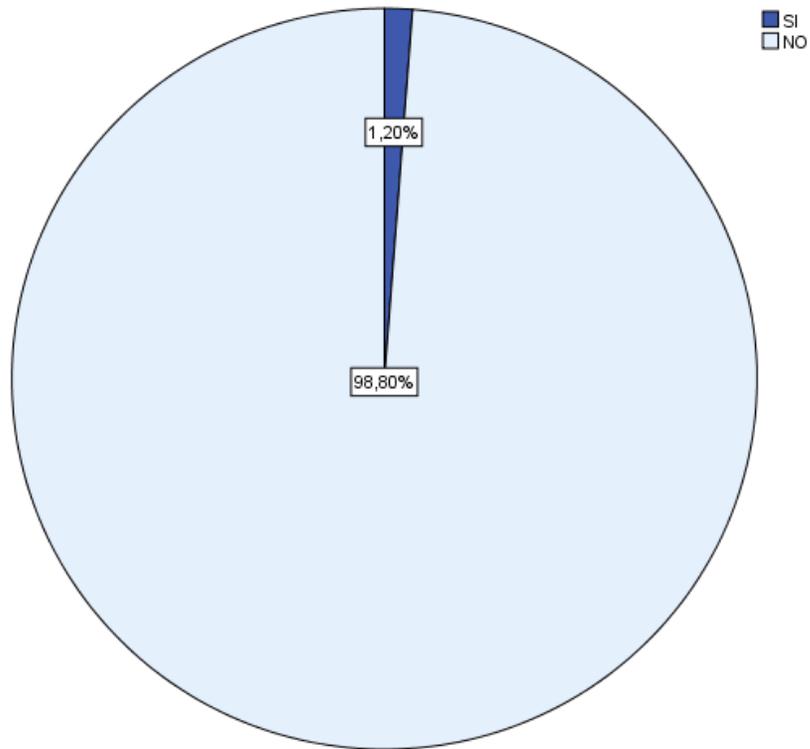


Figura 48. Porcentaje de trabajadores con depresión

Cuando se les preguntó acerca de la afectación en la concentración para el desarrollo de las tareas u oficios desarrollados en la empresa, la mayoría (68,67 %) respondieron que el ruido no les ocasiona problemas de concentración; en menor medida, el 7,23% de los trabajadores manifestó que en algunas ocasiones les costaba concentrarse; finalmente, una importante proporción de los trabajadores (24,10%) declaró que el ruido los desconcentraba en los quehaceres de la jornada.

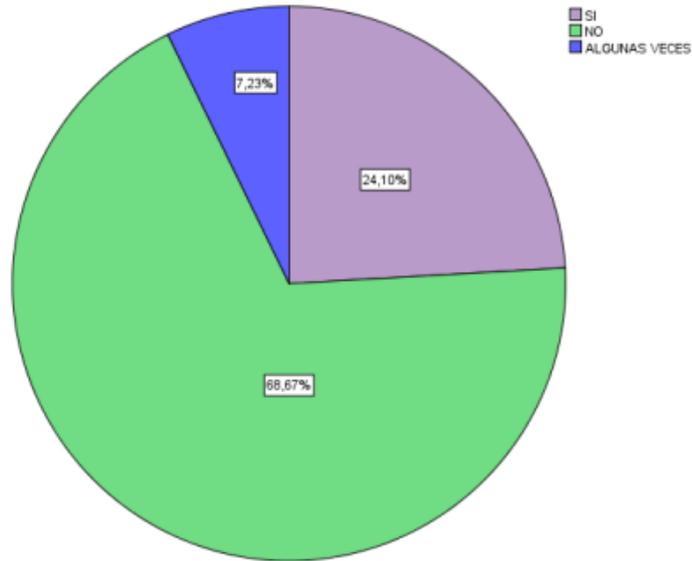


Figura 49. Porcentaje de trabajadores con dificultad para concentrarse durante la jornada laboral

También se les preguntó a los empleados si el ruido percibido en la empresa afectaba la comunicación entre ellos. Es importante analizar esta variable puesto que la eficiencia en el desarrollo de los procesos en una cadena productiva puede verse afectada por errores en la transmisión de la información de un empleado a otro, así mismo, se pueden producir accidentes por deficiencias comunicativas entre las personas que desarrollan la actividad. Aproximadamente la mitad (50,6%) de los trabajadores encuestados manifiestan no verse afectados por esta condición; un grupo considerable (31,33%) afirman tener dificultades de comunicación debido a los altos niveles de ruido en la empresa; finalmente, el 18,07% de los trabajadores declara que algunas veces el ruido puede tener influencias negativas para la comunicación laboral.

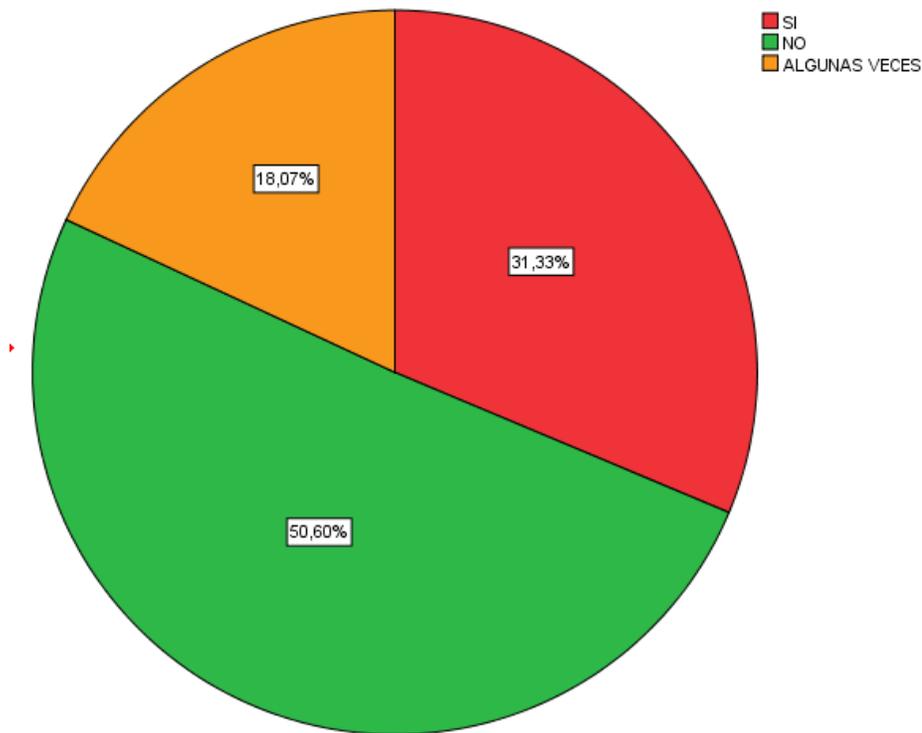


Figura 50. Porcentaje de trabajadores con dificultad para comunicarse durante la jornada laboral

Una exposición continua y prolongada a sonidos o ruidos muy fuertes puede ocasionar la presencia de zumbidos en los pabellones auditivos, algunas personas asocian este fenómeno a la aparición de migrañas y dolores de cabeza, razón por la cual se les preguntó acerca del padecimiento de esta patología. El 10,84% de los encuestados manifiesta tener dolores de cabeza frecuente, lo cual corresponde a 9 individuos. El resto de los trabajadores (89,16%) declara no presentar esta dolencia, al menos con no con una frecuencia apreciable.

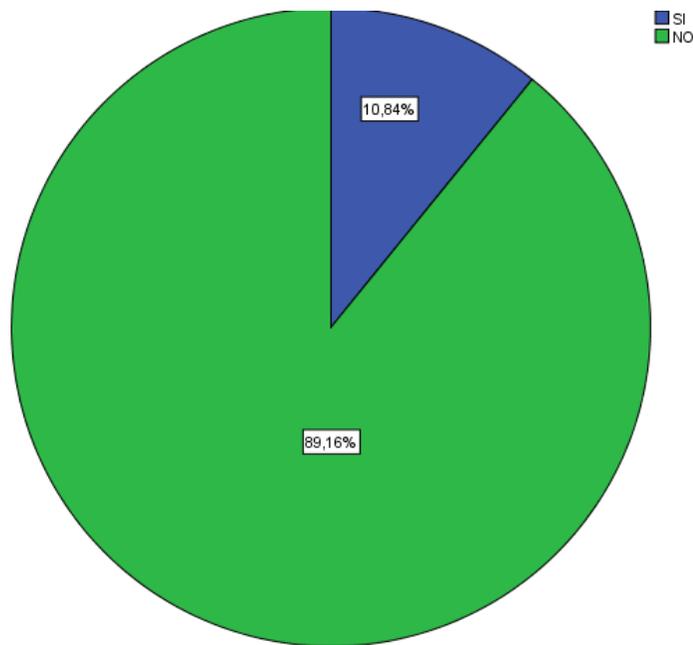


Figura 51. Porcentaje de trabajadores con dolores de cabeza frecuentes.

6.2.4. Regresión Logística

Se realizó la descripción de cada una de las variables que fueron utilizadas en el modelo de regresión logística. Tanto la variable dependiente (cualitativa dicotómica), como las variables explicativas o independientes.

6.2.4.1. Variables incluidas en la regresión logística.

Posible HNIR

La variable dependiente POSIBLE HNIR, se describe por medio de un gráfico de sectores o pie, el 8,4% de los sujetos evaluados conforman el grupo de Casos lo que corresponde a 7 personas, que fueron identificadas con las audiometrías tamiz que la empresa había realizado en años anteriores; el 91,6% de la muestra correspondiente a 76 trabajadores, conforman el grupo Controles y son individuos que no

reportan en su historia laboral y clínica algún tipo de alteración de la capacidad auditiva.

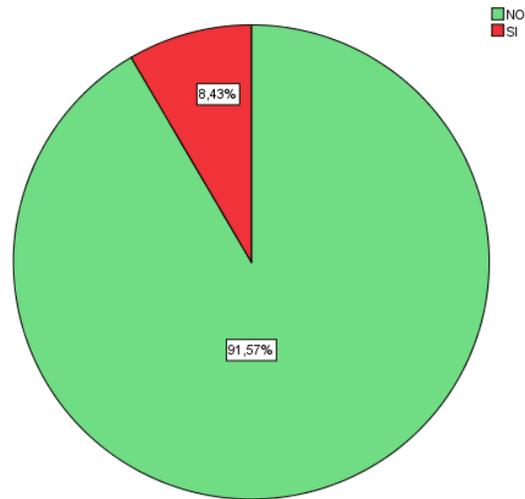


Figura 52. Porcentaje de trabajadores con posible HNIR

Edad

La edad de los trabajadores de la empresa está comprendida entre los 18 y 62 años, con una media de 36,53 años y una desviación estándar de 1,332.

Tabla 25. Distribución de la edad de los casos presentes en la muestra

N	Valid	83
	Missing	0
Mean		36,53
Median		38,00
Mode		42 ^a
Std. Deviation		12,138
Variance		147,325
Range		44
Minimum		18
Maximum		62

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

El rango de edad de los sujetos estudiados es 44 años y los identificados con posible HNIR se encuentran en edades superiores a los 35 años.

Exposición

La variable EXPUESTO_FR se codificó como Expuesto=1, No Expuesto=0; dicha variable se construyó utilizando los mapas de ruido que surgieron como parte del análisis de las sonometrías de los años 2012 y 2014. Se les preguntó a los individuos en qué áreas de la compañía habían trabajado por largos periodos durante su permanencia en la empresa, con la ayuda de un mapa base que ilustraba los diferentes procesos llevados a cabo en esas instalaciones.

De los 83 trabajadores que conforman la muestra, se evidenció que el 49,4% (41 individuos) estuvieron trabajando en áreas donde los niveles de presión sonora medidos sobrepasan los 90 dB(A); mientras que el resto de los trabajadores (50,6%) se encontraban en lugares o procesos donde se registran valores de ruido por debajo de 89 dB(A).

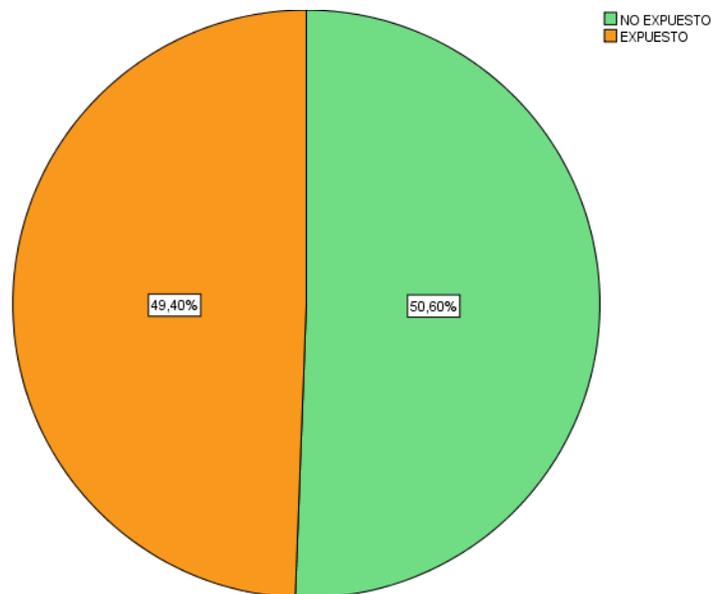


Figura 53. Porcentaje de trabajadores expuestos y no expuestos

Tiempo trabajado

El efecto de daño por ruido está relacionado con la duración del tiempo de exposición, como se mencionó en el marco teórico del presente trabajo de grado, la lesión se desarrolla en los primeros años de exposición y puede continuar aún después de cesar la exposición a ruido.

En la encuesta realizada se preguntó el tiempo de permanencia en la compañía en meses. La media es 64 meses, con una desviación estándar de 5,1; la moda es dos años. El tiempo mínimo de permanencia se estableció como un criterio de exclusión y corresponde a un año, mientras que el empleado más antiguo de la compañía tiene casi 21 años laborados.

A continuación se presentan los estadísticos para la variable.

Tabla 26. Distribución de tiempo laborado en meses

N	Valid	83
	Missing	0
Mean		64,00
Std. Error of Mean		5,102
Median		53,00
Mode		24
Std. Deviation		46,484
Variance		2160,732
Minimum		12
Maximum		251

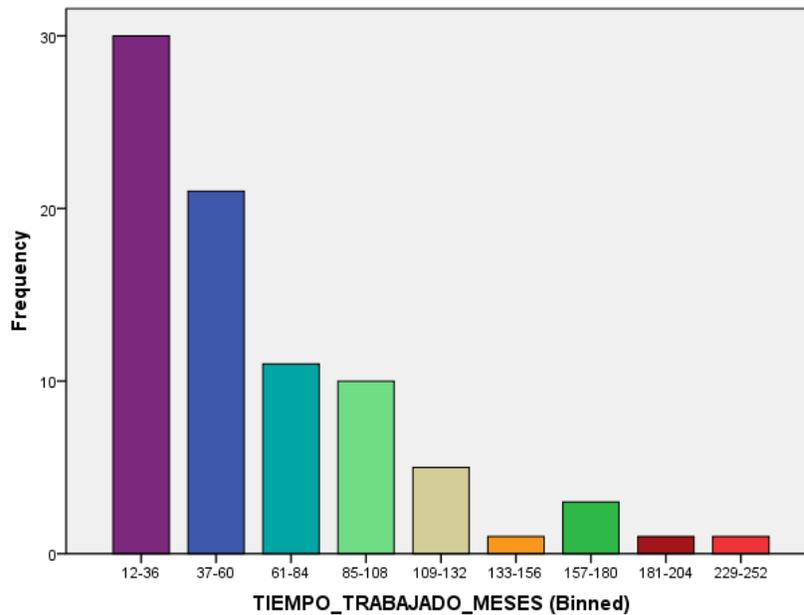


Figura 54. Tiempo laborado en meses

6.2.4.2 Resultados Regresión logística

- **Tabla de Clasificación**

Se verificó a través de la Tabla de Clasificación qué porcentaje de individuos clasifica correctamente el modelo. El valor obtenido es 91,6%, el cuál es adecuado, puesto que se aceptan modelos que clasifiquen correctamente alrededor del 70%.

Tabla 27. Porcentaje de clasificación de la muestra

Observed		Predicted		
		POSIBLE HNIR		Percentage Correct
		NO	SI	
Step 0	POSIBLE HNIR NO	76	0	100,0
	SI	7	0	,0
Overall Percentage				91,6

a. Constant is included in the model. b. The cut value is, 500.

Se consideró el modelo de regresión para analizar la probabilidad de desarrollar HNIR en la empresa RECATAM S.A.S., con base a la contribución de los siguientes factores de riesgo: Exposición al Ruido, Tiempo Trabajado en la Empresa y Edad.

Tabla 28. Variables en la ecuación

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	
							Lower	Upper
Step 1 ^a EXPUESTO_FR(1)	,346	,448	,598	1	,439	1,414	,588	3,401
EDAD	,110	,053	4,378	1	,036	1,116	1,007	1,238
TIEMPO_TRABAJADO_MESES	,007	,008	,899	1	,343	1,007	,992	1,023
Constant	-7,752	2,510	9,536	1	,002	,000		

a. Variable(s) entered on step 1: EXPUESTO_FR, EDAD, TIEMPO_TRABAJADO_MESES.

Los coeficientes β expresan el logaritmo Neperiano del Odds Ratio (OR) para cada factor de riesgo X por tanto el OR se estima a partir de la fórmula: $OR = \text{antilog}(\beta_i) = e^{\beta_i}$.

La tabla anterior muestra los valores para Exp(B) los cuales corresponden a los OR de cada variable independiente con intervalo de confianza al 95%. Según lo anterior, el riesgo de padecer HNIR en la empresa es 1,4 veces mayor si se está expuesto a altos niveles de ruido. De igual forma, puesto que los intervalos del nivel de confianza para las variables TIEMPO_TRABAJADO_MESES y EXPUESTO_FR, incluyen el valor 1, se infiere que dichas variables no relacionan de forma significativa los casos de posible HNIR que fueron identificados en la empresa.

Por otra parte, la variable EDAD no incluye el valor 1, por tanto, indica que es uno de los factores que podrían estar relacionados con la Posible HNIR en los trabajadores.

Posteriormente se confeccionó el valor predictivo del modelo en su conjunto, Fiuza & Rodríguez (24) recomiendan que para ello se parta de la siguiente ecuación:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

$$Z = \ln(odds)$$

La primera cifra corresponde a la constante del modelo ($\beta_0 = -7,752$) y las variables independientes (X_i) Edad, Tiempo trabajado y expuesto al factor de riesgo. Para las variables mencionadas anteriormente tendremos:

$$\ln(Odds) = -7,288$$

$$Odds = \text{antilog}(-7,288) = e^{(-7,288)}$$

$$Odds = 0,0006837$$

$$p = odds / 1 + odds$$

$$p = 0,00068323$$

La ecuación predice un riesgo del **0,0683%** de padecer Hipoacusia neurosensorial inducida por ruido (HNIR) en aquellos trabajadores que presenten los factores de riesgo de las variables explicativas.

6.3. Intervención del proceso de pulido de bidones metálicos

Las intervenciones realizadas en el proceso de pulidos de bidones metálicos, de la empresa Recatam S.A.S. se realizaron en diferentes etapas, comenzando con la fuente, con el fin de disminuir o eliminar el ruido generado en la herramienta. A continuación se ilustran las diferentes intervenciones realizadas.

6.2.1 Fuente: Herramienta de pulido neumática

Se realizó la intervención de la herramienta utilizada para pulir la superficie de los tambores, por medio de la instalación de un silenciador en la salida de aire de la Pulidora Neumática. Como se indicó en

metodología del presente trabajo (numeral 5.4.1), la herramienta nueva cuenta con un dispositivo silenciador (de fábrica), construido en plástico, el cual se deteriora fácilmente debido al uso de la herramienta. En octubre del 2015, cuando se realizó la primera inspección al proceso de pulido de bidones metálicos, se evidenció que varias pulidoras no contaban con este dispositivo, y en algunos casos se encontraba reemplazado por otro tipo de elementos, como tapas plásticas de gaseosa o tapones de PVC.



Figura 55. Herramienta con dispositivo silenciador, original

Con el acompañamiento del departamento de Innovación y Mantenimiento de la empresa RECATAM S.A.S. se realizó una búsqueda de posibles alternativas para disminuir el ruido que generaba la herramienta cuando no contaba con el dispositivo silenciador.

Se tomó la decisión de acoplar a la herramienta de pulido un dispositivo que permitiera la salida del aire (y por ende, una parte del ruido y aceite lubricante de la máquina) a través de un conducto hacia el exterior de la empresa, para esto, el dispositivo tenía que ser construido en un material rígido, fácil de trabajar y económico.

Se consultó a la empresa Equipos neumáticos ALFA, quienes construyeron un dispositivo en cobre, el cual consiste en un cilindro con una salida (macho) roscada de 3/8", el cual va conectado a una manguera de caucho de baja presión de 1/2" por medio de un acople doble (hembra), como se ilustra en las gráficas siguientes:

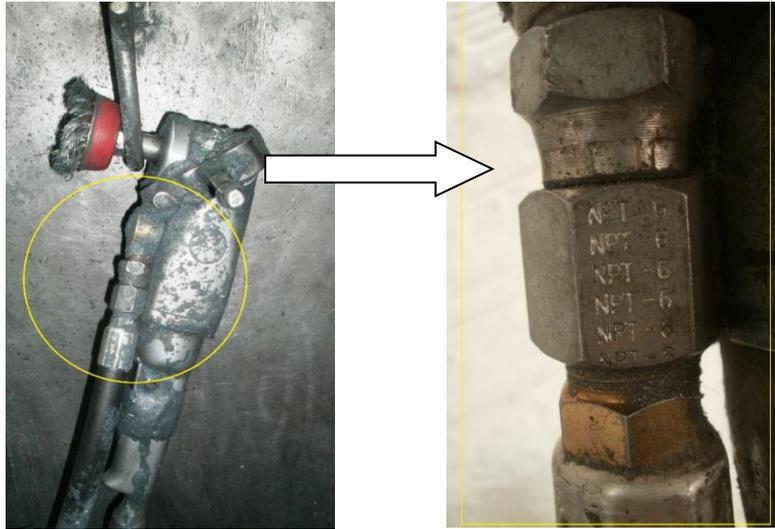


Figura 56. Acople en la herramienta del silenciador instalado en uso.

Las partes instaladas ensambladas en la herramienta se especifican a continuación:



Figura 57. Partes del silenciador instalado, antes del ensamble

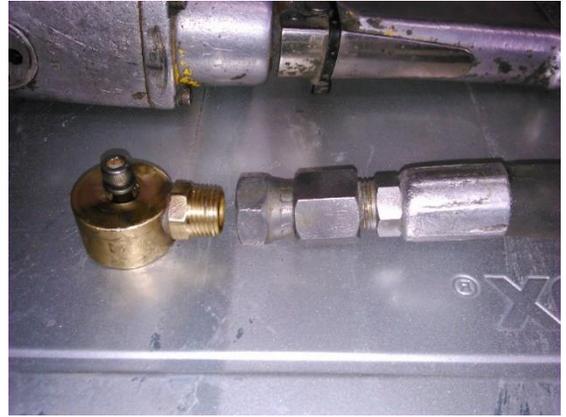


Figura 58. Partes del silenciador instalado, durante el ensamble



Figura 59. Acople directo con la herramienta.



Figura 60. Acople instalado a la herramienta



Figura 61. Dispositivo silenciador original (plástico) y dispositivo silenciador instalado (cobre).

Posteriormente la manguera de caucho que conduce el aire que sale de la máquina fue unida a un tubo de PVC de 1", el cual se prolonga hasta el exterior de la empresa. La modificación se realizó a las tres cabinas de pulido; en promedio se utilizaron 6 metros de tubería PVC para cada una de las cabinas.

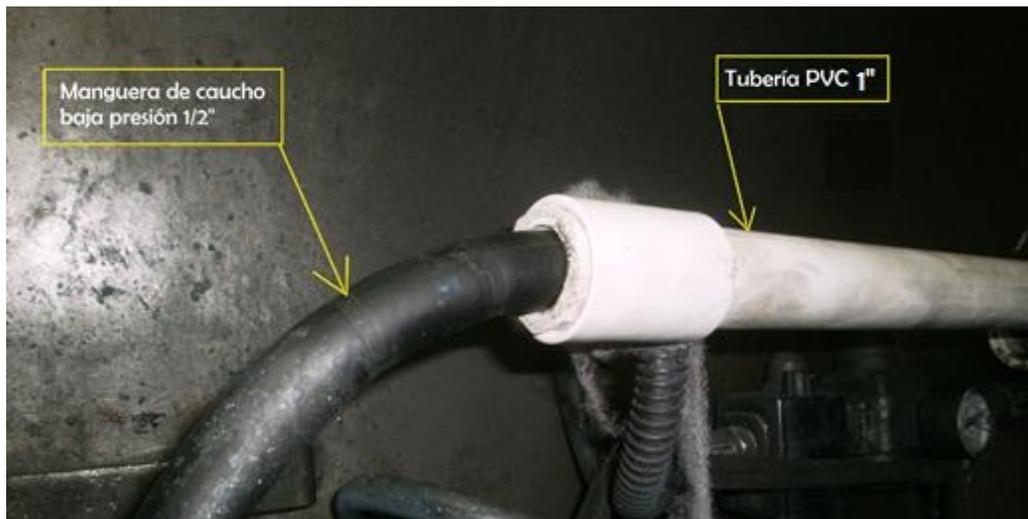


Figura 62. Acople de la manguera con el tubo PVC, del silenciador instalado en uso.

A la tubería de PVC de 1", instalada se le colocó al interior un material blando llamado Felpa, con el objetivo de ayudar a disminuir el nivel de presión sonora. Dicho material se fijó con adhesivo a las paredes internas del tubo.



Figura 63. Relleno del tubo PVC con material absorbente acústico



Figura 64. Proceso de ensamble del tubo PVC con la manguera del silenciador instalado.



Figura 65. Silenciador instalado en uso

6.2.1.1 Presupuesto

Para la realización de esta modificación en las tres herramientas de pulido de la empresa fue necesario realizar una inversión de \$434.040. El resumen del presupuesto utilizado se presenta a continuación:

Figura 66. Costo de materiales requeridos para la herramienta.

ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Silenciador en Cobre _(fabricado x Alfa)	3	\$ 52.200,00	\$ 156.600,00
Tubo PVC 1" x 6 metros presión 21-200 psi	3	\$ 43.900,00	\$ 131.700,00
Codos PVC 1"	12	\$ 3.300,00	\$ 39.600,00
Unión PVC 1"	18	\$ 1.600,00	\$ 28.800,00
Manguera de caucho baja presión 1/2"	6	\$ 990,00	\$ 5.940,00
Conector macho 1/2"	3	\$ 10.900,00	\$ 32.700,00
Acople rápido Hembra 1/2"	3	\$ 10.900,00	\$ 32.700,00
Material Felpa x 1 metro	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
Total			\$ 434.040,00

Al cierre del presente trabajo de grado, se evidenció que las modificaciones realizadas a la herramienta de pulido de bidones son susceptibles a mejorar; puesto que se presentaron situaciones después de dos meses de uso, tales como:

- Desgaste acelerado de la pieza que se une a la carcasa de la máquina, debido al exigente movimiento que se realiza en el proceso.
- Dificultad de movimiento reportada por algunos operarios, asociada a la presencia de la manguera.
- Pérdida de fuerza por acumulación de lubricante en el silenciador. Situación que se puede mejorar aumentando la frecuencia de mantenimiento.
- Fugas de aire y ruido en el acople, por falta de un empaque de caucho adecuado entre las piezas.

Para determinar el nivel de atenuación proporcionado por el nuevo dispositivo y estructura instalada en la herramienta, se realizó una sonometría en el proceso de pulido de bidones antes y después de la instalación del silenciador.

Los resultados obtenidos se analizan en el numeral 6.3.1.1. Niveles de presión sonora en la cabina.

6.2.2 Medio

En este caso la solución más adecuada, dependerá de si la propagación es aérea o por vía estructural. En el caso de estudio, la propagación es por vía aérea, por lo que las primeras acciones son:

- Tratamiento del local para mejorar la absorción acústica
- Aislamiento mediante barreras o encerramientos de la fuente
- Instalación de pantallas
- Aislamiento del personal en cabinas

Con el fin de disminuir el nivel de presión sonora durante la transmisión, se pueden aplicar diferentes estrategias, sin embargo no es posible alejar al trabajador de la fuente, ni instalar una barrera entre la fuente y el trabajador. Por lo tanto, es indispensable aplicar una estrategia para evitar las perturbaciones en los otros puestos de trabajo que pueden estar siendo afectados por el uso de la pulidora.

Como se podrá observar en el numeral 6.3.1 (resultados de la sonometría), con la intervención en la herramienta se redujeron los niveles de presión sonora en la cabina, pero igualmente se tenían valores superiores a los permitidos. Por esta razón, se debe continuar la intervención al medio, evitando las emisiones hacia otros puestos de trabajo.

La intervención en el medio consiste en la modificación estructural de la cabina, anulando la pared divisoria y revistiendo las paredes internas de materiales absorbentes, además se instalarán dos puertas que también llevaran revestimiento interno, con el fin de tener encerramiento del ruido en la zona.

Se debe tener en cuenta que la intervención en el medio de esta manera evita que el ruido salga a otras áreas productivas de la empresa, sin embargo el trabajador que labora en la cabina debe ser protegido con EPP adecuados para el ruido resultante, luego de la intervención en la herramienta. El diseño de la cabina existente, se ilustra a continuación:

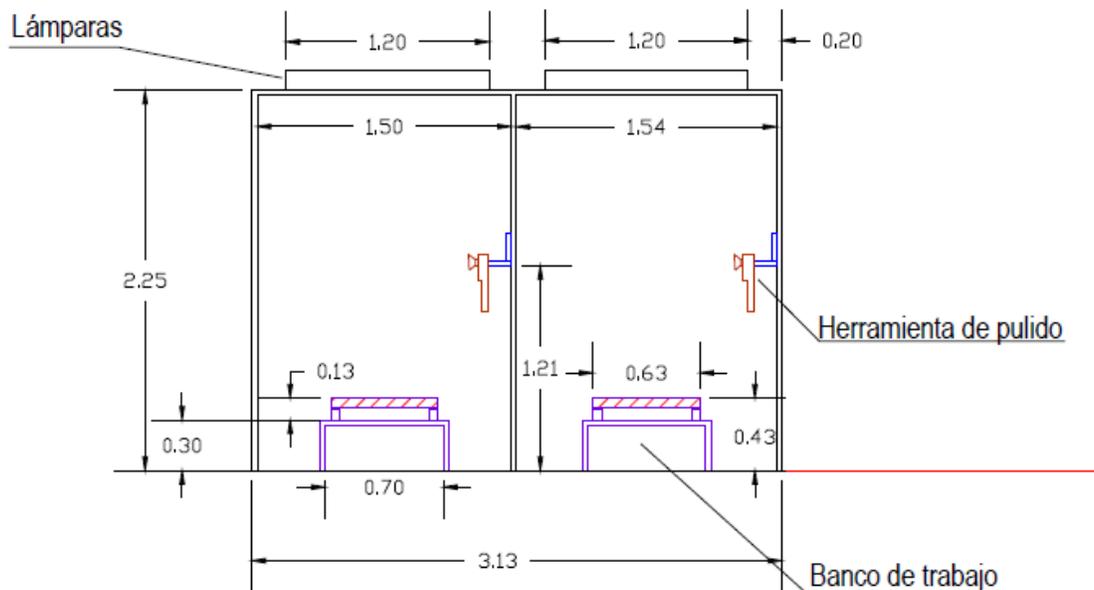


Figura 67. Plano de la cabina sin intervención vista frontal

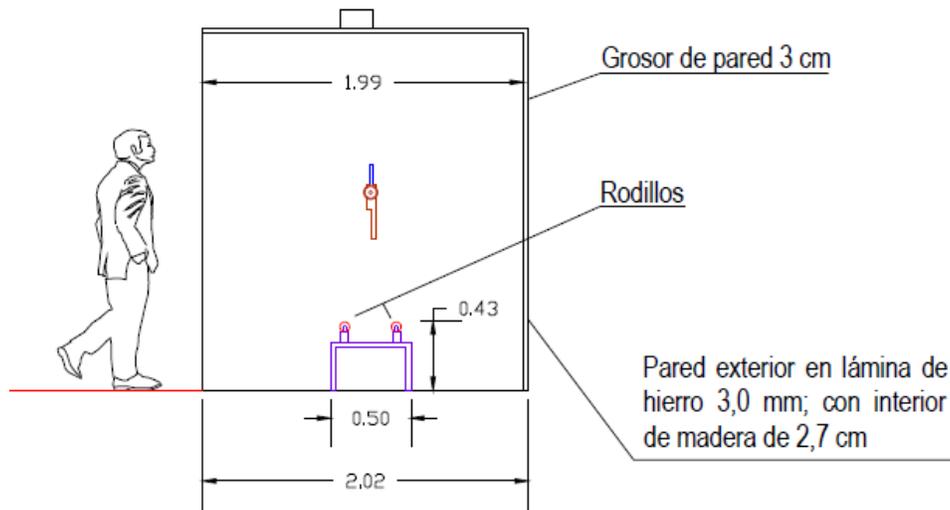


Figura 68. Plano de la cabina sin intervención vista lateral interna

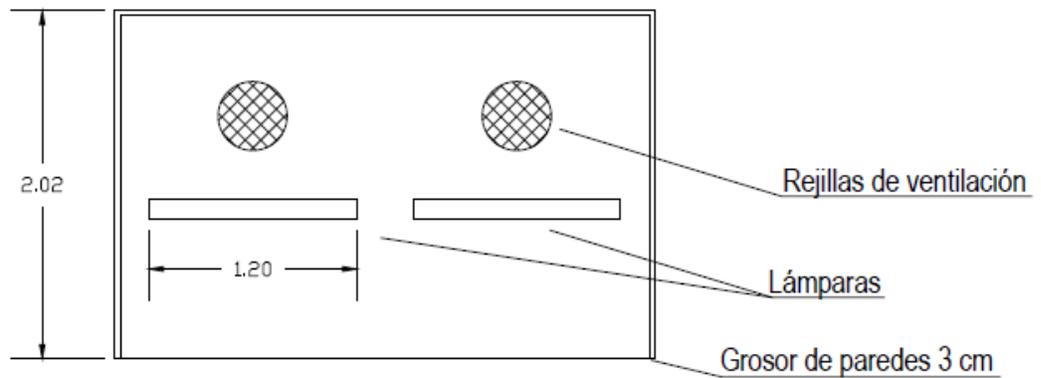


Figura 69. Plano de la cabina sin intervención vista superior

Por cuestiones de economía, se conservan las dimensiones actuales, aunque se recomienda en el diseño, la instalación de la cara faltante de la cabina, con el fin de encerrar el ruido.

Tabla 29. Valores obtenidos para el diseño de la cabina

DATOS OBTENIDOS	UNIDADES DE MEDIDA	VALOR
Altura del encerramiento	m	2,22
Ancho	m	3,09
Longitud	m	1,99
Área total encerramiento	m ²	34,83
Volumen encerramiento	ft ³	482,04
Cph: Cambios por hora		51
Caudal de aire	ft ³ /min	409,73
Velocidad Transversal	FPM	6

Al interior se debe ventilar. Se proyectó un valor de cambios por hora de 51 (a 1,5 veces el recomendado), con el fin de renovar el aire para generar una sensación de confort al interior.

Se tienen los siguientes coeficientes de absorción acústica, el cual se define el Coeficiente de Absorción de un material como la relación entre la energía que absorbe y la energía de las ondas sonoras que inciden sobre él por unidad de superficie. El coeficiente de absorción de una superficie normalmente cambia con la frecuencia, como se ilustra a continuación para diferentes materiales (26); (257).

Tabla 30. Coeficientes de absorción de diferentes materiales

Materiales	Coeficientes de absorción a diferentes frecuencias					
	125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón Normal	0,01	0,012	0,02	0,02	0,023	0,035
Alfombra de goma (espesor 0,5cm)	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,1
Filtro de lana de roca (3cm)	0,17	0,5	0,84	0,87	0,9	-
Lana mineral de roca (manto)	0,27	0,55	1,07	1,1	1,1	1,1
Lana mineral de roca (placa)	0,32	0,9	1,11	1,07	1,01	1,05

De la lista anterior, se elige el material que proporciona la absorción necesaria en las frecuencias críticas (mayores niveles de presión sonora), encontradas luego de la intervención en la herramienta. Además se tiene en cuenta, que ya se cuenta con una estructura metálica instalada, sobre la cual se puede realizar la modificación o encerramiento acústico.

El material seleccionado (Lana Mineral de Roca), según la literatura, es muy eficiente como aislante de ruido por absorción debido a la estructura de fibras de celda abierta. La textura esponjosa y elástica de la lana mineral sumada a su excelente densidad, le confieren la más alta capacidad de absorción acústica y reducción de ruidos en comparación con cualquier otro material aislante. Al aplicar el encerramiento se obtienen los siguientes valores de coeficiente de absorción por área:

Tabla 31. Coeficientes de absorción por área, utilizando Lana Mineral de Roca (manto)

Parte del encerramiento	Material	Dimensiones		Coeficientes de absorción por área					
		L (m)	W (m)	125	250	500	1000	2000	4000
Piso	Hormigón	1,89	2,99	0,06	0,07	0,11	0,11	0,13	0,20
Pared trasera	Lana mineral de roca (manto) 2in	2,12	2,99	1,71	3,48	6,77	6,96	6,96	6,96
Pared lateral 1	Lana mineral de roca (manto) 2in	2,12	1,89	1,08	2,20	4,28	4,40	4,40	4,40
Pared Frontal	Lana mineral de roca (manto) 2in	2,12	2,99	1,71	3,48	6,77	6,96	6,96	6,96
Pared lateral 2	Lana mineral de roca (manto) 2in	2,12	1,89	1,08	2,20	4,28	4,40	4,40	4,40
Techo	Lana mineral de roca (manto) 2in	1,89	2,99	1,52	3,10	9,56	3,29	5,01	9,74
TOTAL				7,16	14,54	31,78	26,13	27,87	32,66

Donde A, que es la cantidad de absorción acústica total, para este material es igual a 140,13m².

El encerramiento se proyectó de tal manera que se deje una puerta de (0,8 x 2) m, que por el interior también esté cubierta de lana mineral de roca.

Tabla 35. Coeficientes de absorción por área, utilizando Lana Mineral de Roca (placa)

Parte del encerramiento	Material	Dimensiones		Coeficientes de absorción por área					
		L (m)	W (m)	125	250	500	1000	2000	4000
Piso	Hormigón	1,89	2,99	0,06	0,07	0,11	0,11	0,13	0,20
Pared trasera	Lana mineral de (placa) 2in	2,12	2,99	2,03	5,70	7,03	6,77	6,39	6,65
Pared lateral 1	Lana mineral de roca (placa) 2in	2,12	1,89	1,28	3,60	4,44	4,28	4,04	4,20
Pared Frontal	Lana mineral de roca (placa) 2in	2,12	2,99	2,03	5,70	7,03	6,77	6,39	6,65
Pared lateral 2	Lana mineral de roca (placa) 2in	2,12	1,89	1,28	3,60	4,44	4,28	4,04	4,20
Techo	Lana mineral de roca (placa) 2in	1,89	2,99	1,81	5,08	9,91	3,20	5,45	15,94
TOTAL				8,16	21,53	32,71	25,61	8,47	23,74

Donde A, que es la cantidad de absorción acústica total, para este material es igual a 154,87m².

De la información anterior, se concluye que la mejor atenuación de produce el material de Lana mineral de placa. Por lo tanto, el diseño se propone con los valores arrojados en la tabla anterior.

El plano de la cabina que se propone en el presente estudio se ilustra a continuación:

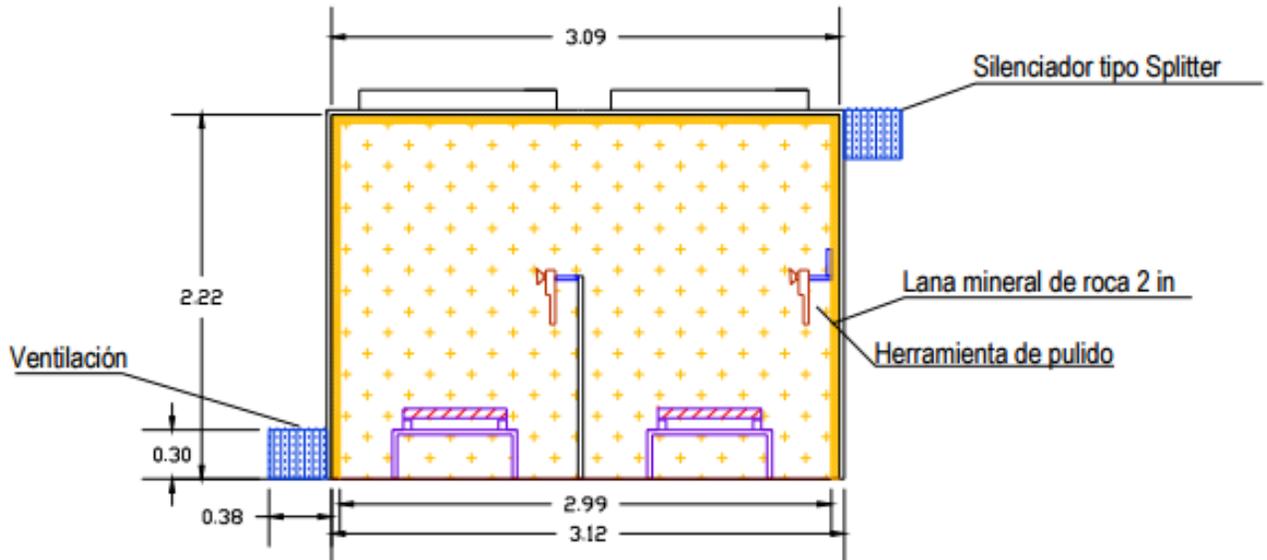


Figura 70. Vista frontal de la cabina recomendada

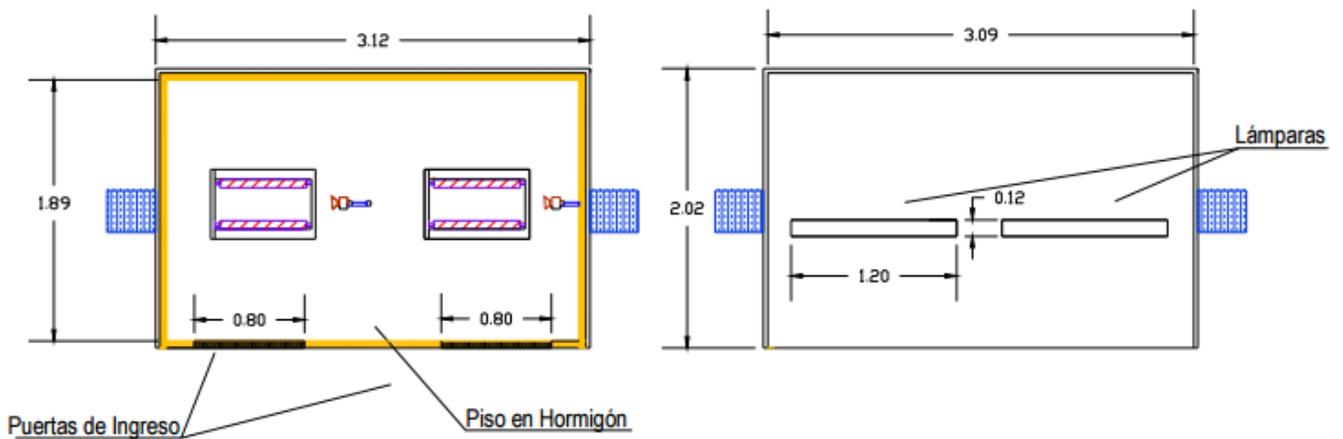


Figura 71. Vista superior interna (izquierda) y externa -techo (derecha)

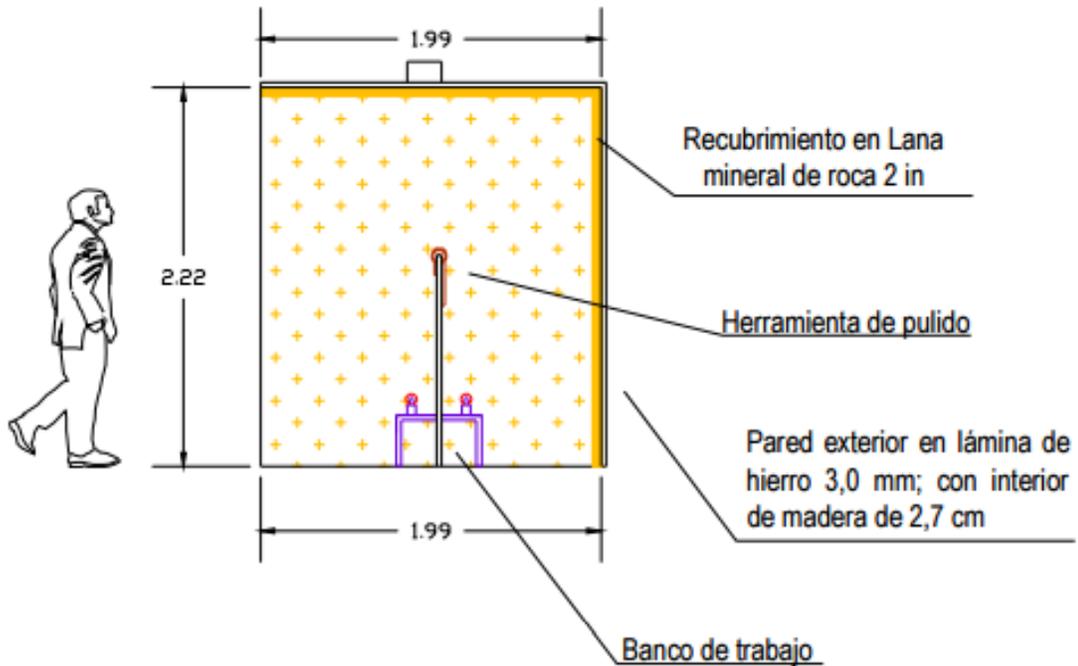


Figura 72. Vista lateral interna de la cabina recomendada

Numéricamente, el diseño se ilustra con las siguientes variables:

- L_p (Nivel de presión sonora) medido, el cual corresponde a los niveles medidos durante la sonometría.
- L_w (Nivel de potencia sonora) = $L_p + (20 * \text{Log}(\text{distancia})) + 11$
- NR recomendado para zonas industriales se recomienda un rango entre 60 y 70, por lo que se elige un NR 65)

A continuación se ilustran los valores de NR, en cada una de las frecuencias (28)

Figura 73. Valores del Nivel de Presión Sonora Correspondientes al índice NR

NR	Niveles de presión sonora en bandas de octava (dB)								
	Frecuencias centrales (Hz)								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0	55.4	35.5	22.0	12.0	4.8	0	-3.5	-6.1	-8.0
5	58.8	39.4	26.3	16.6	9.7	5	1.6	-1.0	-2.8
10	62.2	43.4	30.7	21.3	14.5	10	6.6	4.2	2.3
15	65.6	47.3	35.0	25.9	19.4	15	11.7	9.3	7.4
20	69.0	51.3	39.4	30.6	24.3	20	16.8	14.4	12.6
25	72.4	55.2	43.7	35.2	29.2	25	21.9	19.5	17.7
30	75.8	59.2	48.1	39.9	34.0	30	26.9	24.7	22.9
35	79.2	63.1	52.4	44.5	38.9	35	32.0	29.8	28.0
40	82.6	67.1	56.8	49.2	43.8	40	37.1	34.9	33.2
45	86.0	71.0	61.1	53.6	48.6	45	42.2	40.0	38.3
50	89.4	75.0	65.5	58.5	53.5	50	47.2	45.2	43.5
55	89.4	78.9	69.8	63.1	58.4	55	52.3	50.3	48.6
60	96.6	82.9	74.2	67.8	63.2	60	57.4	55.4	53.8
65	99.7	86.8	78.5	72.4	68.1	65	62.5	60.5	58.9
70	103.1	90.8	82.9	77.1	73.0	70	67.5	65.7	64.1
75	106.5	94.7	87.2	81.7	77.9	75	72.6	70.8	69.2
80	109.9	98.7	91.6	86.4	82.7	80	77.7	75.9	74.4
85	113.3	102.6	95.9	91.0	87.6	85	82.8	81.0	79.5
90	116.7	106.6	100.3	95.7	92.5	90	87.8	86.2	84.7
95	120.1	110.5	104.6	100.3	97.3	95	92.9	91.3	89.8
100	123.5	114.5	109.0	105.0	102.2	100	98.0	96.4	95.0
105	126.9	118.4	113.3	109.6	107.1	105	103.1	101.5	100.1
110	130.3	122.4	117.7	114.3	111.9	110	108.1	106.7	105.3
115	133.7	126.3	122.0	118.9	116.8	115	113.2	111.8	110.4
120	137.1	130.3	126.4	123.6	121.7	120	118.3	116.9	115.6
125	140.5	134.2	130.7	128.2	126.6	125	123.4	122.0	120.7
130	143.9	138.2	135.1	132.9	131.4	130	128.4	127.2	125.9

Tabla 32. Diseño del encerramiento de la cabina.

ITEM		FRECUENCIA					
		125	250	500	1000	2000	4000
Lp (Nivel de presión sonora) medido	dB(Z)	93,3	93,9	98,2	92	94,1	91,1
Lw (Nivel de potencia sonora)		105,1	105,7	110,0	103,8	105,9	102,9
Lp (Nivel de presión sonora) interior encerramiento	dB(Z)	101,8	98,0	100,8	95,8	97,7	93,1
Lp (Nivel de presión sonora) recomendado (NR 65)	dB(Z)	78,5	72,4	68,1	65	62,5	60,5
Reducción de ruido necesaria	dB(Z)	28,3	30,6	37,7	35,8	40,2	37,6
Masa del material (Acero calibre 16)*	Kg/m ²	26,3	17,0	19,4	7,7	6,4	2,4
TL Lamina de acero calibre 16	dB(Z)	28,3	30,6	37,7	35,8	40,2	37,6
Lp (Nivel de presión sonora) remanente	dB(Z)	73,5	67,4	63,1	60,0	57,5	55,5
Corrección para dB(A)		-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1
Lp (Nivel de presión sonora) remanente	dB(A)	60,94	60,73	63,91	54,67	51,95	42,71

Al sumar el Lp Remanente, arroja como resultado 67,3 dBA, lo que indica que la reducción del diseño es significativa, puesto que no se tendrían decibeles superiores al límite permisible.

El tipo de ventilación sería con ventiladores axiales, para inyectar aire a la cabina, con el fin de garantizar la renovación del aire en la cabina, debido a que el diseño propuesto implica un encerramiento completo. Además, se instala un silenciador tipo Splitter, el cual sería el ducto por donde saldría el aire.

6.2.3 Individuo

Existen diferentes tipos de protección auditiva que son fabricados para brindar una efectiva protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los límites establecidos por el ministerio de salud colombiano. Estos accesorios presentan diferentes tipos que se diferencian de acuerdo a su ergonomía:

A continuación se listan algunos de los modelos más utilizados (29):

6.2.3.1 Fonos 3M Peltortm H6/Optime 95

Los fonos H6/Optime 95 han sido diseñados para aquellos lugares donde, en general, para los trabajadores se encuentran expuestos a niveles de ruido cercanos a los 95 dB(A).

Este fono cuenta con copas de bajo perfil y puntos pivotantes que permiten a los usuarios inclinar y ajustarlas para mayor comodidad y eficiencia.

Sus almohadillas rellenas de líquido y espuma plástica mejoran su adherencia a los costados de la cara y disminuyen la transmisión de calor. Su arnés metálico, fabricado en acero inoxidable, distribuye la presión entregando una mayor comodidad y adaptación a las diversas características antropométricas del cráneo. Además, este arnés resiste torceduras y deformaciones, y mantiene constante la



Figura 74. Fonos 3M Peltortm H6/Optime 95

presión a lo largo del tiempo, asegurando de esta forma la mantención de la atenuación entregada.

Estos fonos se encuentran disponibles en 3 versiones: H6A (copa H510A y arnés superior), H6B (copa H510B y arnés tras la nuca), H6P3E (copa H510P3 con ajuste para casco).

Atenuación al ruido por frecuencias:

Figura 75. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltortm H6/Optime 95.

Modelo	Frec. (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
H6A	Atenuac. dB	14,1	11,4	18,7	27,6	32,9	33,6	36,6	35,9	32 dB	25 dB	15 dB	27 dB
	Desv. Est. dB	4,0	4,1	3,6	2,5	2,7	3,4	2,7	3,7				

Exposición máxima recomendada: 95 dB.

Tasa de reducción de ruido (NRR): 21 dB.

Precio Aproximado: \$176.000

6.2.3.2. Fonos 3M Peltortm H9/Optime 98

Los protectores auditivos del tipo fono, H9/Optime 98 de 3MTM PeltorTM, son fabricados para brindar una efectiva protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas con exposiciones efectivas a ruido durante 8 hrs.

Este fono cuenta con copas de perfil medio y puntos pivotantes que permiten a los usuarios inclinar y ajustarlas para mayor comodidad y eficiencia. Sus almohadillas rellenas de líquido y espuma plástica mejoran su adherencia a los costados de la cara y disminuyen la transmisión de calor. Su arnés metálico, fabricado en acero inoxidable, distribuye la presión entregando una mayor comodidad y adaptación a las diversas



Figura 76. Fonos 3M Peltortm H9/Optime 98

características antropométricas del cráneo. Además, este arnés resiste torceduras y deformaciones, y mantiene constante la presión a lo largo del tiempo, asegurando de esta forma la mantención de la atenuación entregada.

Estos fonos se encuentran disponibles en 2 versiones: H9A (copa H520A y arnés superior) y H9P3E (copa H520P3 y ajuste para casco).

Atenuación al ruido por frecuencias:

Figura 77. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltortm H9/Optime 98

Modelo	Frec. (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
H9A	Atenuac. dB	16,2	14,6	20,2	32,5	39,3	36,4	34,4	40,2	34 dB	29 dB	20 dB	31 dB
	Desv. Est. dB	1,9	1,6	2,5	2,3	2,1	2,4	4,0	2,3				

Exposición máxima recomendada: 98 dB.

Tasa de reducción de ruido (NRR): 25 dB.

Precio aproximado: \$370.000

6.2.3.3 Fonos 3M Peltor H7A Optime 101

Los fonos PELTOR H7A modelo OPTIME son fabricadas con materiales hipoalergénicos y de muy bajo peso, brindando una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido alcanzan hasta 101dB por jornada de trabajo.

Las copas se unen al arco en puntos pivotantes, lo cual permite una mejor compatibilidad con el rostro del usuario. Para comodidad y eficiencia permite graduar la longitud de los brazos del arco en acople con las copas, tan sólo deslizándolos, adecuándose así a diversos tamaños de rostro. Empleables en gran número de labores que



Figura 78. Fonos 3M Peltor H7A Optime 101

puedan implicar el riesgo de presencia de ruido, y asimismo en condiciones en las que los trabajadores estén expuestos a polvo, grasa u otro tipo de sustancias.

Atenuación al ruido por frecuencias:

Figura 79. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltor H7A Optime 101

INFORMACIÓN DE ATENUACIÓN POR OCTAVA DE BANDA (dB)				ANSI S3.19-1974								
Código de Producto	Descripción	NRR	Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000
H7A	Protector auditivo tipo orejera con banda superior	27	Media	15.5	24.5	35.3	40.0	36.9	39.9	37.5	37.7	38.1
			Desviación Estándar	3.0	2.0	2.4	2.8	2.6	2.8	3.2	2.7	3.9

Exposición máxima recomendada: 101 dB.

Tasa de reducción de ruido (NRR): 27 dB.

Precio aproximado: \$220.000

6.2.3.4. Fonos 3M Peltor H10A Optime 105

Los fonos PELTOR H10A modelo OPTIME son fabricadas con materiales hipoalergénicos y de muy bajo peso, brindando una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido alcanzan hasta 105dB por jornada de trabajo.

El diseño de la copa cubre a satisfacción el oído externo del usuario, y en conjunto con sus almohadillas y espuma interior brindan un mejor sellado (aún con lentes), y brindan mayor comodidad.



Figura80. Fonos 3M Peltor H10A Optime 105.

Empleables en gran número de labores que puedan implicar el riesgo de presencia de ruido, y así mismo en condiciones en las que los trabajadores estén expuestos a polvo, grasa u otro tipo de sustancias.

Atenuación al ruido por frecuencias:

Figura 81. Valores de atenuación de los Fonos 3M Peltor H10A Optime 105.

INFORMACIÓN DE ATENUACIÓN POR OCTAVA DE BANDA (dB)										ANSI S3.19-1974			
Código de Producto	Descripción	NRR	Frecuencia Hz	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	
H10A	Protector auditivo tipo orejera con banda superior	30	Media	21.0	26.0	36.6	40.6	38.0	41.8	42.7	41.7	41.3	
			Desviación Estándar	1.9	2.3	2.3	2.4	2.5	2.7	1.8	2.1	2.5	

Exposición máxima recomendada: 105 dB.

Tasa de reducción de ruido (NRR): 30 dB.

Precio aproximado: \$380.000

6.2.3.5. Tapones Auditivos 3M 1110

Los tapones protectores auditivos desechables 1110 con cordón fabricados con materiales hipoalergénicos, brindan una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los 85 dB (A) por jornada de trabajo. Su forma cónica y su superficie perfectamente lisa han sido específicamente diseñadas para adaptarse cómodamente a la mayoría de los canales auditivos, el color naranja del tapón 1110 permite una fácil visualización y comprobación de uso en los lugares de trabajo.



Figura 82. Tapones Auditivos 3M 1110

Los tapones auditivos 1110 pueden utilizarse en aquellas industrias donde exista riesgo de exposición a ruido, tales como construcción, procesos de maderas, metalurgia, o donde existan motores o turbinas. Los protectores auditivos 1110 están recomendados en aquellos puestos de trabajo expuestos al ruido, especialmente en condiciones de trabajo con humedad o calor.

Atenuación al ruido por frecuencias:

Figura 83. Valores de atenuación de los Tapones Auditivos 3M 1110.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRR
Atenuación en el oído dB(A)	28.4	34.1	39.3	37.6	37.7	41.6	42.7	44.0	44.1	29 dB
Desviación estándar	5.6	5.6	5.2	3.1	3.1	3.4	3.5	3.8	5.0	

Exposición máxima recomendada: 92 dB.
 Tasa de reducción de ruido (NRR): 29 dB.
 Precio aproximado: \$10.000

6.2.3.6. Tapones Auditivos 3M con Cordón 1270 y 1271

Los tapones auditivos reusables con cordón 1270, fabricados con materiales hipoalergénicos, brindan una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los 85 dB(A) por día. Fácil limpieza, sólo agua y jabón.

Su estructura de tres aletas (falanges) y su superficie perfectamente lisa han sido específicamente diseñadas para adaptarse cómodamente a la mayoría de los canales auditivos, el color naranja permite una fácil visualización y comprobación de uso en los lugares de trabajo.

Los tapones auditivos 1110 pueden utilizarse en aquellas industrias donde exista riesgo de exposición a ruido, tales como construcción, procesos de maderas, metalurgia, o donde existan motores o turbinas. Los protectores auditivos 1110 están recomendados en aquellos puestos de trabajo expuestos al ruido, especialmente en condiciones de trabajo con humedad o calor.

Atenuación al ruido por frecuencias:



Figura84. Tapones Auditivos 3M con Cordón 1270 y 1271

Figura 85. Valores de atenuación de los Tapones Auditivos 3M con Cordón 1270 y 1271

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000	NRR
Atenuación auditiva real (dB)	30.2	30.7	31.4	31.5	35.2	37.4	37.8	39.5	43.9	25
Desviación estándar (dB)	3.8	3.3	3.1	4	3.4	4.1	4.7	5.7	4.5	dB

Exposición máxima recomendada: 95 dB.

Tasa de reducción de ruido (NRR): 25 dB.

Precio aproximado: \$4.100

6.2.3.7 Elemento De Protección Auditivo Recomendado

Dados los resultados de la exposición a los niveles de presión sonora específico para cada frecuencia (ver numeral 6.3.1.1) en un día normal de funcionamiento de la empresa y la herramienta con silenciador, el elemento de protección auditiva recomendado es el modelo Fonos 3M PELTOR H6/OPTIME 95; dado que en la frecuencia con mayor nivel de ruido (2 MHz) de 88,9 dB sería disminuido a 59,9 debido a su tasa de reducción de ruido en esa frecuencia. Incluso tomando el total de nivel de ruido producido por una pulidora de 94,4 dBA, en donde la atenuación a ruido total del fono sería de 27 dBA (ver tabla 41), permitiendo así una filtración de nivel de ruido hasta de 65,4dB el cual es un nivel muy inferior a los 90 dB, el valor máximo permitido por la ley Colombiana.

Para determinar el beneficio real que tendría la empresa si se utilizara este elemento de protección en lugar del elemento utilizado en la actualidad se utilizó el método de bandas de octava para calcular la atenuación producida por un protector auditivo, y así poder comparar ambos elementos. Este método se calcula con los datos por bandas de octava desde 125 a 8000 Hz. Para tal efecto, es necesario disponer de los niveles de ruido por bandas de octava del puesto de trabajo (niveles equivalentes en bandas de octava) y del valor de la atenuación media del protector auditivo, proporcionado por el fabricante.

A continuación se puede verificar los datos utilizados para calcular la atenuación producida por protector recomendado:

Tabla 33. Cálculo de atenuación producida por protector recomendado

Banda Octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
Nivel de ruido (dB)	75,8	81,1	86,4	89,7	88,9	84,2	82	94,4
Atenuación "AA"	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Nivel Resultante (dB(A))	59,7	72,5	83,2	89,7	90,1	85,2	80,9	94,2
Atenuación Efectiva	11,4	18,7	27,6	32,9	33,6	36,6	35,9	
Desviación	4,1	3,6	2,5	2,7	3,4	2,7	3,7	
APV	7,3	15,1	25,1	30,2	30,2	33,9	32,2	
Nivel en oído (dB(A))	52,4	57,4	58,1	59,5	59,9	51,3	48,7	65,4

A continuación se puede verificar los datos utilizados para calcular la atenuación producida por protector utilizado en la actualidad por la empresa:

Tabla 34. Cálculo de atenuación producida por protector utilizado en la actualidad

Banda Octava (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
Nivel de ruido (dB)	75,8	81,1	86,4	89,7	88,9	84,2	82	94,4
Atenuación "AA"	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
Nivel Resultante (dB(A))	59,7	72,5	83,2	89,7	90,1	85,2	80,9	94,2
Atenuación Efectiva	16,5	20,5	20	25,5	37,5	44	41	
Desviación	4	4,9	5	3,7	4,1	4,3	5	
APV	12,5	15,6	15	21,8	33,4	39,7	36	
Nivel en oído (dB(A))	47,2	56,9	68,2	67,9	56,7	45,5	44,9	71,4

El nivel total de ruido percibido por un trabajador es de 94,2 dB al estar expuesto al ruido de la empresa en un día de trabajo normal con la pulidora encendida con silenciador. El nivel total de ruido percibido por un trabajador al usar el protector recomendado es 65,4 dB(A) y 71,4 dB(A) con el protector actual. Basados en estas dos mediciones, si se utilizara el elemento de protección recomendado, un trabajador tendría 6 dB menos de nivel de ruido, lo cual es valor considerable, teniendo en cuenta que la salud de los trabajadores es el factor principal a resguardar.

6.2.4 Estrategias organizacionales

Durante las mediciones de los niveles de presión sonora en diferentes áreas de la empresa, se detectaron valores aceptables de ruido (de acuerdo a la norma) en algunos procesos, por lo tanto, como intervención realizada, sin modificar todos los procesos de la empresa, por efectos de tiempo en el presente estudio, se redujo el tiempo de exposición de los trabajadores, por medio de rotaciones regulares de puestos de trabajo.

Estas medidas se aplicaron de inmediato, previa aprobación de la gerencia de la empresa. Adicionalmente, se encontró que la rotación propuesta para disminuir el tiempo de exposición, ayudó en cierta manera que los trabajadores realizaran pausas continuas de modo que disminuían los movimientos de los miembros superiores, lo que evitaría un futuro desordenes musculoesqueléticos en los trabajadores.

A continuación se ilustra la rotación de los puestos de trabajo aplicada luego de la intervención:

Tabla 35. Rotación de turnos de trabajo para disminuir el tiempo de exposición

Puesto de trabajo actual	Zona	Nombre	Condición a prevenir	Puesto de trabajo que recibe	Zona	Fecha de inicio	Fecha de rotación
Pulido tambor cerrado	2	Luis Fernando	Prevención de lesiones miembros superiores e hipoacusia	Patio	1	01-may	01-ago
Pulido tambor abierto brillante	2	Wilmar	Prevención de lesiones miembros superiores e hipoacusia	Producto terminado	1	04-may	04-ago
Pulido Canasta IBC	2	Ovidio	Prevención de lesiones miembros superiores e hipoacusia	Producto no conforme	1	01-dic	01 - mar

Adicionalmente, se presentan diferentes intervenciones de control administrativo que aún se encuentran en proceso de implementación,

pero que asegura la disminución de los trabajadores a la exposición del factor de riesgo ruido:

- Planificación de la producción para eliminar la saturación de tambores metálicos distribuidos en toda la empresa, puesto que esto incrementa la reverberación del ruido en las diferentes áreas.



Figura 86. Acumulación de bidones metálicos en los puestos de

- El descanso de los trabajadores debe ser realizado en zonas sin ruido, es decir que durante los descansos no puede ser permitido el ingreso de los trabajadores a las zonas ruidosas.
- La rotación de los trabajadores debe realizarse varias veces al día con el fin de tener una jornada de trabajo bajo una exposición al ruido, menor a 8 horas.

- Durante la descarga de los bidones metálicos en la empresa, el cual es un proceso recurrente, mas no continuo, se debe realizar sobre un material supresor del ruido de impacto, como por ejemplo un neumático instalado en el suelo donde cae el bidón, con el fin de evitar el contacto directo del bidón con el suelo.
- Para la actividad de transporte de bidones la cual es generadora de ruido, a través de toda la planta productiva, es indispensable instalar una alfombra industrial de fácil limpieza, que evite el ruido generado por la rotación de los bidones metálicos sobre el suelo.

Adicionalmente, no se debe descartar que la empresa debe realizar intervenciones en las demás puestos de trabajo, con el fin de mejorar las condiciones laborales de los trabajadores.

Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación de plan de prevención de riesgos laborales de una empresa son la evaluación de

riesgos y la planificación de actividades preventivas, por esto, algunas de las características que interesa identificar son:

- La tasa de actividad de la empresa
- La variabilidad de las tareas de los trabajadores y de las operaciones que conforman esas tareas
- El funcionamiento de las instalaciones ruidosas

En esta primera identificación deberían participar personas que conozcan los procesos de trabajo, incluyendo los trabajadores afectados o a los representantes de los trabajadores. Con dicha información se deberá localizar los puestos de trabajo problemáticos que requieran un tratamiento posterior, jerarquizar las diferentes situaciones a tratar para poder establecer la prioridad de las acciones, determinar de forma aproximada el número de decibeles que se desea reducir, de forma que se puedan dimensionar las soluciones a adoptar de acuerdo con esa reducción (26)

En la reducción del ruido mediante la organización del trabajo, estas medidas reducen el nivel de exposición de las personas mediante la ordenación del trabajo e incluyen acciones principalmente destinadas a reducir el tiempo de exposición, como las siguientes:

- Desconectar los equipos ruidosos en los momentos que no se utilicen.
- Avisar previamente a las personas cuando se va a llevar a cabo un trabajo ruidoso para que puedan limitar su exposición.
- Señalización, delimitación y limitación de acceso a los lugares de trabajo en que los individuos puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasan los valores superiores de exposición.
- Integrar los procesos de seguridad y salud en el trabajo, con todos los procesos administrativos de la empresa, tales como la compra y sustitución de equipos en base a una política de compras que tenga en cuenta el nivel del ruido emitido por la maquinaria.
- Implementar acciones de formación de los trabajadores, puesto que el empleador es el responsable de informar de forma apropiada a los trabajadores sobre la exposición a ruido, los riesgos de esta exposición a ruido y las medidas de control para reducir dicha exposición. Además los trabajadores deben estar informados y

formados sobre cómo utilizar correctamente los equipos de trabajo y los equipos de protección auditiva para que su exposición al ruido sea la mínima posible.

- Realizar mantenimiento de los sistemas y equipos, esta acción no solo evita la disminución del rendimiento de los sistemas y equipos, sino que además hace que su uso sea más seguro e impide que se den cambios en los niveles de ruido o que parezcan ruidos nuevos.
- Realizar vigilancia de la salud de los trabajadores. La periodicidad recomendada, según la GATISO, para el seguimiento de la vigilancia médica es: cada 5 años para trabajadores expuestos a niveles de ruido entre 80- <82 dBA TWA; anuales para los trabajadores expuestos a niveles de ruido de 82 a 99 dBA TWA y semestrales para los expuestos a niveles de 100 dBA TWA o más.

6.4. Sonometría y dosimetrías (año 2016)

Se realizaron diferentes sonometrías para realizar comparaciones entre los niveles de presión sonora que tenía la empresa antes de la intervención y después de la intervención en el proceso de pulido de bidones metálicos.

Con el fin de realizar las comparaciones con resultados encontrados bajo los mismos criterios que se determinaron previamente, se realizaron las mediciones en los mismos puntos en los que las había realizado la empresa en años anteriores. Sin embargo, para la cabina que se intervino, se realizaron diferentes mediciones con el silenciador y sin el silenciador instalado en la herramienta utilizada para pulir los bidones metálicos.

En la dosimetría, se eligió el puesto de trabajo de interés de esta investigación, es decir, el del trabajador que laboraba en la cabina de pulido de bidones metálicos.

6.3.1. Informe de resultados de sonometría

Los resultados obtenidos en la sonometría realizada en la cabina, se describe con las diferentes frecuencias detectadas por el equipo, bajo diferentes condiciones de operación en la empresa. Sin embargo, para el

mapa de ruido se tomaron los valores LASeq en las sonometrías realizadas, de 15 puntos que se tienen como referencia en sonometrías realizadas por la empresa.

6.3.1.1. Niveles de presión sonora en la cabina

Las mediciones en la cabina fueron realizadas bajo diferentes condiciones de operación, con el fin de determinar las influencias de procesos externos en las mediciones.

Las condiciones de la evaluación fueron las siguientes:

- Empresa en funcionamiento normal:
 - Herramienta sin silenciador
 - Herramienta con silenciador

- Empresa apagada (sólo la herramienta encendida):
 - Herramienta sin silenciador
 - Herramienta con silenciador

Estos resultados nos indican que el silenciador funciona para reducir los niveles de presión sonora en las frecuencias que superan los 85dB. Además, se puede observar el cambio significativo que genera la instalación del silenciador en los dB(A), puesto que al encontrarse la empresa apagada, sin silenciador, se generan **107,9dB**; pero con el silenciador se obtienen **88,2dB**. Esto quiere decir que el dispositivo disminuye algebraicamente 19,7dB(A).

Sin embargo, la empresa nunca se encuentra apagada por lo que es indispensable realizar intervenciones en los demás procesos, con el fin de evitar afectaciones a la salud de los trabajadores en los demás puestos de trabajo y obtener resultados más positivos en las intervenciones de la cabina de pulido de bidones metálicos.

Los valores obtenidos en las diferentes condiciones se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 36. Niveles de Presión Sonora, por cada banda de frecuencia generado en la Cabina

Condiciones de la evaluación		FRECUENCIAS /NPS								TOTAL dBZ	TOTAL dBA	Ubicación
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000			
Empresa en funcionamiento normal (5 minutos)	Pulidora encendida SIN silenciador	71,8	77,6	88	104,7	97,8	98,4	90	80,7	106,7	106,4	Centro (1m de la cabina)
		69	75,7	95,6	105,1	99,8	98,9	90,3	82,3	107,7	107,3	Izquierda de la cabina
		70	75,9	91,7	105,8	99,7	99,3	90,9	82,2	107,9	107,6	Derecha de la cabina
	Pulidora encendida CON silenciador	75,8	81,1	86,4	89,7	88,9	84,2	82	78,3	97,6	94,4	Centro (1m de la cabina)
		68	76,3	82,4	88,9	89,7	85,1	81,3	77,1	94,8	93,8	Izquierda de la cabina
		69,2	77,2	83,2	91,2	89,2	84,6	82,9	79,2	95,9	94,7	Derecha de la cabina
Empresa Apagada (2 minutos)	La pulidora encendida SIN silenciador	61,9	67,4	94	105,8	100,2	99,8	91,5	83,5	108,1	107,9	Centro (1m de la cabina)
	La pulidora encendida CON silenciador	59,8	68,2	71,9	81,3	84,1	82,4	78,1	73,2	88,8	88,2	Centro (1m de la cabina)

6.3.1.2. Niveles de presión sonora en diferentes puntos de la empresa

Como se indicó anteriormente, los puntos fueron seleccionados de acuerdo a las mediciones realizadas en los años anteriores por parte de la empresa. Los puntos en total fueron 15, distribuidos de la siguiente manera:

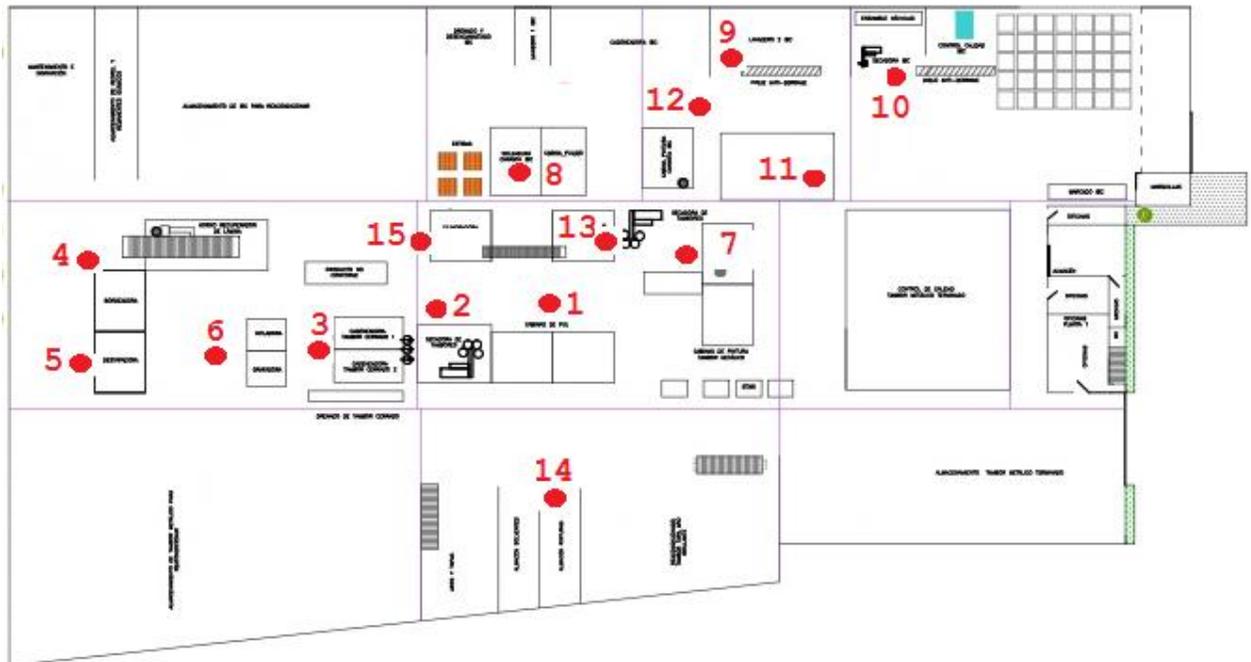


Figura 87. Puntos de muestreo de los mapas de ruido

Los resultados obtenidos en dB LAS (A), en la sonometría a través de todos los puntos son los siguientes:

Tabla 37. Niveles de presión sonora en diferentes puntos de la empresa.

Área	Punto Nro.	dB(A) año 2012	dB(A) año 2014	dB(A) año 2016
Pulidora de tambor cerrado	1	103,8	102,4	94,4
Secadora de tambor cerrado	2	94,4	90,8	83,5
Cadeneadoras	3	95,9	91,8	101,1
Horno de recuperación	4	90,6	92,4	103,5
Bordeadora	5	91,3	91,3	88,2
Infladora y Grafadora	6	89,3	94,4	93,0
Cabina de pintura	7	90,8	89,8	96,8
Reparación de Canastas	8	102,1	102,1	85,7
Ensamble IBC	9	100,0	101,1	90,6
Secadora IBC	10	84,1	84,1	82,2
Lavaderos IBC	11	92,2	85,5	95,5
Cadeneadora IBC	12	88,0	88,1	86,2
Lavadero de canecas	13	86,8	86,8	89,1
Pulido tambor abierto	14	98,8	95,1	93,3
Cilindradora	15	92,3	97,3	90,8

6.3.2. Informe de resultados de dosimetría

Se realizaron mediciones de dosimetría de ruido, en el puesto de trabajo intervenido en el presente estudio. Dicho proceso corresponde al pulido de bidones metálicos, en la empresa Recatam S.A.S., sede La Estrella, en el cual se han encontrado valores por encima de los 100dB, según la información suministrada por la empresa, en mediciones ambientales de años anteriores.

Las mediciones se realizaron durante el 75% de la jornada laboral del trabajador expuesto al ruido.

Los resultados obtenidos en la dosimetría de ruido son los siguientes:

Tabla 38. Valores encontrados en la dosimetría

VARIABLE	VALOR
Dosis	464,7%
LAeq	93,1
LEPD	91,8
Max	113,6 dB(A)
Min	67,7 dB (A)
Pico	128 dB(A)
Tiempo	5:59:50



Figura 88. Dosimetría de ruido en la cabina

De acuerdo a estos valores se concluye que la dosis aún se encuentra por encima de la dosis máxima permitida. Sin embargo, es importante aclarar que la dosis de ruido antes de la intervención era aún mayor, puesto que en el año 2012, la dosimetría de ruido de este puesto de trabajo era de 1526,7% (ver tabla 7), lo que ilustra una reducción significativa del factor de riesgo para el puesto de trabajo de pulido de bidones metálicos.

6.5. Mapas de ruido

Los mapas consisten en un croquis, de precisión aceptable, con las posiciones relativas de las máquinas y demás elementos de interés, al que se añaden los niveles de ruido tomados en suficiente número de posiciones en la zona en estudio; cuantos más puntos de medida, mayor exactitud. Un mapa de este tipo hace resaltar inmediatamente las zonas de niveles peligrosas y es el punto de arranque para el estudio de las disposiciones a adoptar para la protección de los trabajadores o en nuestro caso, es el esquema que nos ilustra los resultados obtenidos, luego de una intervención, por esto, una vez adoptados los cambios, podemos tener una idea clara de hasta qué punto ha mejorado la situación y qué puntos están pendientes por mejorar en un futuro. A continuación se ilustran las interpolaciones realizadas con los diferentes puntos de muestreo y los mapas de ruido realizados con cada sonometría realizada en los años 2012, 2014 (sin intervención) y 2016 (después de la intervención).

6.4.1 Interpolación (30)

La interpolación se puede definir como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio puntos muestrales con valores reales.

Existen diferentes métodos de interpolación, los deterministas formulan unas suposiciones generales, y habitualmente no contrastadas sobre el carácter general de la superficie a interpolar, y en función de ellas establecen la función matemática de interpolación (métodos directos); mientras que los geoestadísticos estudian el carácter de la autocorrelación espacial de la variable a interpolar, usando para ello los puntos muestrales, conocido esto generan, en la fase de cálculo una función de interpolación que tiene en cuenta el grado y el tipo de autocorrelación existente en esa variable (métodos analíticos).

Para el análisis espacial de los datos encontrados en las dos últimas sonometrías realizadas en la empresa RECATAM S.A.S., se utilizó una técnica de interpolación determinista exacta, llamada Interpolación con la media ponderada por el inverso de la distancia (inverse distance weighted IDW), la cual asume que las cosas que están más cerca son más parecidas que las que están más lejos. Para predecir un valor no muestral, utilizará los valores de los lugares que presentan valores muestrales de los alrededores del lugar que se va a predecir.

Los valores de los lugares más próximos al que se va a predecir tendrán más influencia y por lo tanto más peso que los que están más lejos. Este peso disminuye con la distancia.

La fórmula general es:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda * Z(s_i)$$

Donde:

- $Z(s_0)$ es el valor que intentamos predecir para el lugar S_0 .
- N es el número de puntos muestrales alrededor del lugar que se va a predecir y que serán tenidos en cuenta en la predicción.
- λ es el peso asignado a cada punto muestral que vamos a usar. Estos pesos decrecen con la distancia.
- $Z(s_i)$ es el valor observado del lugar S_i .

6.4.1.1. Validación cruzada

Para tener una idea de lo bien que el modelo predijo los valores desconocidos se obtuvo la Cross-Validation. Para todos los puntos, la validación cruzada, omite secuencialmente un punto y predice su valor usando el resto de los valores, después compara el valor observado con el estimado. Para que los valores sean aceptables la media tiene que estar próxima a cero y el error cuadrático medio lo más bajo posible.

- **Validación de la sonometría del año 2012**

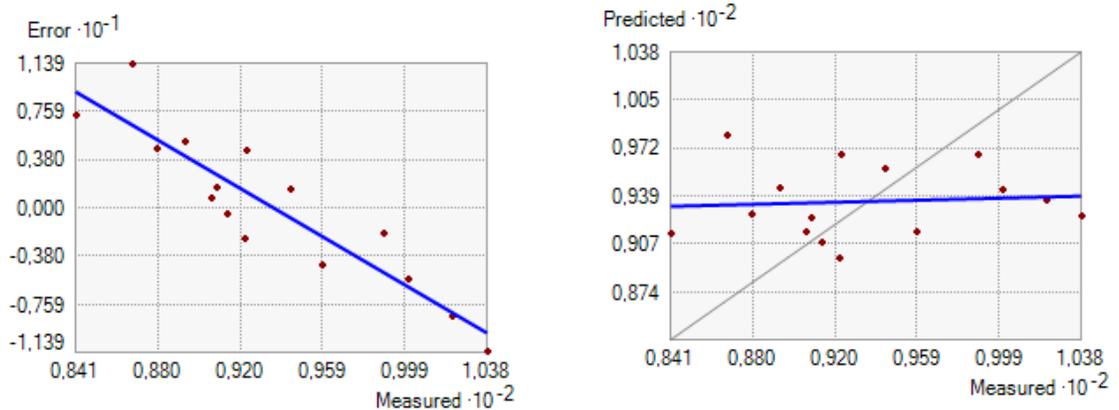


Figura 89. Validación cruzada de la interpolación, de la sonometría del 2012

En la cual se obtiene una media igual a 0,21 y un error de 5,87.

- **Validación de la sonometría del año 2014**

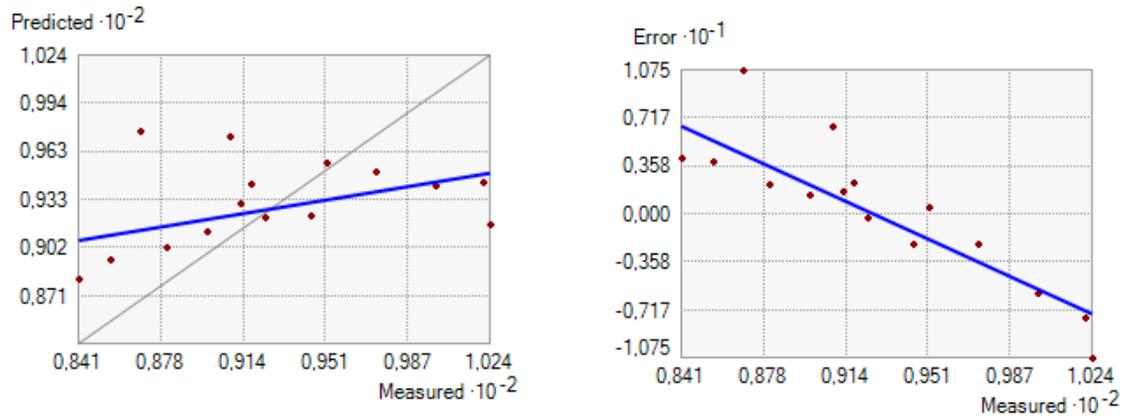


Figura90. Validación cruzada de la interpolación, de la sonometría del 2014

En la cual se obtiene una media igual a 0,30y un error de 5,34.

- **Validación de la sonometría del año 2016**

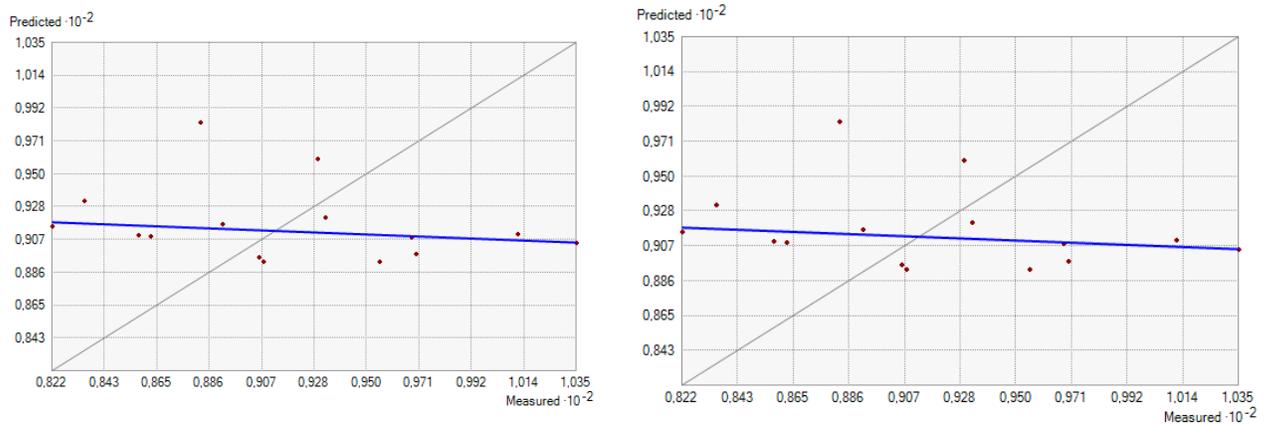


Figura91. Validación cruzada de la interpolación, de la sonometría del 2016

En la cual se obtiene una media igual a - 0,0676.

6.4.2. Soporte para la metodología concerniente a los mapas de ruido.

Para la elaboración de los mapas existen diferentes metodologías que permiten la construcción de las curvas de ruido. Usualmente, se realizan mediciones in situ de ruido ambiental que posteriormente, al aplicar técnicas de interpolación, se estiman valores desconocidos a partir de los registros realizados. Actualmente, los métodos más usados son Kriging e IDW (Inverse Distance Weighting), que se basan en la auto-correlación espacial de los puntos para la predicción y generación de superficies continuas.

Debido a que los métodos de interpolación no contemplan la manera como se propaga el sonido y la existencia de fenómenos acústicos como absorción, reflexión, difracción y atenuación generados por edificaciones y demás objetos existentes en el entorno, la representación de los niveles de presión sonora presenta grandes divergencias con relación al comportamiento del fenómeno in situ. Esta falencia se puede optimizar incrementando la resolución de la rejilla (mayor número de mediciones) con el fin de registrar las variaciones del sonido a medida que se propaga.

Los mapas de ruido se realizaron con la misma convención de colores y rangos, con el fin de comparar bajo el mismo criterio los diferentes mapas. La convención de todos los mapas de ruido es la siguiente:

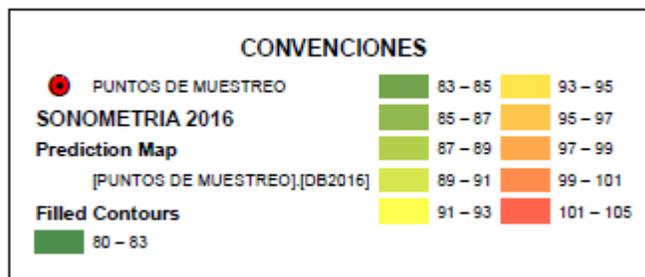


Figura 92. Convención de los mapas de ruido

6.4.3. Mapas de ruido sin intervención 2012-2014

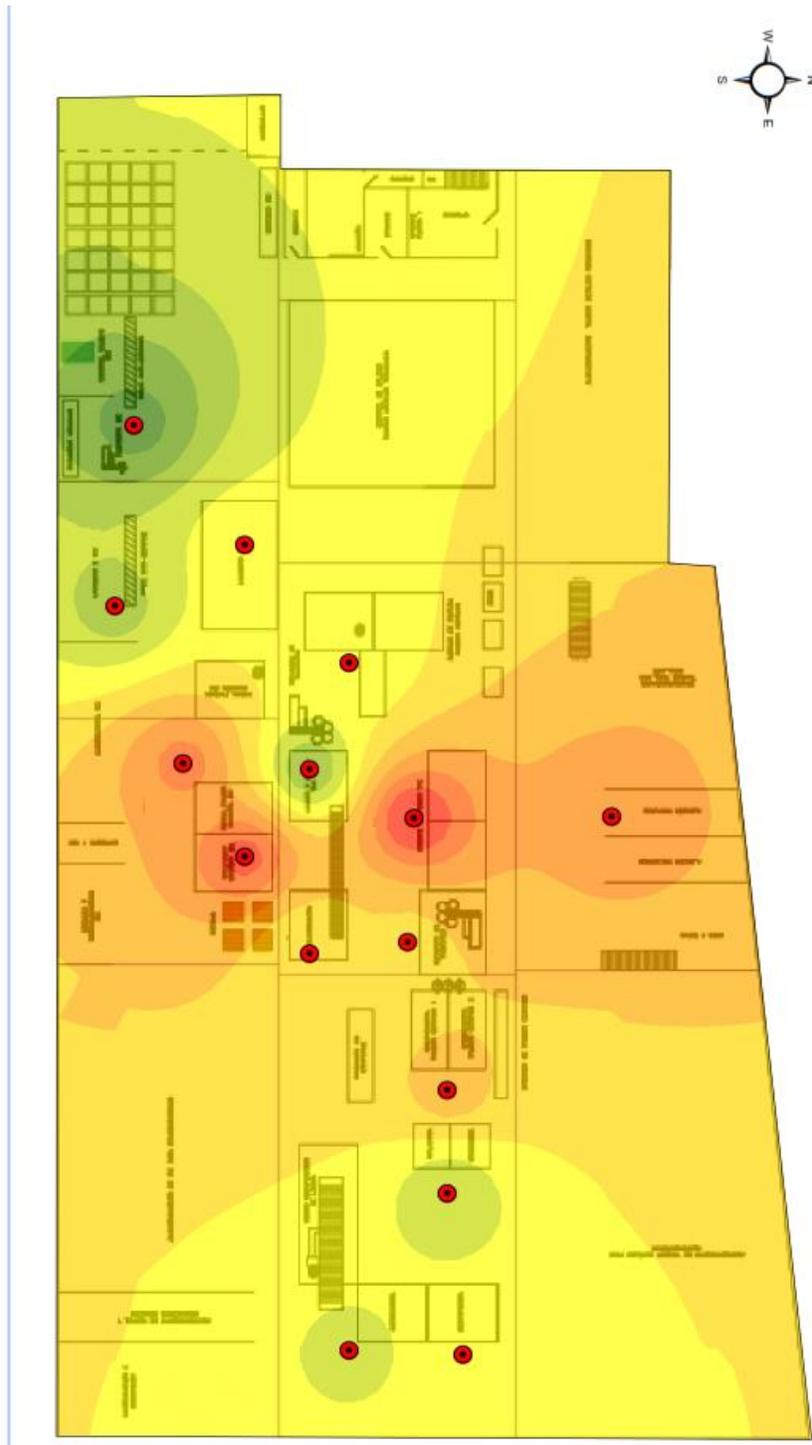


Figura 93. Mapa de ruido de Recatam S.A.S. del 2012

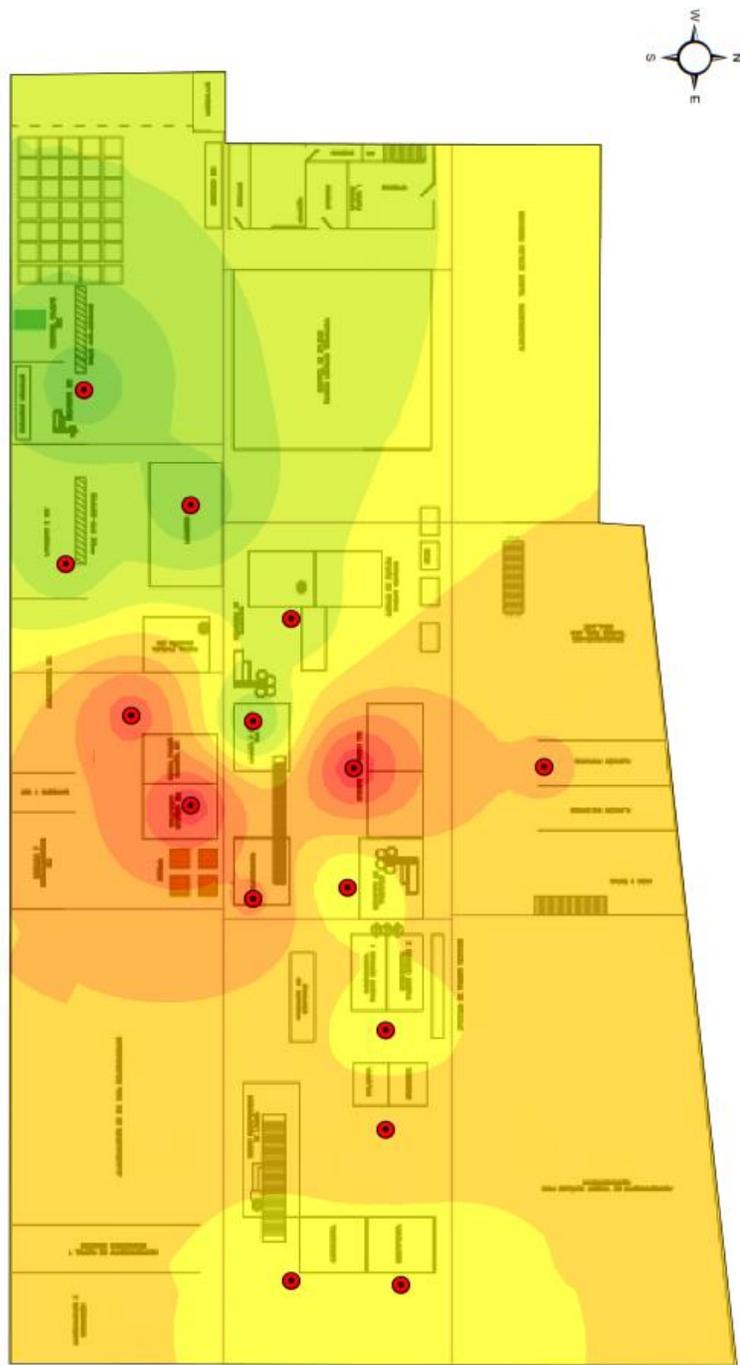


Figura 94. Mapa de ruido de Recatam S.A.S. del 2014

6.4.4. Mapa de ruido luego de la intervención 2016

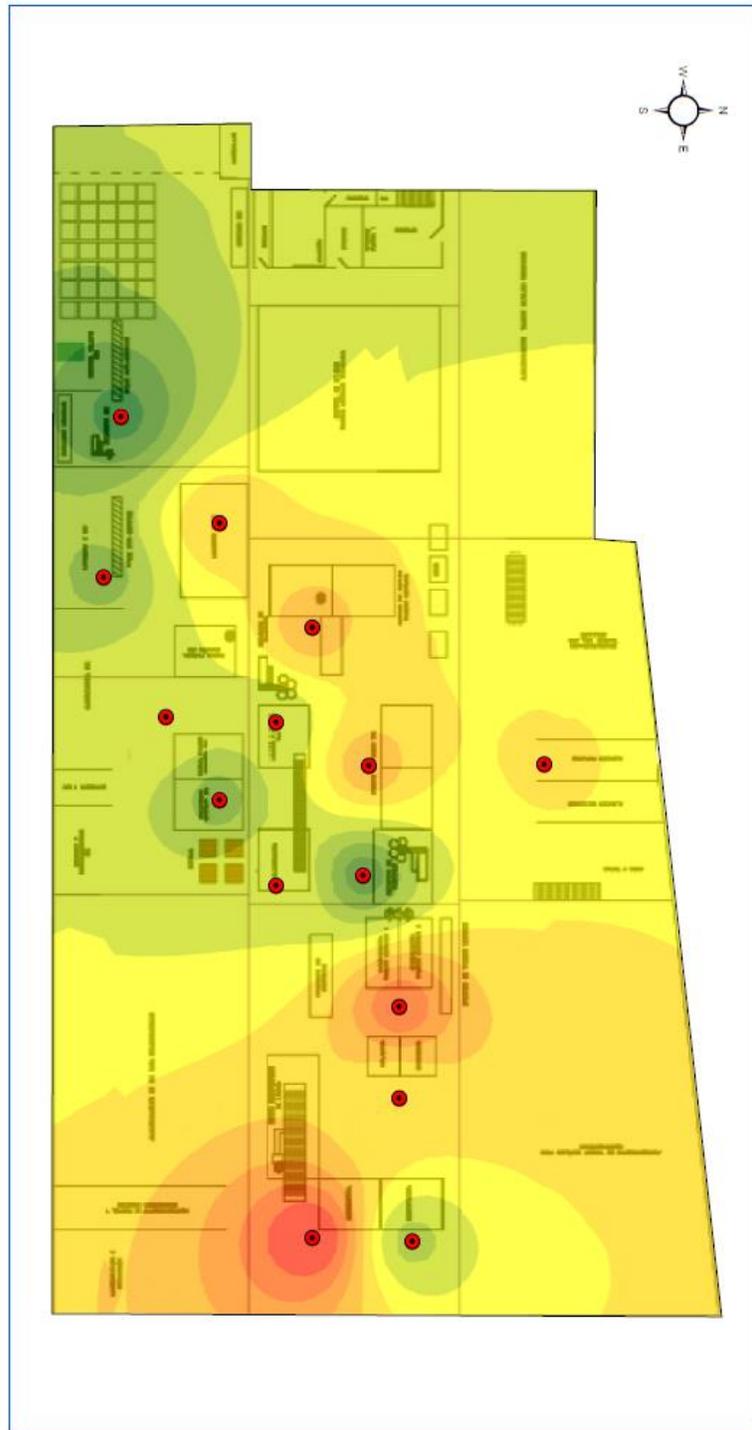


Figura 95. Mapa de ruido de Recatam S.A.S. del 2016

7. Discusión

Durante el análisis de la información suministrada por la empresa, con la previa autorización de los trabajadores, se encontró que no se habían realizado exámenes de ingreso a todos los trabajadores, por lo que no fue posible determinar si la potencial pérdida auditiva de los casos, fue generada antes de ingresar a la empresa.

Adicionalmente, el valor obtenido en el componente predictivo de la regresión logística realizada es muy bajo o casi nulo, esto se debe a que el tamaño de muestra (y por tanto la población) no confieren un poder suficiente para la realización de un análisis estadístico en una investigación de esta naturaleza. Pérez (24) sugieren que el número de sujetos debe ser superior a $(10) \cdot (k+1)$, donde k es el número de covariables; pero se debe tener en cuenta, que el tamaño de la muestra necesaria, es inherente al tipo de estudio que se realiza.

Por otra parte, el hecho de tener mayor edad en los trabajadores de la empresa incrementa la probabilidad de padecer HNIR. Esta observación es complementaria a la informada por Gómez et al (31) quienes realizaron una investigación en el sector de la construcción encontrando hallazgos similares; el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de Madrid (32) relaciona la norma francesa NFS 31-013, "Evaluación de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du déficit auditif, induit par le bruit, de populations exposées", la cual presenta una estimación del déficit auditivo en función de la edad de las poblaciones expuestas, mencionado que en los primeros tres años, salvo exposiciones que sean causa de trauma acústico agudo, las pérdidas de audición no son percibidas por el sujeto. A partir de ahí, en los próximos cinco a diez años, se pierde de 1 a 5 dB por año en las frecuencias entre los 2.000 a 4.000 Hz; a partir de los 5 a 10 años de trabajo en ambiente expuesto a ruido, la evolución de la pérdida es más lenta. La pérdida es de una media de 0,3 a 1,6 dB por año y al cabo de los 30 a 35 años de exposición laboral hay una aceleración de la pérdida auditiva.

Finalmente, es importante mencionar que un propósito adicional de nuestro estudio es apoyar la toma de decisiones para la implementación de programas de prevención y detección temprana de la pérdida auditiva en la empresa teniendo en cuenta factores como la edad y la antigüedad de los trabajadores.

Por esta razón, se realizó una intervención en la herramienta de manera empírica, debido a la especificidad de la necesidad de la empresa, donde se realizaron modificaciones en el diseño original de la pulidora. Este diseño presenta oportunidades de mejoramiento, por lo que se deberán implementar cambios en el futuro de acuerdo a las observaciones suministradas por los trabajadores durante el uso de la herramienta modificada.

Aunque la intervención realizada es efectiva para reducir el ruido es importante que se instale la cabina que se recomienda, con el fin de disminuir la exposición de los trabajadores en cada puesto de trabajo. El presente estudio, no incluyó dicha instalación, debido a que fue limitado el tiempo de ejecución, por lo que no se pudo implementar la intervención en el medio y verificar la eficacia del diseño propuesto.

8. Conclusiones

Se concluye, que al realizar la regresión logística, con el fin de determinar la correlación entre los casos de posible HNIR y los efectos percibidos por los trabajadores de la empresa RECATAM S.A.S., con los factores de riesgo: Exposición al Ruido, Tiempo Trabajado en la Empresa y Edad, no se encontró una relación entre las primeras dos variables mencionadas, pero la Edad sí podría estar relacionada con la Posible HNIR en los trabajadores.

Este estudio pudo arrojar dichos resultados, porque el porcentaje de expuestos de la muestra, es muy similar al porcentaje de no expuestos, lo que no afecta significativamente los resultados de dicha variable. Además, no se analizaron todos los casos de posible HNIR, porque algunos trabajadores ya no laboran en la empresa, lo que afecta el estudio que también se basa en la variable Tiempo Trabajado en la Empresa.

Al conocer la fuerza de asociación, a través de los OR de cada uno de los factores de riesgo, (de una manera independiente), se encontró que el riesgo de padecer HNIR es 1,4 veces mayor en las personas que están expuestas al factor de riesgo; sin embargo cuando se analizó el valor predictivo del modelo en su conjunto se observó que la Edad será el factor de riesgo más influyente. La probabilidad de padecer HNIR es tan solo de del 0,0683%. Esto se debió a que el tamaño de muestra utilizado en esta investigación es muy pequeño, y no otorga un poder suficiente para utilizar la regresión logística.

Con la intervención de la herramienta se obtuvieron los resultados esperados, puesto que el rediseño disminuyó los niveles de presión sonora generados en el proceso de pulido de bidones metálicos. Sin embargo, se tiene aún una generación importante de ruido en el proceso, por lo que es recomendada la modificación de la cabina, por medio de la aplicación de un recubrimiento con un material absorbente acústico. Además del cambio de los EPP auditivos para el personal que se encuentra adentro de la cabina.

Puesto que los niveles de ruido en la empresa en varios procesos, exceden el umbral máximo permisible, la gerencia y el departamento de SISO de la empresa Recatam S.A.S., deben adoptar mecanismos de control que propendan a la mitigación de los niveles de ruido con el fin

de brindar espacios acústicamente sanos a la población trabajadora. Por esta razón las estrategias organizacionales mencionadas en el presente trabajo, son indispensables para disminuir la exposición al factor de riesgo físico ruido, de los trabajadores de la empresa.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta, cuando ingrese un trabajador, las condiciones de salud del mismo, para así asignar un puesto de trabajo acorde, por ejemplo en el caso en que presente desde el inicio una pérdida auditiva, se debe ubicar en las zonas clasificadas como nivel de exposición baja, para evitar el empeoramiento de su salud.

Referencias Bibliográficas

1. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. México: Editorial Mc Graw-Hill; 2006.
2. Arezes PM, Bernardo CA, Mateus OA. Measurement strategies for occupational noise exposure assessment: A comparison study in different industrial environments. *Int J Ind Ergon*. 2012; 42(1):172-177.
3. Medina ÁM, Gómez GIV, Vargas LG, Ayora LMH, Trespalacios. EMV. Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. *CES Salud Pública*. 2013; 4: 116-124.
4. Duarte ASM, Yen RT, Carvalho GMd, Guimarães AC, Pinheiro LAM, Costa EAd, et al. High levels of sound pressure: acoustic reflex thresholds and auditory complaints of workers with noise exposure. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2015; 81(4):374-383.
5. Ministerio de la Protección Social; Pontificia Universidad Javeriana. Guías de Atención Integral en Seguridad y Salud en el Trabajo GATISO HNIR Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2006. [Internet]. [Citado 12 Mar 2016]; 9(2):1-15. Disponible en: <http://www.conhintec.com/images/stories/doc/gatiso/GATI-HNIR.pdf>
6. Ministerio del Trabajo. II Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sistema General de Riesgos. Bogotá D.C: Ministerio del Trabajo; 2013. [Internet] [Citado 12 Mar 2016]; 9(2):1-15. Disponible en: http://ccs.org.co/salaprensa/images/Documentos/INFORME_EJECUTIVO_II%20ENCSST.pdf
7. Ganime JF, Almeida da Silva L, Robazzi ML, Valenzuela Sauzo S, Faleiro S. El Ruido Como Riesgo Laboral: Una Revisión de la Literatura. *Enfermería Global* [Internet]. 2010 [Citado 12 Mar 2016]; 9(2):1-15. Disponible en: <http://revistas.um.es/eglobal/article/view/107321/102711>

8. Tomei G, Fioravanti M, Cerratti D, Sancini A, Tomao E, Rosati MV, et al. Occupational Exposure to Noise and the Cardiovascular System: A Meta-analysis. *Sci Total Environ.* 2010; 408: 681-689.
9. Taboada DB. Efectos del Ruido Sobre la Salud. 18 feb 2009 [citado 20 mar 2016]. En: Blogger [Internet] El Derecho al Descanso. Disponible en: <http://castellonsinruidos.blogspot.com.co/2009/02/efectos-del-ruido-sobre-la-salud.html>
10. Lemus MA, Mariño R. Diseño de una cabina acústica para insonorizar una planta eléctrica de 50 kw Modasa MLS-56. [Tesis de Grado]. Universidad de San Buenaventura; 2007. Disponible en: <http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/handle/10819/1535>
11. González VP, Fernández OEO, Restrepo Osorio H, Aguirre AV. Escalas de Clasificación Audiométrica en Vigilancia Epidemiológica de Trabajadores Expuestos a Ruido En Colombia. *RCSO* [Internet]. 2003 [Citado 18 Ene 2016]; 3(3): p. 5-10. Disponible en: <http://revistasojs.unilibrecali.edu.co/index.php/rcso/article/view/92/100>
12. Unión General de trabajadores de Cataluña, Secretaria de Política Sindical - Salut Laboral. Hipoacusia Laboral por Ruido. [Internet]; Barcelona. 2009 [Citado 01 Dic 2015]. Disponible en: <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/HIPOACUSIA%20UGT%20CATALUNYA%202009%281%29.pdf>
13. Pacheco IV, Casallas MIR, Páez FR. Aproximación a un modelo de costo eficacia de protectores auditivos en el ambiente laboral. *Med Segur Trab* [Internet] 2014 [Citado 12 Ene 2016]; 60 (235) 313-321. Disponible en: <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=25/09/2014-4227ecb78a>
14. Velásquez MP, Zapata TG. El Ruido y el Diseño de un Ambiente Acústico. *Industrial Data UNMSM* [Internet]. 2005 [Citado 18 Mar 2016]; 8(2): 83-85. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6196>
15. Martínez MdC. Aplicación y Evaluación de una Estrategia de Intervención en Trabajadores Expuestos a Niveles Elevados de Ruido.

- Salud trab. (Maracay). 1997 [Citado 12 Feb 2016]; 5(2):71-79. Disponible en:
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/multidisciplinarias//saldetrab/vol5n2/art01.pdf>
16. Gitanjali B, Ananth R. Effect of acute exposure to loud occupational noise during daytime on the nocturnal sleep architecture, heart rate, and cortisol secretion in healthy volunteers. *J Occup Health*. 2003; 45:146-152.
 17. Wayne DW. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. Edición reimpresa. México: Editor Limusa; 1984.
 18. Régimen Legal de Bogotá D.C., Compilación de Normatividad, Doctrina y Jurisprudencia [internet]. Bogotá: 26 -Dic-2012. [Citado 2015 Oct 17]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co>
 19. Aenor, normas [internet]. España: 2010[Citado 2015 Oct 17]. Disponible en:
http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/resultadobusnormas.asp?tipo1=&opcion=1&boton=Ver&pag=&oproyecto=vigor&oproyecto2=vigor&oproyecto3=&logico=no&tipo2=&forma=1&texto=&numero=&clave=&ctn=&numdos=&numtres=&estadonorma=Vigente&ics=17.140.01#.V4_yNfmGuko
 20. Barojas S. Fórmulas para el Cálculo de la Muestra en Investigaciones de Salud. *Salud en Tabasco* [Internet]. 2005 [Citado 18 Feb 2015]; 11(1-2):333-338. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
 21. Ander-Egg E. Técnicas de Investigación Social. Edición 23. Buenos Aires: Editorial Magisterio del Río de la Plata.1993.
 22. Sierra R. Técnicas de investigación Social. Teoría y Ejercicios. 11º edición. España: Editorial Paraninfo s.a. 1998.
 23. Suárez E. Metodologías Simplificadas para estudios en Acústica Ambiental: Aplicación en la Isla de Menorca [Tesis de Grado] Universidad Politécnica de Madrid; 2002.Disponible en:
<http://www.mastesis.com/tesis/metodolog-C3-ADas+simplificadas+para+estudios+en+ac-C3-BAsti:99181>

24. Fiuza MD, Rodríguez JC. La Regresión Logística: Una Herramienta Versátil. Nefrología SEN [Internet]. 2000 [Citado 14 May 2016]; 20(6):495-500. Disponible en: <http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrologia-articulo-la-regresion-logistica-una-herramienta-versatil-X0211699500035664>
25. Hernández DDF, Sánchez DFG. Relación entre la pérdida de la audición y la exposición al ruido recreativo. Otorrinolaringología [internet]. 2011 [Citado 02 May 2016]; 56(1):15-21. Disponible en: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=28503>
26. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. Ruido: Control de la Exposición. Programa de Medidas Técnicas o de Organización. Notas Técnicas de Prevención. Madrid: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo; 2012. Reporte No.960. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/960w.pdf>
27. Audio Engineering Society [Internet]. México: Bunker Audio.; 2016 [Actualizado 01 Oct 2012; Citado 15 May 2016]. Disponible en: <https://www.bunker-audio.com/bunker-audio-portal-sonido-documentos.php?id=3>
28. Análisis espectral de ruido. Documentación técnica sobre ruido [Internet]; 2016 [Citado 05 12]. Disponible en: [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(2\)%20Analisis%20espectral/indices%20de%20valoracion%20de%20ruido.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(2)%20Analisis%20espectral/indices%20de%20valoracion%20de%20ruido.htm)
29. M Ciencia Aplicada a la Vida. Equipos de protección personal EPP 3M. [Internet]. 2016 [Citado 2016 05 12]. Disponible en: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/es_BO/PPE_SafetySolutions_LA/Safety/Products/Endeca-Product-Catalog/?N=5023182+3293820554+8702287&rt=r3
30. Murillo D, Ortega I, Carrillo JD, Pardo A, Rendón J. Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. Ing USBMed. 2012 Enero; 3(1): 62-68.
31. Gómez P, Pérez B, Meneses A. Pérdidas Auditivas Relacionadas con la Exposición a Ruido en Trabajadores de la Construcción. Med

Segur Trab [Internet]. 2008[Citado 12 Mar 2016]; 54 (213): 33-40.
Disponible en:
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2008004400004&lng=es&nrm=iso

32. Tu Salud no Está en Nomina [Internet] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo - Consejería De Empleo y Mujer. Hipoacusia Laboral. 2016 [Citado 05 May 2016] Madrid: Editor B.O.C.M. Disponible en: <http://tusaludnoestaennomina.com/wp-content/uploads/2014/06/Hipoacusia-laboral.pdf>

Anexos
Anexo 1. Ficha técnica del protector auditivo actual.



INFORMACION GENERAL

La silicona de protección auditiva es un material de dos componentes los cuales se mezclan en proporción 4.7 gr del color (Azul o Rojo) por 4.4 gr del blanco, debes de mezclar las dos siliconas hasta que alcance un color uniforme, si la temperatura del lugar es alta vas a necesitar menos cantidad del blanco ya que se acelera el proceso de endurecimiento, el tiempo de mezcla es aproximadamente entre 20 a 30 segundos, luego se introduce en la jeringa de impresión para la elaboración del protector directamente en el oído de la persona, dejar endurecer entre 5 y 7 minutos. Este material es usado en la fabricación de protectores personalizados para el oído contra el ruido y también en la fabricación de protectores personalizados para el oído contra el agua.

Esta silicona presenta una gran flotabilidad en el agua, es moldeable, esparcible y antialérgica. El grado de dureza una hora después de realizado el protector es de 40 shore.

Parámetros a tener en cuenta:

Temperatura de trabajo Aprox 23 grados centígrados.
 Tiempo de mezcla Aprox 20 segundos.
 Tiempo de endurecimiento..... Aprox 5-7 minutos.

ALMACENAMIENTO.

La silicona debe ser almacenada en temperatura ambiente y se debe mantener siempre tapados los recipientes que la contienen. Si se almacena correctamente se garantizan 12 meses de duración.

TABLA DE ATENUACION CONTRA EL RUIDO
 (Elaboración bajo jeringa de impresión)

FRECUENCIA	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
ATENUACION MEDIA	20,5	20	25,5	37,5	37,8	44	42,5	41
DESVIACION ESTANDAR	4,9	5	3,7	4,1	5	4,3	5	5

Teléfono: 611 4578
 Celular: 318 333 6749
protebet.sas@gmail.com
 Dirección: cr43a #40s – 79
 Envigado Antioquia



Anexo 2. Encuesta Sociodemográfica

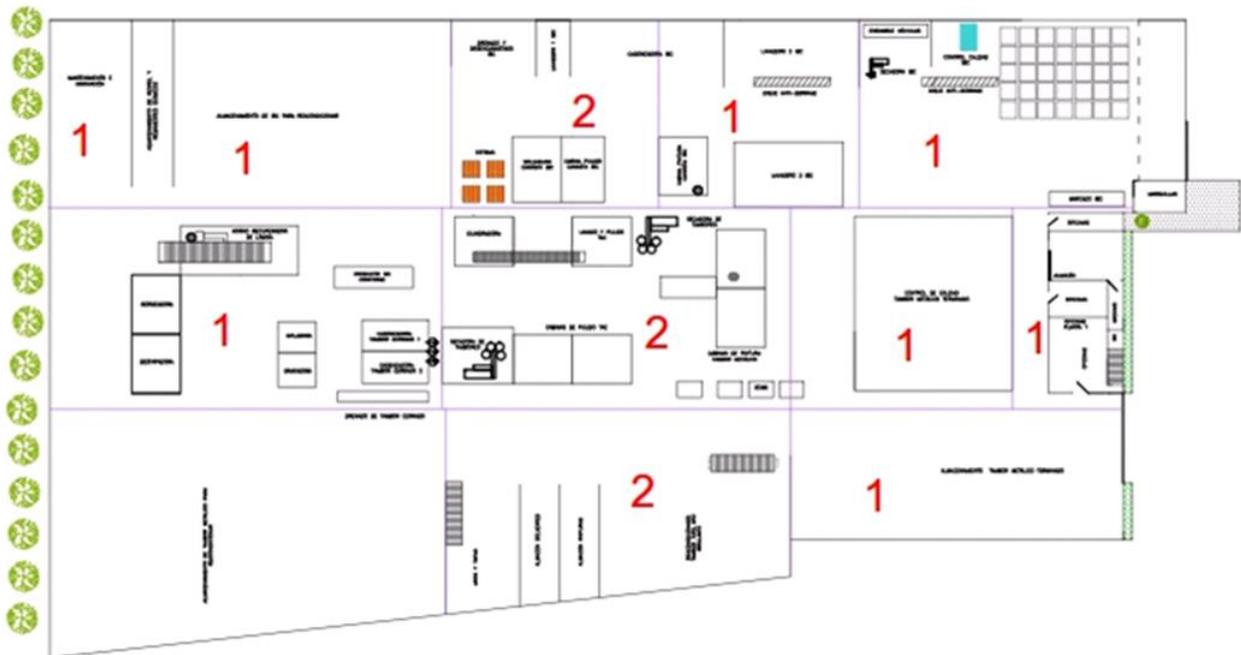
ENCUESTA SOCIODEMOGRÁFICA- CONDICIONES DE SALUD Y CONDICIONES DEL TRABAJO										
Señor Trabajador: La información suministrada es completamente confidencial.										
DATOS GENERALES										
1. Género	M: F:	Fecha Nacido:		Cargo:		2. Edad:		Antigüedad:		
3. Estado civil	Soltero	Casado	Viudo	Divorcio	Unión libre	4. Número de hijos				
5. Escolaridad		Primaria	Secundaria	Técnico	Tecnólogo	Universitario		Otros		
6. Servicios de Salud			EPS		ARL		AFP		OTROS	
7. INGRESOS			1 SMLV	Entre 1 Y 1/2 SMLV		Entre 2 y 1/2 SMLV		Más de 3 SMLV		
8. QUE ACTIVIDADES REALIZA EN SU TIEMPO LIBRE										
CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA Y EL TRANSPORTE										
9. Tipo de vivienda		Propia		Alquilada		Familiar		Otra		
10. Cuenta con servicios sanitario		Si:		No:		11. Cuenta con agua potable		Si: No:		
12. Estrato						13. Cuenta con electricidad		Si: No:		
14. Sector en el que reside				15. Cuanto tiempo se demora del casa-trabajo				horas		
16. Tipo de transporte		Bus	Moto	Carro	Metro	Bicicleta	A pie	Otro		
CONDICIONES GENERALES DE SALUD										
17. Practica algún deporte						1 vez a la semana		3 veces por semana		Más de 3 veces sem
18. Usted fuma			19. Usted Consume licor			20. Consume sustancia alucinógenas		21. Practica algún juego de azar		
No	Ocasional	Frecuente	No	Ocasional	Frecuente	Si	No	Si	No	
22. La última vez que visito al médico para un examen general fue					1 a 3 meses		3 a 6 meses		Más de 6 meses	
23. La última vez que visito a un psicólogo fue					1 a 3 meses		3 a 6 meses		Más 6 meses	Nunca
24. Ha sufrido o sufre de								25. Utiliza anteojos		
Hepatitis	Gastritis	Diabetes	Presión	Migraña	Otra	Enfermedad Auditiva		Si	No	
26. Presenta con			27. Generalmente se		28. Se		29. Le es difícil quedarse			

	frecuencia dolor o molestia en:	encuentra		preocupa usted por su salud		dormido a la hora de acostarse	
Cabeza		Deprimido		Si		Si	
En la espalda y/o cuello		Preocupado					
Hombros, brazos y manos		Alegre		Algunas veces		Algunas veces	
En la cadera		Mal genio					
En las piernas, Rodillas o Pies		Cansado		No		No	
Ninguna de las anteriores		Somnoliento		No se		No se	
	30.Esta en algún tratamiento medico	Si	No	31.Consume algún medicamento		Si	No
						¿Cuál?	

AUTO REPORTE DE LAS CONDICIONES DE SALUD Y TRABAJO					
	PREGUNTAS	Si	No	Algunas veces	No se
	32. ¿Cuándo se encuentra en su casa durante el fin de semana, le molesta el ruido de su barrio?				
	33.¿Cuándo se encuentra en su casa durante la semana, le molesta el ruido de su barrio?				
	34.¿Considera que le cuesta concentrarse para realizar ciertas actividades debido al ruido?				
	35.¿Sufre mareos?				
	36.¿Tiene la sensación de estar emocionalmente agotado, falto de energía?				
	37.¿Sufre alteraciones del apetito o digestivas?				
	38.¿Usted asiste a conciertos, fiestas o rumbas habitualmente?				
	39.¿El ruido le permite mantener una conversación con sus compañeros de trabajo sin elevar la voz?				
	40.Si el nivel de ruido en su sitio de trabajo es alto, ¿puede usted alternar este sitio con otros en los que el nivel del ruido sea más bajo?				
	41.Fuera de su trabajo, ¿puede escuchar el televisor, el radio o el teléfono perfectamente a un volumen normal?				
	42. ¿Considera que usa las herramientas o equipos adecuados para cada trabajo?				
	43.¿Considera que el tiempo en que se debe de ejecutar la tarea es el adecuado?				
	44.¿Cuenta con los elementos de protección personal y los usa correctamente?				
	45.¿Usualmente escucha música a alto volumen?				
	46.¿Conoce bien los riesgos a los que está sometido en su puesto de trabajo?				
		Bajo	Alto	Muy Alto	Molesto
	47.El nivel percibido del ruido en su empresa es				

48. De las siguientes fuentes de ruido, Indique cuáles están presentes en su barrio						49. Con qué frecuencia usted utiliza audífonos para escuchar música, noticias, partidos de fútbol, etc.
Carros, buses, camiones			Colegios o jardines infantiles			
Empresas o talleres			Bares y discotecas		a. Menos de 1 hora diaria	
Aviones			Animales		b. Entre 1 y 4 horas diaria	
Metro			Música		c. Más de 4 horas diarias	
	50. ¿Qué opina usted sobre el uso de protección personal auditiva?			51. Cuando está en su casa, le molesta el ruido de su barrio para		
	a. No es necesaria utilizarla			Escuchar radio y televisión		
	b. Impide hacer su trabajo con normalidad			Entablar una Conversación		
	c. Es importante utilizarla durante toda la jornada laboral			Leer		
	d. Es importante utilizarla sólo para algunas actividades			Conciliar el sueño		

52. En el siguiente mapa de la empresa ubique cual ha sido el lugar de trabajo en el que ha permanecido más tiempo:



Anexo 3. Ficha técnica de la herramienta

Angle Grinder

CP857 - 7" Heavy Duty Angle Grinder

- ▶ Powerful 1.25hp (950W) high performance motor for fast metal removal
- ▶ Aluminum alloy housing is rugged, yet lightweight
- ▶ Spiral bevel gearing in angle head provides extended life and smooth low vibration
- ▶ Excellent for weld preparation and smoothing, rust removal, deburring and blending of steel, cast iron and aluminum
- ▶ Max rpm: 7,500



	CP857
Part Number	T024387
Collet/Spindle [in]	5/8-11
Wheel Size [mm (in)]	178 (7)
Maximum rpm	7,500
Weight [kg (lbs)]	2.83 (6.25)
Length [mm (in)]	334 (13.13)
Avg. Air Consumption [l/min (CFM)]	340 (12)
Actual Air Consumption [l/min (CFM)]	679 (24)
Air Inlet Thread Size NPTF [in.]	1/4
Minimum Hose Size [mm (in)]	10 (3/8)
Sound dB(A) Pressure	101.9
Vibration m/s²	2.7