



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DEL RIESGO AUDITIVO Y EFECTIVIDAD DE EQUIPOS DE
PROTECCIÓN PERSONAL EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA
EMPRESA AVIOANDES.

Autores

Javier Alexander Jurado Velásquez
Cristhian Ramiro Zapata Mafla

Año

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DEL RIESGO AUDITIVO Y EFECTIVIDAD DE EQUIPOS DE
PROTECCIÓN PERSONAL EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA
EMPRESA AVIOANDES.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieros de Sonido y Acústica

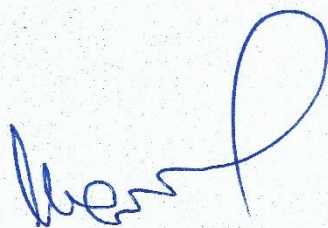
Profesor Guía
MSc. Miguel Ángel Chávez

Autores
Javier Alexander Jurado Velásquez
Cristhian Ramiro Zapata Mafla

Año
2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación del riesgo auditivo y efectividad de equipos de protección personal en el área de mantenimiento de la empresa Avioandes, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Javier Alexander Jurado Velásquez y Cristhian Ramiro Zapata Mafla, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



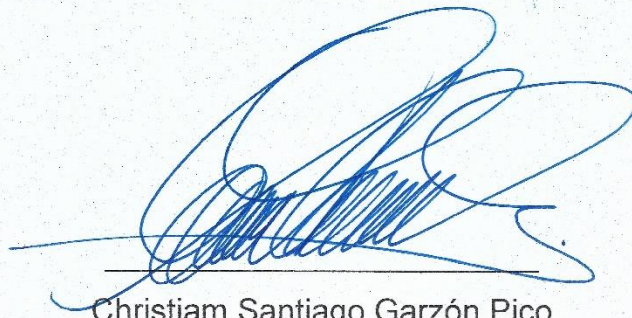
Miguel Ángel Chávez Avilés

Master of Science in Sustainable Building Engineering

CI: 1710724848

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación del riesgo auditivo y efectividad de equipos de protección personal en el área de mantenimiento de la empresa Avioandes, de los estudiantes Javier Alexander Jurado Velásquez y Cristhian Ramiro Zapata Mafla, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several large, overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal line.

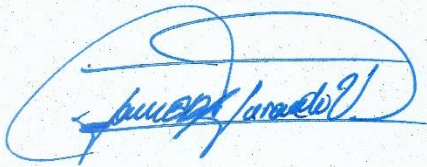
Christiam Santiago Garzón Pico

Máster en Acústica Arquitectónica y Medio Ambiental

Ci: 1713644621

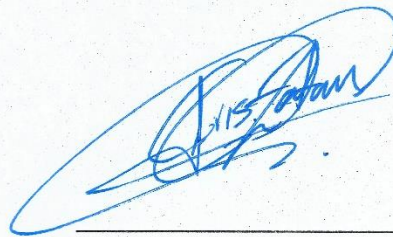
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.



Javier Alexander Jurado Velásquez

CI: 1718890229



Cristhian Ramiro Zapata Mafla

CI: 1715601405

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres por brindarnos la fortaleza necesaria para cumplir nuestras metas y forjarnos como personas de bien. Así como también, a nuestros docentes que supieron guiarnos a lo largo de la carrera e impartirnos los conocimientos necesarios para llegar a ser excelentes profesionales. Finalmente, agradecemos a la empresa Avioandes por abrirnos sus puertas y permitirnos realizar esta investigación.

DEDICATORIA

A nuestros padres, los cuales han sido partícipes de muchos de nuestros logros. Quienes han sido nuestro pilar fundamental y gracias a su esfuerzo, constancia y amor, han hecho que esta meta sea cumplida satisfactoriamente.

RESUMEN

La investigación tiene como finalidad evaluar el riesgo auditivo al que se encuentra sometido el personal de mantenimiento de la empresa Avioandes y determinar la efectividad de los equipos de protección que utiliza el personal en su desenvolvimiento laboral. Para realizar el estudio se hicieron mediciones de ruido durante el mes de diciembre de 2019, durante la jornada de trabajo completa en los sitios donde operan los empleados de la empresa. Para garantizar la validez de los datos, las mediciones se fundamentaron en la Norma Internacional ISO 9612.

La metodología empleada fue la observación de las actividades de los trabajadores en su relación con el ruido. En la primera etapa se identificaron las tareas que el grupo realiza en su jornada laboral, posteriormente, se realizaron las mediciones de nivel de presión sonora y dosis de ruido en cada lugar de trabajo. Así, se obtuvieron tres tareas que el grupo realiza y se las clasificó de acuerdo al nivel de ruido; siendo la primera tarea la que equivale al nivel de ruido más significativo. Como herramientas de investigación se utilizó un sonómetro y un dosímetro.

A los datos que arrojaron las mediciones se les aplicó fórmulas que permiten conocer el porcentaje de dosis de ruido, las varianzas con los estándares internacionales, las desviaciones y el nivel de exposición al ruido. Se tabularon y graficaron los datos obtenidos y finalmente, se realizó una relación entre el nivel de ruido más significativo y las audiometrías realizadas en el último año a los trabajadores estudiados.

Como conclusión se obtuvo que los empleados se encuentran expuestos a una dosis de ruido de 378,18%, cuando lo normal es 100%, según el Decreto

Ejecutivo 2393. Además, se determinó que los empleados si cuentan con equipos de protección adecuados para las tareas que realizan porque reducen el valor de dosis de exposición al ruido a 22,10%. De esta manera se determina que los empleados de mantenimiento de la empresa Avioandes no se encuentran en riesgo auditivo ya que el equipo de protección que utilizan es el adecuado para los niveles frecuenciales de ruido al que se exponen.

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the hearing risk to which the maintenance personnel of Avioandes are subjected and to determine the effectiveness of the protective equipment used by the personnel in their work place. To carry out the study, noise measurements were taken during the month of December 2019, during the entire working day at the sites where the company's employees operate. To ensure the validity of the data, the measurements were based on the International Standard ISO 9612.

The methodology used was the observation of workers' activities in relation to noise. First of all, we identified the tasks that the group performs during their working day. Subsequently, we took the sound pressure level and noise dose measurements at each work site. We determined three tasks that the group performs and we classified them according to the noise level; being the first task the one that is equivalent to the most significant noise level. A sound level meter and a dosimeter were used as research tools.

Then, we run formulas to the data obtained from the measurements that allowed us to know the percentage of noise dose, its variances with international standards, the deviations and the level of exposure to noise. The data obtained was tabulated and graphed and finally, a comparison was made between the most significant noise level and the audiometry performed to the workers during the last year.

The conclusion is that employees are exposed to a noise dose of 378.18%, when normal exposure should be 100%, according to the Executive Decree 2393. In addition, we determined that employees do have adequate protective equipment for the tasks they perform since they reduce the noise exposure dose value to

22.10%. Therefore, it can be inferred that Avioandes' maintenance employees do not face hearing risks because the protective equipment they use is appropriate for the frequency levels of noise to which they are exposed.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Alcance	4
1.3. Justificación	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
2. Marco Teórico	7
2.1. Efectos del ruido en la salud del ser humano	7
2.1.1. Efectos Fisiológicos	7
2.1.2. Efectos Auditivos	8
2.1.3. Efectos fisiológicos no auditivos	9
2.1.4. Efectos psicológicos o psicosociales	9
2.1.4.1. Interferencia en la comunicación.....	9
2.1.4.2. Trastornos del sueño	9
2.1.4.3. Pérdida de atención	9
2.1.4.4. Estrés.....	9
2.2. Tipos de ruido	10
2.2.1. Ruido estacionario o continuo.....	10
2.2.2. Ruido no estacionario o discontinuo	10
2.2.3. Ruido de Fuentes Antropogénicas.....	11
2.2.3.1. Ruido de tráfico aéreo	11
2.2.3.2. Ruido por tráfico vehicular.....	12

2.3. Normativas y decretos utilizados en la investigación	12
2.3.1. Normativa ISO 9612	12
2.3.2. Decreto ejecutivo 2393	13
2.3.3. Real Decreto 286.....	13
2.4. Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre	14
2.5. Nivel de intensidad del sonido.....	14
2.6. Audiometrías	15
2.7. Protectores Auditivos.....	16
2.7.1. Protectores auditivos moldeables	17
2.7.2. Protectores auditivos pre-moldeados.....	18
2.7.3. Protectores auditivos de orejera (Over-ear)	18
2.8. Ponderaciones	19
2.9. Nivel de presión sonora promediada en el tiempo con ponderación A “Lp,A,T”	20
2.10. Nivel de exposición al ruido en una jornada de 8 horas con ponderación A “LEX,8h”	21
2.11. Nivel de presión sonora pico con ponderación C “Lp,Cpico”	22
2.12. Dosis de ruido	22
2.13. Jornada nominal	25
2.14. Función	25
3. Metodología	26
3.1. Logística	26
3.2. Plan de mediciones.....	27
3.3. Estrategia por funciones	27

3.4. Fuentes de ruido.....	28
3.4.1. Bombardier Dash Q200	28
3.4.2. TLD TMX - 450 Remolcador Push – Back	29
3.4.3. TLD GPU 4090 CUP 28V	30
3.4.4. TUG MA-50-1	30
3.5. Equipo de protección auditiva Avioandes	31
3.6. Mediciones.....	32
3.6.1. Selección de instrumentación	32
3.6.1.1. Sonómetro CESVA SC-310	32
3.6.1.2. Sonómetro 01dB FUSION SLM.....	33
3.6.1.3. Dosímetro CIRRUS DoseBadge CK-110A/1	34
3.6.2. Colocación de instrumentos de medición en el trabajador	35
4. Resultados.....	40
4.1. Tarea 1 (Despegue y aterrizaje)	40
4.2. Tarea 2 (Procesos complementarios).....	41
4.3. Tarea 3 (Labores de oficina)	42
4.4. Protectores auditivos	43
4.5. Cálculo de atenuación.....	45
4.6. Dosis	47
4.7. LEX,8h para un grupo homogéneo de trabajadores.....	49
4.8. Audiometrías	50
5. Conclusiones y Recomendaciones	54
5.1. Conclusiones.....	54
5.2. Recomendaciones	56

REFERENCIAS 57

ANEXOS61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El oído y sus componentes físicos.	8
Figura 2. Desplazamientos del umbral auditivo (Presbiacusia).	8
Figura 3. Espectro de ruido continuo.....	10
Figura 4. Espectro de ruido discontinuo.	11
Figura 5. Medición de ruido de tráfico aéreo.	11
Figura 6. Campaña de concienciación acerca del ruido.	12
Figura 7. Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.....	14
Figura 8. Zonas de pérdida de audición.	16
Figura 9. Tapones auditivos moldeables E-A-R soft 3M.....	17
Figura 10. Protectores auditivos pre-moldeados Ultrafit 25-3M.	18
Figura 11. Protectores auditivos de orejera Optime 98-3M.	19
Figura 12. Ponderaciones A, C, Z (atenuación - frecuencia).	20
Figura 13. Ilustración de jerarquía de funciones y tareas.	26
Figura 14. Aeronave Bombardier Dash Q200.....	29
Figura 15. Remolcador Push – Back TLD TMX – 450.	29
Figura 16. Unidad de fuente de energía TLD GPU 4090 CUP 28V.	30
Figura 17. Remolcador para maquinaria liviana TUG MA-50-1.	31
Figura 18. Protectores auditivos 3M Peltor Optime I.....	31
Figura 19. Sonómetro y analizador de espectro CESVA SE310.	33
Figura 20. Calibrador CESVA CB006.....	33
Figura 21. Sonómetro 01dB Fusion SML.	34
Figura 22. Calibrador 01dB CAL 31.	34
Figura 23. Dosímetro CIRRUS DoseBadge.	35
Figura 24. Colocación de dosímetro en personal de mantenimiento.	36
Figura 25. Vista de planta del recinto de medición.	37
Figura 26. Medición de ruido in situ.....	38
Figura 27. Dosímetro colocado en el personal de mantenimiento.	38
Figura 28. Vista de planta de la oficina y puntos de medición.	39
Figura 29. LAeq medido en la tarea 1.	41
Figura 30. LAeq medido en la tarea 2.	42

Figura 31. LAeq medido en la tarea 3.	43
Figura 32. Atenuación de los protectores auditivos 3M Optime I.	44
Figura 33. Valores porcentuales de atenuación por octava de frecuencia.	45
Figura 34. Grafica de nivel en la tarea 1 y atenuación del EPA.	46
Figura 35. Comparación de niveles con EPA y sin EPA.	47
Figura 36. Comparativa de niveles de exposición al ruido diario con el uso de EPA y sin EPA.	50
Figura 37. Promedio de audiometrías oído derecho.	52
Figura 38. Promedio de audiometrías oído izquierdo.	53

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Al ruido se lo puede considerar como un factor importante dentro de la contaminación ambiental. Dentro de los tipos de ruido se incluyen: ruido de transporte (tanto aéreo como terrestre), industrial, entre otros factores que son los causantes de contaminación acústica. En base a estudios de laboratorio, se ha determinado que la exposición al ruido vehicular causa perturbaciones en el sueño, además interfiere en el desempeño de tareas y altera el comportamiento social causando molestias (Stephen, 2003). Los estudios de exposición al ruido laboral y ambiental se asocian directamente con la hipertensión (Groenewold, 2014). La constante exposición al ruido emitido por las aeronaves, así como también al ruido por rodadura, está directamente ligado con problemas psicológicos (Hansell, 2013).

Estudios realizados en el área industrial, relacionan a la exposición al ruido con una sobreproducción de catecolamina. Esta hormona es la encargada de secretar sustancias químicas, mismas que se encargan de la transmisión de señales a otras células (Elliott, 2013). La hormona denominada catecolamina es importante para contrarrestar al estrés. Por otro lado, las altas concentraciones de dicha hormona, puede desembocar en problemas como: presión arterial alta, dolores de cabeza, sudoración, latidos cardíacos fuertes, dolor en el pecho y ansiedad (Elliott, 2013). En los niños, una elevada exposición hacia el ruido generado por aeronaves genera déficit en la comprensión lectora, así como también un decremento de memoria a largo plazo (Stephen, 2003).

El ruido, al cual se lo puede definir como "sonido no deseado", se lo categoriza como un factor causante de estrés y contaminante ambiental. Existen efectos causados por la exposición al ruido que no dañan al oído, pero si afectan la salud

y al bienestar humano. Debido a esto, el ruido puede desembocar en un problema psicológico, sin verse alterada la parte fisiológica. (Stephen, 2003).

Una constante exposición a ruidos que fluctúan entre 85 - 90 dBA, puede desencadenar una pérdida progresiva de la audición. Generalmente esta exposición se evidencia en la jornada laboral de un trabajador industrial, (Stephen, 2003).

La pérdida de audición a ciertas frecuencias está ligada a los efectos de altos niveles de energía sonora en el oído interno. Sin embargo, el ruido ambiental, a diferencia del ruido industrial, tiene menor concentración de nivel y sus efectos sobre la salud auditiva no pueden ser catalogados como causantes de la pérdida de audición (Stephen, 2003). Por otro lado, si el ruido causa deterioro en la salud, se cree que el mismo puede causar perturbaciones en las actividades cotidianas y la comunicación. Existen casos en los cuales la molestia se convierte en afecciones a la salud y posteriormente en enfermedades permanentes (Wagoner, 2007).

La respuesta al estímulo del ruido puede depender de las características propias del sonido, entre estas están incluidas: la intensidad, frecuencia, duración y el contexto del ruido (Stephen, 2003). Ante estos casos, la posible solución para evitar exposiciones a altos niveles de ruido es utilizar protectores auditivos, pero ¿Qué tan efectivos son estos protectores?

El ruido excesivo ha sido un problema frecuente en lugares de trabajo a lo largo del tiempo. Los protectores auditivos, o equipo de protección auditiva (EPA), se usan principalmente en el lugar de trabajo para proteger la audición de las personas expuestas a ruido. Si un trabajador está debidamente capacitado y el

equipo de protección se usa correctamente, se puede reducir el nivel de ruido que ingresa al canal auditivo del trabajador, lo que reduce la posibilidad de pérdida de audición inducida por el ruido.

Aunque los protectores auditivos ayudan a atenuar el ruido no deseado, también pueden dañar la comunicación vital, especialmente en ocupaciones potencialmente peligrosas. Las comunicaciones vitales pueden ser desde señales de advertencia, compañeros de trabajo y/o supervisores que hablan con el trabajador, o incluso algo tan simple como el sonido de una máquina que no funciona correctamente (Rodríguez, 2018).

Por razones de seguridad, ha habido una necesidad de evaluar la exposición al ruido y la inteligibilidad del habla como problemas conectados, especialmente en entornos de alto ruido como los lugares de mantenimiento de turbinas de aviones o hangares (Rodríguez, 2018).

Un estudio que probó el efecto de los tapones auditivos en la percepción del habla del pasajero en un avión de ala giratoria encontró que éstos no interfieren con la percepción del habla y que el uso de estos puede mejorar su inteligibilidad (Valero & Pacheco, 2014). Por otro lado, se encontró que el efecto de usar dispositivos de protección auditiva en la inteligibilidad del habla dependía del nivel de ruido de fondo. Por debajo de 70 dB, hay una pérdida de inteligibilidad del habla; pero, por encima de 85 dB, no causa degradación, de hecho, puede causar una leve mejora en la inteligibilidad del habla (Miligi & Masala, 1991).

Los daños auditivos por la exposición al ruido en aeropuertos tienen relación con los horarios laborales, estos pueden causar efectos negativos en la actitud y comportamiento de los trabajadores. Se realizaron estudios donde se tuvo como

objetivo investigar riesgos para la salud causados por trabajo en modalidad de turnos. La investigación se efectuó sobre una cierta cantidad de trabajadores del Aeropuerto Internacional de El Cairo (CIA), Egipto, donde se encontró más de un factor preocupante para los empleados del lugar. Al evaluar los efectos del ruido en las áreas de trabajo se determinó que 200 empleados se encuentran expuestos al ruido de las aeronaves con un nivel de 106.5 dB, y 110 trabajadores que se encuentran en lugares de control como oficinas se exponen a niveles de 54 dB (Rizk, 2016).

Todos los empleados se sometieron a un examen médico completo, donde se determinó que, en los turnos con mayor nivel de ruido, existía personal con deficiencia auditiva, sueño alterado, presión arterial elevada, dolores de cabeza. Los síntomas de ansiedad fueron más prominentes entre los trabajadores de horario nocturno, mismos que están expuestos al ruido directo de las aeronaves con relación a los trabajadores del área de control en el mismo horario de trabajo (Rizk, 2016).

Avioandes es una empresa dedicada al transporte aéreo de carga y pasajeros en helicópteros y aviones dentro del país. Dicha empresa cuenta con trabajadores en distintas áreas, los cuales están expuestos diariamente a niveles de ruido aéreo, terrestre y de maquinaria. Con el fin de evidenciar los niveles a los cuales están expuestos los empleados de la empresa Avioandes y demostrar si esto perjudica o no en su salud, se propuso realizar esta investigación. Se realizaron reuniones con el área de Seguridad operacional, Seguridad ambiental y jefatura de mantenimiento de la empresa. Obteniendo una respuesta favorable y los permisos de operación pertinentes por parte de la empresa.

1.2. Alcance

El estudio plantea evaluar el riesgo auditivo al que se exponen los empleados del área de mantenimiento de Avioandes. Para eso se realizó mediciones que determinan el nivel de ruido al cual se exponen los trabajadores. Con estos valores, se plantea analizar la efectividad de los equipos de protección auditiva que son utilizados por los trabajadores estudiados.

De esta manera, se realizará un análisis entre el nivel al que están expuestos los empleados y la respuesta frecuencial del oído. Para determinar si el ruido al que se encuentran expuestos está afectando en su salud auditiva. La zona de estudio se programó en el Aeropuerto internacional Mariscal Sucre de Tababela, donde Avioandes opera diariamente.

Finalmente se relacionará el ruido más significativo con la media de los valores frecuenciales de las más recientes audiometrías del personal estudiado. Esta investigación se fundamentará en el Decreto Ejecutivo 2393 de las normas ecuatorianas, la Normativa Internacional ISO 9612 y el Real decreto 286 de España (2006).

1.3. Justificación

La investigación propuesta permitió evaluar el riesgo auditivo al que están expuestos los trabajadores del área de mantenimiento de Avioandes. Esto está directamente ligado al beneficio del personal y de la empresa. Ya que de esta manera se podrá brindar una correcta protección auditiva y precautelar la integridad de todos los empleados.

En Ecuador la industria aeronáutica se ha venido desarrollando constantemente con el paso de los años, Desde la creación de la empresa “Ecuatoriana de

Aviación” en 1957, hasta la actualidad que se posiciona la empresa Avioandes como un referente nacional. Por lo tanto, es de suma importancia tener acceso a datos reales los cuales evidencian los niveles de ruido a los cuales están expuestos los trabajadores en el área de la aeronáutica. Se plantea un estudio del tiempo máximo al cual los trabajadores pueden estar expuestos a ese nivel de presión sonora para que este no sea perjudicial para la salud.

Mediante el análisis de los datos recopilados, audiometrías y la utilización de dosímetros en los trabajadores, se plantearon soluciones viables para la seguridad industrial del personal. Así como también se presentó un estudio del nivel de atenuación proporcionado por los protectores auditivos utilizados en horario de trabajo.

Esta investigación hizo un aporte para comprender de manera científica el riesgo auditivo al que se someten los trabajadores en la industria aeronáutica y sienta una base para la creación de historiales sobre riesgo auditivo, que en el futuro puedan servir para comparar la información en periodos largos de tiempo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar el riesgo auditivo al que se exponen los trabajadores de mantenimiento de la empresa Avioandes en su jornada de trabajo y la efectividad de los equipos de protección auditiva utilizados.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el ambiente sonoro en el área de trabajo de los empleados de la empresa Avioandes.
- Analizar los valores de atenuación sonora que brindan los protectores auditivos utilizados en la empresa Avioandes.
- Relacionar las audiometrías más recientes de los trabajadores estudiados con los valores de medición del nivel de ruido más significativo al que se exponen en su jornada laboral.

2. Marco Teórico

2.1. Efectos del ruido en la salud del ser humano

Al ruido se lo categoriza como uno de los contaminantes de mayor riesgo en la salud humana ya que no solo afecta a un sentido (la audición), sino que también desencadena muchos más problemas que pueden ser dañinos para la salud. Los cuales se presentan de manera inmediata o también acumulativa.

Los efectos pueden ser un tema amplio, pero en general se resume en efectos fisiológicos que afectan a la salud del oído y efectos psicológicos que causan trastornos en la conducta (Amable Álvarez, y otros, 2017)

2.1.1. Efectos Fisiológicos

Se involucran directamente con el oído y sus componentes, dichos componentes se encargan de receptor todos los sonidos, además de dar sentido de orientación al individuo. La principal afección patológica es la pérdida de audición por daños físicos como el tímpano o los demás elementos del oído (Portocarrera, 2011).

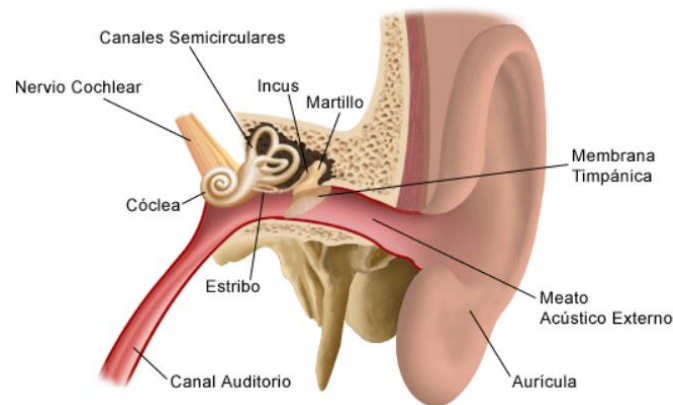


Figura 1. El oído y sus componentes físicos.

Tomado de (Stanford Children's Health, 2020).

2.1.2. Efectos Auditivos

En la mayoría de los casos, esta afección se da por la pérdida de audición causada por la exposición a altos niveles de presión sonora. Debido a esto, se producen desplazamientos en el umbral auditivo y como consecuencia se necesita un mayor nivel en ciertos rangos de frecuencia para que estos sonidos puedan ser detectados. Estos efectos son acumulativos e irreversibles (Musso, 2004).

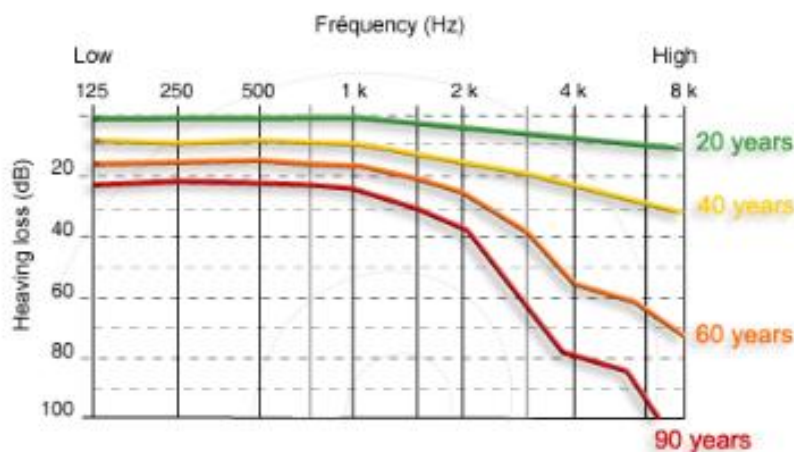


Figura 2. Desplazamientos del umbral auditivo (Presbiacusia).

Tomado de (Ruel, Puel & Trigueiros, 2007).

2.1.3. Efectos fisiológicos no auditivos

Este tema abarca todo lo concerniente a las alteraciones del correcto funcionamiento del organismo por exposiciones al ruido. Como por ejemplo: fatigas, dolores de cabeza, alteraciones en los reflejos, etc.

2.1.4. Efectos psicológicos o psicosociales

2.1.4.1. Interferencia en la comunicación

Este efecto se da por enmascaramiento debido a altos niveles de ruido que se superponen a la voz humana, afectando la inteligibilidad del habla o la total interrupción del diálogo (Chávez, 2006).

2.1.4.2. Trastornos del sueño

Es producido por cambios de nivel de presión sonora repentinos en el ruido de fondo. De esta manera, se producen dificultades para conciliar el sueño o irrupciones en este (Berglund & Lindvall, 1999).

2.1.4.3. Pérdida de atención

Se da debido a que el ruido repentino produce distracciones y pérdida de concentración en las personas, causando perturbaciones o disminución en los niveles de desempeño de las labores (Berglund & Lindvall, 1999).

2.1.4.4. Estrés

Según la Organización Mundial de la Salud en el 2015, la excesiva exposición a niveles de ruido es uno de los factores más comunes causantes de estrés psicológico, causando ansiedad, cambios de comportamiento, dificultad en el rendimiento de tareas y genera dificultades de comunicación (OMS, 2015)

2.2. Tipos de ruido

2.2.1. Ruido estacionario o continuo

Este tipo de ruido es el que permanece casi constante en la amplitud de sus niveles de presión sonora a lo largo de un tiempo determinado. Por ejemplo: el ruido del motor de un avión (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007).



Figura 3. Espectro de ruido continuo.

Tomado de (INTEGRA-ME, 2014).

2.2.2. Ruido no estacionario o discontinuo

Es aquel ruido que tiene variaciones bruscas en la amplitud de su nivel de forma discontinua, es decir que las variaciones de estos niveles no dependen del tiempo. Por ejemplo: el tráfico vehicular (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007).

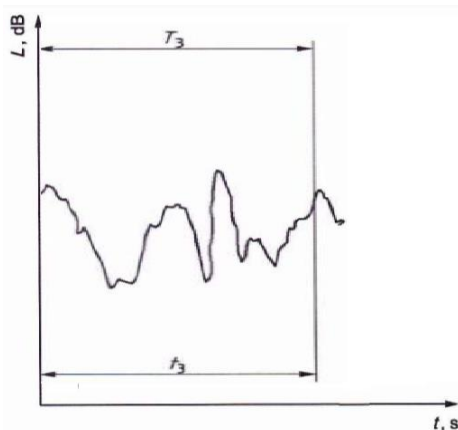


Figura 4. Espectro de ruido discontinuo.

Tomado de (UNE-EN ISO 9612, 2009).

2.2.3. Ruido de Fuentes Antropogénicas

2.2.3.1. Ruido de tráfico aéreo

Las aeronaves son una de las fuentes sonoras que producen mayores niveles de ruido y vibraciones en sus despegues y aterrizajes. Este ruido sobrepasa en algunos casos los niveles del umbral de dolor, por lo tanto, se considera al ruido de tráfico aéreo como uno de los más peligrosos para la salud auditiva.



Figura 5. Medición de ruido de tráfico aéreo.

Tomado de (SINC, 2013).

2.2.3.2. Ruido por tráfico vehicular

El tráfico vehicular está entre las fuentes más problemáticas y dañinas para la salud, debido a que es inevitable la exposición a este tipo de ruido. Este ruido se da debido al motor, ruido por rodadura y el uso inescrupuloso del claxon.



Figura 6. Campaña de concienciación acerca del ruido.
Tomado de (Últimas Noticias, 2019).

2.3. Normativas y decretos utilizados en la investigación

2.3.1. Normativa ISO 9612

Esta normativa internacional se refiere a la determinación del nivel de exposición al ruido en las áreas de trabajo, la misma que la subdivide por etapas para tener un acercamiento más exacto a dichos niveles de exposición partiendo de mediciones de ruido. La instrumentación declarada en esta normativa para las mediciones hace uso de sonómetros y dosímetros acústicos individuales. Esta norma usa tres tipos de estrategia, las cuales se ajustan a cada caso en las que se encuentre el investigador, estas son: mediciones por tarea; mediciones por función y la medición de una jornada completa de trabajo (UNE-EN ISO 9612, 2009)

Las etapas a las que se rige el documento son las siguientes:

1. Análisis del trabajo
2. Selección de la estrategia de medición

3. Medición
4. Dar tratamiento a los errores
5. Evaluación de incertidumbre
6. Cálculos
7. Presentación de resultados

2.3.2. Decreto ejecutivo 2393

El Decreto 2393 es emitido por el IESS “Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social” en el cual se encuentra el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores, así como también el mejoramiento del ambiente de trabajo. De este, se podrá determinar si los niveles de exposición al ruido medidos con la normativa ISO 9612 son considerados o no perjudiciales para la salud de los trabajadores. Este Decreto se aplica a cualquier actividad de trabajo dentro del país ecuatoriano. Dicho Decreto, tiene como objetivo principal prevenir, disminuir o a su vez eliminar los riesgos a los que se exponen los trabajadores en su área laboral, para así generar un mejoramiento del ambiente de trabajo (Decreto Ejecutivo 2393, 2003)

2.3.3. Real Decreto 286

El Real Decreto 286 será tomado como referencia en el presente trabajo de investigación. El mismo fue emitido en el año 2006 por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del gobierno de España. Dicho Decreto tiene como objetivo prevenir cualquier tipo de riesgo laboral que tenga relación con la salud de los trabajadores causadas por el ruido. De esta manera se intenta precautelar la seguridad laboral, teniendo como enfoque principal los riesgos para la audición (Real Decreto 286, 2006)

2.4. Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre

El Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre de Quito es el principal acceso a Ecuador. El mismo se encuentra ubicado en una planicie en la parte oriental de la ciudad capital del país, en la localidad de Tababela, a 25 km del centro histórico. La fecha de su inauguración fue el 20 de febrero del 2013, su administración está adjudicada a Quiport hasta el año 2041 (Mariscal Sucre International Airport, 2020).



Figura 7. Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.

Tomado de (Mariscal Sucre International Airport, 2019).

2.5. Nivel de intensidad del sonido

Las ondas sonoras pueden viajar hasta el oído interno de dos maneras distintas. La primera por conducción del aire, se basa en la conducción del sonido a través del conducto auditivo externo, el tímpano y los huesecillos del oído medio. La segunda por conducción ósea, es generada por la vibración de los huesos que se encuentran cercanos al oído. La intensidad del sonido se mide en decibelios (dB).

Tabla 1.

Niveles de referencia de NPS.

Nivel de referencia NPS	
140 dB	Umbral del dolor
130 dB	Avión despegando
120 dB	Motor de avión en marcha
110 dB	Grupo de rock
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de gente
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Ruido de campo
0 dB	Umbral de la audición

Tomado de (StopRuido, 2020).

Los sonidos que sean superiores a 85 dB son perjudiciales para la salud y pueden causar pérdida de la audición permanente con el paso del tiempo. A medida que aumenta el nivel de presión sonora, el malestar se acentúa. La unidad de medida de frecuencia es el Hercio (Hz), el rango de audición normal de los seres humanos va desde 20 Hz hasta 20 kHz.

2.6. Audiometrías

Es un examen que evalúa la capacidad de percepción sonora en las personas. Esto se puede evaluar con pruebas simples de consultorio las cuales constan de escuchar susurros o tonos de un otoscopio. La audiometría proporciona una medición más precisa de la audición. Finalmente, los resultados se expresan en una gráfica que muestra al nivel de presión sonora (dB) en función de frecuencias

(Hz). Las audiometrías proporcionadas por la empresa Avioandes son del siguiente tipo:

- **Audiometría Subjetiva:** Es aquella en la cual es necesaria la participación y cooperación del sujeto estudiado. Dentro de este tipo de audiometría se encuentra la audiometría tonal liminar o de umbral, en la cual se emiten tonos puros, donde se evalúa si el sujeto puede reconocer ciertas frecuencias a una determinada amplitud.

Para realizar este tipo de audiometría es necesario un audiómetro y auriculares por los cuales se emiten estímulos acústicos para cada oído. Por otro lado, el recinto debe ser de un ambiente silencioso, con un ruido de fondo sugerido menor a 40 dB (Noren, 2017).

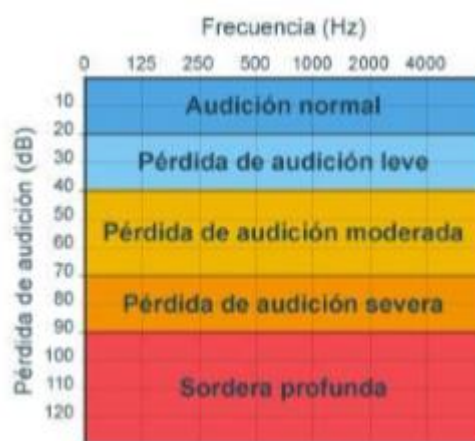


Figura 8. Zonas de pérdida de audición.

Tomado de (Lorenzi, Camilleri, 2013).

2.7. Protectores Auditivos

Una de las maneras más sencillas, eficaces y de fácil acceso para protegerse de los altos niveles de presión sonora y evitar pérdidas en la audición, es utilizando

protectores auditivos. Funcionan como una barrera acústica, ya que son fabricados con materiales que impiden el paso parcial del sonido hacia el canal auditivo. Dichos protectores son especializados para distintos niveles de ruido, que, según la necesidad, variará el nivel de atenuación. Por lo general los proveedores de estos equipos de protección indican el nivel de atenuación frecuentemente por octavas y un valor global para que el usuario pueda elegir cuál es el protector que le conviene. Existen varios tipos de protectores acústicos, entre los principales se mencionan los siguientes:

2.7.1. Protectores auditivos moldeables

Este tipo de protector auditivo se lo utiliza insertándolo en el canal auditivo. Estos protectores son conocidos por su bajo costo, ya que son fabricados con materiales de espuma con memoria, es decir que se adaptan a la forma del canal auditivo. El material de mayor eficacia por su nivel de atenuación para este tipo de protector es la fibra de vidrio que tiene un mayor coeficiente de transmisión acústica.



Figura 9. Tapones auditivos moldeables E-A-R soft 3M.

Tomado de (3M, 2012).

2.7.2. Protectores auditivos pre-moldeados

Al igual que el anterior tipo de protector, este se lo utiliza insertándolo en el canal auditivo. Los mismos son fabricados con material elástico para que se acople a la forma del canal y no ocasione molestias al usarlo.

Este tipo de protectores auditivos pueden ser lavados y son reutilizables, por tanto, su costo es mayor a los de espuma. Este protector no tiene una vida útil muy larga, ya que al momento de limpiarlos pierden elasticidad debido a que su rigidez cambia y son más incómodos al momento de usarlos.



Figura 10. Protectores auditivos pre-moldeados Ultrafit 25-3M.
Tomado de (3M, 2012).

2.7.3. Protectores auditivos de orejera (Over-ear)

Estos protectores auditivos son los más eficientes en atenuación, ya que ofrecen una protección más completa, cubriendo en su totalidad el área de la oreja. Son fabricados con un material plástico rígido en forma de casco, el mismo que cumple funciones aislantes. Internamente están recubiertos de material absorbente y espuma, la misma que da confort y reduce el paso parcial del sonido. Además, tienen una diadema, la misma que ejerce presión de las orejas al oído. Estos protectores se los utiliza comúnmente para altos niveles de exposición al ruido.



Figura 11. Protectores auditivos de orejera Optime 98-3M.
Tomado de (3M, 2012).

2.8. Ponderaciones

Dentro de esta investigación, se utilizarán tres tipos de ponderaciones. Las ponderaciones tienen como objetivo filtrar la señal de tal manera que esta se ajuste a la percepción del oído humano. La ponderación A aplica correcciones a las frecuencias que son menos audibles y de esta manera se tiene una expresión en dB(A) basada en las características de escucha humana.

Por otro lado, la ponderación C se utiliza generalmente para la medición de niveles de presión sonora pico (peak), y se lo representa como (dBC). Para este caso también se aplican correcciones de nivel en ciertos rangos de frecuencia. Finalmente, la ponderación Z tiene una respuesta plana entre 10 Hz y 20 KHz con una desviación de ± 1.5 dB excluyendo la respuesta del micrófono.

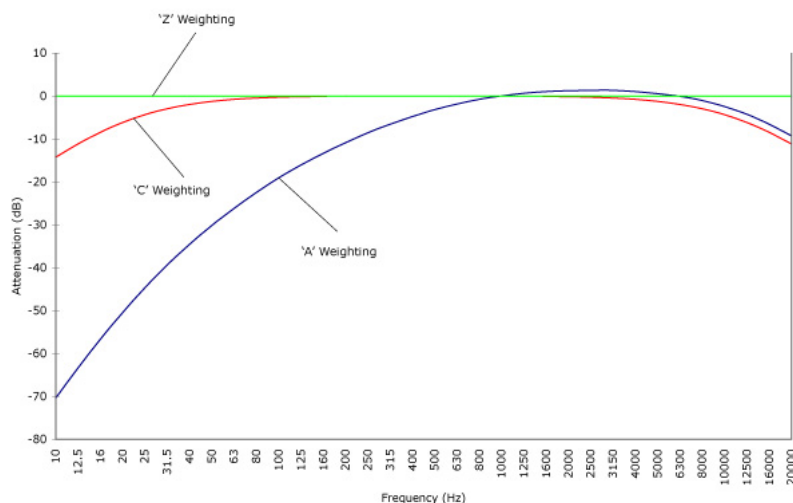


Figura 12. Ponderaciones A, C, Z (atenuación - frecuencia).

Tomado de (Anguera, 2012).

2.9. Nivel de presión sonora promediada en el tiempo con ponderación A “ $L_{p,A,T}$ ”

También conocido como Nivel de Presión Sonora continua equivalente con ponderación A “ $L_{p,A,eqT}$ ”. El sonido es variable a lo largo del tiempo y este no permanece constante. Para valorarlo acústicamente durante cualquier período de tiempo, se utiliza este índice o nivel de valoración al cual lo podemos definir como la media de energía del nivel de ruido a lo largo de un intervalo de tiempo dado.

$$L_{p,A,T} = L_{p,A,eqT} = 10 \log \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t1}^{t2} p_A^2(t) dt}{p_o^2} \right] dB$$

Ecuación 1. Nivel de presión sonora promediada en el tiempo con ponderación A.

Adaptado de (UNE-EN ISO 9612, 2009).

Donde:

p_A : Presión sonora con ponderación A.

p_o : Valor de referencia que equivale a 20Pa.

2.10. Nivel de exposición al ruido en una jornada de 8 horas con ponderación A “LEX,8h”

También conocido como nivel de exposición diario al ruido en el trabajo. Considerando lo establecido en el Real Decreto 286 del año 2006, artículo 5, que indica que la jornada laboral diaria es de 8 horas, se puede observar en la siguiente tabla los valores permitidos de exposición al ruido de los trabajadores diario en las siguientes circunstancias:

Tabla 2.

Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

Valor límite de exposición diario (8h)	$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB}(A)$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB}(C)$
Valor superior de exposición que da lugar a acción (8h)	$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB}(A)$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB}(C)$
Valor inferior de exposición que da lugar a acción (8h)	$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB}(A)$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB}(C)$

Adaptado de (Real Decreto 286, 2006)..

Una vez dados estos valores límites, se puede calcular mediante la siguiente ecuación si los niveles de exposición de los trabajadores al ruido diario cumplen o no dicha disposición:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqTe} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_o} \right] \text{ dB}$$

Ecuación 2. Nivel de exposición al ruido en una jornada de 8 horas con ponderación A.

Adaptado de (UNE-EN ISO 9612, 2009).

Donde:

L_{p,A,eqT_e} : Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A para T_e .

T_e : Tiempo efectivo en horas de la jornada laboral.

T_o : Tiempo de referencia que equivale a 8 horas de la jornada laboral.

2.11. Nivel de presión sonora pico con ponderación C “ $L_{p,Cpico}$ ”

Es el nivel máximo de presión sonora instantáneo.

$$L_{p,Cpico} = 10 \log \frac{P_{Cpico}^2}{P_o^2} \text{ dB}$$

Ecuación 3. Nivel de presión sonora pico con ponderación C.

Adaptado de (UNE-EN ISO 9612, 2009).

Donde:

P_{Cpico} : Presión sonora pico con ponderación C

P_o : Valor de referencia equivalente a 20 μPa .

2.12. Dosis de ruido

Se la puede definir como la cantidad de energía sonora en un tiempo determinado al que se expone una persona, en este caso sería de una jornada laboral diaria. Esta, entrega el nivel de presión sonora en función del tiempo a diferencia del sonómetro que entrega el nivel de presión sonora en función de la frecuencia. Con la dosis de ruido se puede también determinar el tiempo máximo permitido al cual una persona puede permanecer a ciertos niveles de presión sonora, sin sufrir riesgos en su salud auditiva.

Estos niveles de dosis permitidos y la tasa de intercambio “q”, pueden variar dependiendo de las leyes de cada país, por ejemplo: En Ecuador la tasa de intercambio es q=5 y en España o los países europeos, esta tasa equivale a q=3. Este factor “q” es importante y esencial para poder determinar la dosis de ruido y se lo utiliza en la fórmula de cálculo de la siguiente manera:

$$\% D = \frac{100}{T} \sum \left(T_i \times 2^{\frac{L_i - L}{q}} \right)$$

Ecuación 4. Porcentaje de dosis de ruido.

Tomado de (Pérez, 2008).

Donde:

T: Equivale al tiempo de referencia medido en horas de una jornada laboral diaria que es 8 horas.

T_i: Tiempo de medición de cada toma de muestra expresada en horas.

L_i: Nivel de presión sonora medido, expresado en dBA

L: Nivel de presión sonora referencia que equivale a 85 dBA

q: Tasa de cambio equivalente a 5 dB.

Existen debates sobre cuál es la tasa de intercambio adecuada para poder predecir la dosis de ruido; pero en general depende de la legislación de cada país. Entre las más comunes están las tasas de intercambio 3 y 5 dB por cada que se duplique el tiempo de exposición al ruido. La tasa de 5 dB está basada en la teoría que indica que los sonidos intermitentes se los considera como menos perjudiciales que el sonido continuo. Por otro lado, los países que utilizan la tasa de 3dB indican que el factor de tiempo (2) expresado en la ecuación 4, no representa el valor real de la equivalencia energética (Pérez, 2008).

En el caso de Ecuador, no es permitido en ningún caso exponer al trabajador a más de 115 dBA sin una protección auditiva adecuada (Decreto Ejecutivo 2393, 2003).

Tabla 3.

Valores de niveles límite vigente en Ecuador con un nivel de referencia de 85 dBA y una tasa de decremento de 5 dBA por cada que se duplique el tiempo de exposición.

Niveles límite de exposición al ruido	
Nivel sonoro/dB(A-lento)	Tiempos de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

Adaptado de (Decreto Ejecutivo 2393, 2003).

Tabla 4.

Valores de niveles límite vigente en España con un nivel de referencia de 85 dBA y una tasa de 3 dBA por cada que se duplique el tiempo de exposición.

Nivel sonoro dBA	Horas/día máxima de exposición
82	16
85	8
88	4
91	2
94	1
97	0,5
100	0,25

Adaptado de (Real Decreto 286, 2006).

2.13. Jornada nominal

Este término se refiere a la jornada laboral en la que se ha decidido diagnosticar la exposición al ruido de los trabajadores de mantenimiento de Avioandes. En este caso la jornada nominal será 8 horas, de la cual se tomará muestras de nivel en todas las tareas que los trabajadores cumplan en este tiempo.

Para determinar la jornada nominal se debe realizar el análisis previo del tipo de trabajo y del objetivo de las mediciones a realizar. Por ejemplo: si se desea analizar toda una jornada laboral diaria con mediciones de varios días, o a su vez la jornada de exposición al ruido, tomando como mediciones las muestras de exposición más representativas.

2.14. Función

Para determinar la función de un trabajador se debe analizar dentro del orden jerárquico las disposiciones de actividades para cada empleado. Es decir, que dentro de la empresa cada trabajador o grupo de trabajadores tendrán que cumplir una o varias obligaciones dentro de la jornada laboral. A estas se las denomina funciones. A su vez, se tiene también la opción de que cada función esté compuesta por varias tareas, por lo que se debe tener presente el análisis de actividades de cada trabajador para realizar las mediciones. Es necesario saber en qué horarios los empleados se exponen a un alto nivel de ruido.

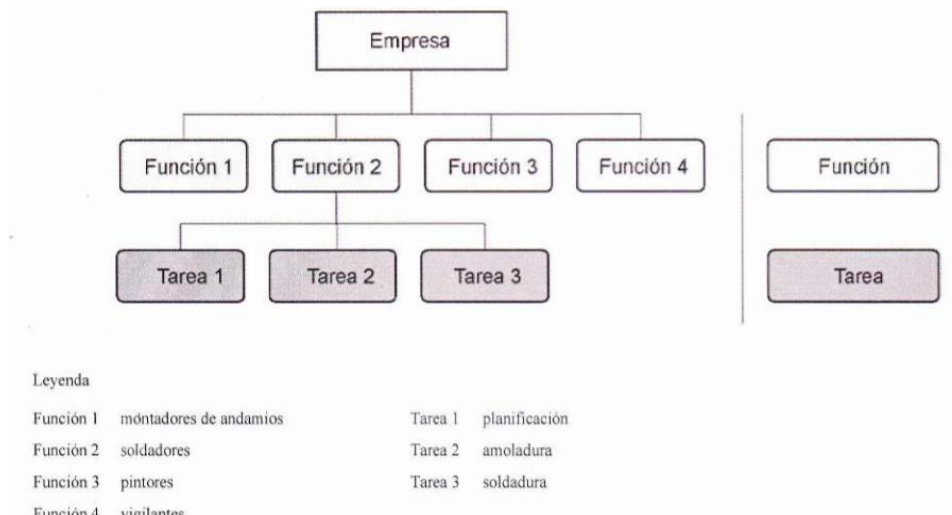


Figura 13. Ilustración de jerarquía de funciones y tareas.

Tomado de (UNE-EN ISO 9612, 2009).

3. Metodología

3.1. Logística

Uno de los permisos más importantes que se necesitaron para realizar el proceso de investigación fue el del ingreso a las pistas del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre. Esto se logró mediante múltiples reuniones que se efectuaron en las oficinas de Avioandes en Cumbayá. Mediante el diálogo con el departamento de Gestión ambiental y seguridad operacional se informó los procesos de medición e instrumentación que serían utilizados para lograr los objetivos propuestos.

Por otro lado, se informó a la empresa de aviación que para realizar el análisis de resultados y la comparativa de los mismos, era necesario que se facilitara el historial de audiometrías de los trabajadores que están siendo analizados. Debido a que todos estos datos son confidenciales y fueron realizados por una clínica externa, únicamente se tuvo acceso a las últimas audiometrías realizadas.

3.2. Plan de mediciones

Como primer paso se debe identificar claramente las funciones de los trabajadores de mantenimiento. Por consiguiente, realizar grupos homogéneos del personal que se encuentren de la misma función para así determinar la exposición al ruido homogéneo del grupo de mantenimiento, donde la medición o tomas de muestras deben respetar las siguientes disposiciones:

1. Definir la duración de medición de tiempo mínimo acumulativo para la cantidad de trabajadores (n_G) que se encuentran dentro del grupo homogéneo que están expuestos al ruido.
2. Escoger el tiempo que deben durar las muestras y la cantidad de estas, que deben ser al menos cinco muestras para que en su totalidad acumulativa supere o sea igual al tiempo mínimo determinado en el paso anterior.
3. Programar una distribución aleatoria para la toma de muestras entre los empleados del grupo de trabajo durante la jornada laboral.

Tabla 5.

Especificaciones para determinar el tiempo y cantidad mínima de mediciones a un grupo de exposición homogéneo de tamaño n_G .

Número de trabajadores en el grupo de exposición homogéneo " n_G "	Duración mínima acumulativa de medición a repartir entre el grupo de exposición homogéneo
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	$5 h + (n_G - 5) \times 0,5 h$
$15 < n_G \leq 40$	$10 h + (n_G - 15) \times 0,25 h$
$n_G > 40$	17 h o fraccionar el grupo

Tomado de (UNE-EN ISO 9612, 2009).

3.3. Estrategia por funciones

La estrategia consiste en realizar mediciones mediante tomas de muestras aleatorias en las que existan exposiciones al ruido por parte del personal de

mantenimiento de la empresa Avioandes. Midiendo de esta manera el Lp,A,eqT, durante cada función realizada por los sujetos a prueba.

Dentro de las responsabilidades laborales que ejerce el personal de mantenimiento que identifica a una sola función se han destacado las siguientes tareas, las cuales se las engloba dentro de la recolección de datos como una sola medición como lo indica la estrategia por funciones.

Tabla 6.

Funciones y tareas del área de mantenimiento Empresa Avioandes.

ESTRATEGIA POR FUNCIONES	
Función	Mantenimiento y revisión de aeronaves
TAREAS	
Tarea 1	Aterrizaje y despegue de la aeronave
Tarea 2	Procesos complementarios y alistamiento de la aeronave
Tarea 3	Informes y registros en labores de oficina

3.4. Fuentes de ruido

3.4.1. Bombardier Dash Q200

Este tipo de aeronave es un avión comercial biturbohélice fabricado en Canadá desde los años 1980. Previamente conocidos como Dash, el nombre cambió cuando la empresa Bombardier Aerospace compró DHC continuando con su producción hasta la actualidad. A partir del año 1996 este tipo de avión es conocido como Q series, inicial derivada de la palabra "Quiet" debido a que este tipo de aeronaves incorporan un sistema activo de supresión de ruido y vibración (ANVS).



Figura 14. Aeronave Bombardier Dash Q200.

3.4.2. TLD TMX - 450 Remolcador Push – Back

El tractor para remolque de aviones TMX-450 es uno de los remolcadores convencionales utilizados en el aeropuerto internacional Mariscal Sucre, el cual es utilizado para empujar o también arrastrar a las aeronaves con dimensiones de cabina media y ancha con una fuerza máxima de arrastre de 32103N, que sirve para mover pesos de hasta 70,500 lbs. Esta maquinaria se la utiliza generalmente en el remolque de la aeronave para los procesos de despegue y aterrizaje.



Figura 15. Remolcador Push – Back TLD TMX – 450.

3.4.3. TLD GPU 4090 CUP 28V

El GPU 4090 “Ground power unit” es una fuente de energía de 90 KVA AC 400 HZ & 28V que funciona a diésel, creada por TLD. La misma es usada para proporcionar energía a la aeronave y que esta pueda encender de manera correcta y segura.



Figura 16. Unidad de fuente de energía TLD GPU 4090 CUP 28V.

3.4.4. TUG MA-50-1

El TUG MA-50-1 es un remolcador para maquinaria liviana o también para aeronaves de peso ligero. Este remolcador es utilizado en el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre principalmente para remolcar a la fuente de energía TLD GPU 4090 CUP 28V, ya que esta no es auto transportable por lo que necesita de una maquinaria extra para poder moverse.



Figura 17. Remolcador para maquinaria liviana TUG MA-50-1.

3.5. Equipo de protección auditiva Avioandes

La protección auditiva utilizada por el personal del área de mantenimiento de Avioandes son los 3M Peltor Optime I, de tipo orejeras, que ofrecen una atenuación significativa de ruido al cual se exponen los trabajadores de 27dB.



Figura 18. Protectores auditivos 3M Peltor Optime I.
Tomado de (3M, 2012).

3.6. Mediciones

3.6.1. Selección de instrumentación

Según la normativa UNE EN-ISO 9612/2009 se dan las siguientes opciones de instrumentación para llevar a cabo las mediciones:

- Dosímetro o exposímetro personal que se debe colocar al trabajador que se encuentra expuesto al ruido.
- Sonómetro integrador - promediador el cual se debe colocar en posiciones discretas o en la mano para poder seguir al objeto de medición que en este caso es el trabajador que se mueve.

En el presente caso, por seguridad y por permisos se delimitó la zona a la cual se podía ingresar a realizar las mediciones, por lo que se colocó el sonómetro en puntos fijos a los alrededores del avión y el recinto de trabajo. También se utilizó un dosímetro el cual fue colocado a un trabajador.

3.6.1.1. Sonómetro CESVA SC-310

Cumple las funciones de sonómetro y analizador de espectro, el mismo que mide en frecuencias por octavas y tercios de octava en tiempo real.

El SC310 mide y calcula en todas las ponderaciones acústicas, los índices básicos de medición. En funciones avanzadas se puede obtener análisis espectrales, medición de tiempo de reverberación y análisis FFT.

Este equipo de medición es de clase 1 y cuenta con un micrófono omnidireccional.

Para la calibración del CESVA SC310 es necesario un pistófono. Se utilizó el pistófono (CB006 de clase 1), que viene con el sonómetro CESVA previamente mencionado el cual emite un sonido a la frecuencia de 1 KHz con un nivel de 94 dB. Se Realizó la calibración una noche antes de cada día de medición,

obteniendo datos precisos, por ende, no se debe realizar correcciones en este sentido.



Figura 19. Sonómetro y analizador de espectro CESVA SE310.
Tomado de (CESVA INSTRUMENTS SLU, 2020).



Figura 20. Calibrador CESVA CB006.
Tomado de (CESVA INSTRUMENTS SLU, 2020).

3.6.1.2. Sonómetro 01dB FUSION SLM

Este sonómetro es de clase 1, ideal para mediciones niveles de ruido de transporte terrestre, aeronaves, ruido industrial y obras. Este se lo utilizó para

recolectar los datos de medición en el área de las oficinas en modo de analizador de espectro.

La calibración del FUSION SML, consiste en enviar desde un calibrador un tono de 1KHz a 93.7dB hacia el micrófono del sonómetro. Éste lee los valores de referencia enviados desde el calibrador y realiza una comparación de otros valores de calibración a lo largo del tiempo y así muestra como resultado una desviación para realizar ajustes a las mediciones. En el caso presente, no hubo errores de calibración, por lo tanto, no es necesario realizar correcciones.



Figura 21. Sonómetro 01dB Fusion SML.

Tomado de (01dB ACOEM Group, 2020).



Figura 22. Calibrador 01dB CAL 31.

Tomado de (01dB ACOEM Group, 2020).

3.6.1.3. Dosímetro CIRRUS DoseBadge CK-110A/1

El dosímetro es un equipo ideal para mediciones de ruido personal, el mismo es libre de cables y posee un hardware muy compacto. Al colocar el dosímetro al

objeto de medición, éste no causa molestias y se lo puede llevar a todos lados, facilitando que el trabajador pueda operar con normalidad sus funciones labores. El CIRRUS DoseBadge cumple con las normativas más exigentes sobre el ruido laboral, pues es un equipo de medición profesional con funciones de medición, grabación y cálculo de los parámetros acústicos.

Además, cuenta con un calibrador integrado en la parte superior, donde se insertan los micrófonos DoseBadge, realizando una calibración a 114 dB a la frecuencia de 1 KHz. Estas calibraciones se las realizaron antes y después de cada medición, constatando que en ambos casos se entreguen los mismos valores.



Figura 23. Dosímetro CIRRUS DoseBadge.

Tomado de (Export Worldwide, 2020).

3.6.2. Colocación de instrumentos de medición en el trabajador

Siguiendo las directrices de la normativa UNE EN-ISO 9612, se colocó el micrófono DoseBadge en una persona del área de mantenimiento de la empresa Avioandes, seleccionada aleatoriamente. La ubicación de este micrófono de medición fue a una distancia de 0.1 m del oído y del lado derecho del trabajador. Se lo colocó a la altura del hombro, cuidando que ningún factor externo altere las mediciones como fricciones con la ropa o equipos de trabajo.



Figura 24. Colocación de dosímetro en personal de mantenimiento.

Para realizar de manera correcta la recolección de datos dentro del espacio destinado para la operación del personal de mantenimiento de la empresa Avioandes, se siguió un estricto control de seguridad tanto dentro como fuera del área de trabajo. Entre los equipos de protección que fueron requeridos para la aprobación del ingreso al sitio de medición durante los dos días están: chaleco retroreflectivo y protectores auditivos.

Todo el personal es sometido a un riguroso control de seguridad cada vez que salen de su área de trabajo. Los controles de seguridad constan de máquinas de rayos x, control de metales y está estrictamente prohibido quitarse el chaleco en zonas de trabajo.

El personal total de mantenimiento con el que cuenta la empresa Avioandes es de 10 personas. El ingreso a la pista del aeropuerto es rotativo e ingresan los trabajadores en grupos de 5 personas. La empresa alterna los grupos de trabajo en distintos aeropuertos del país ya sea Quito, Guayaquil, Cuenca, Latacunga, Catamayo, etc.

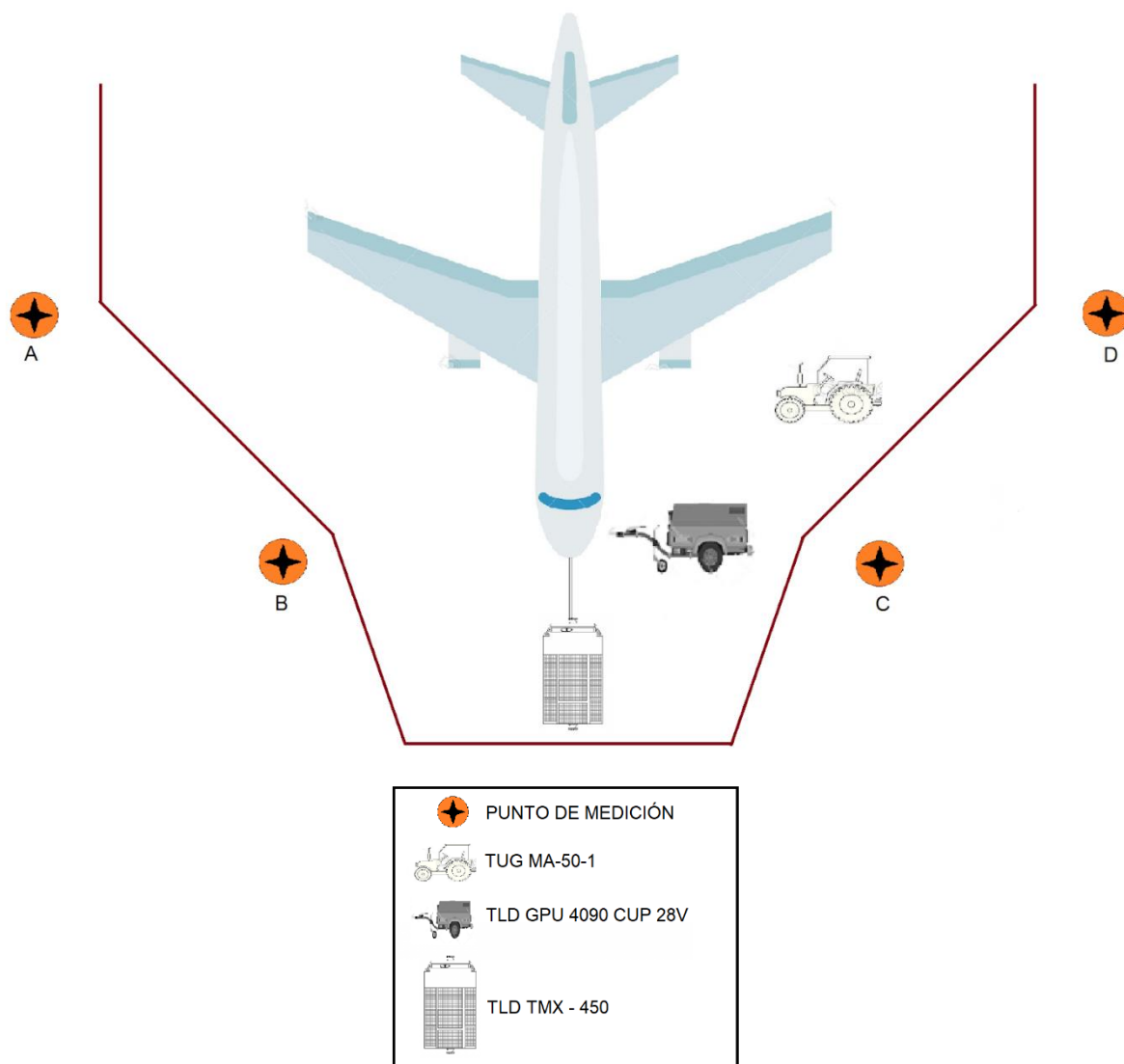


Figura 25. Vista de planta del recinto de medición.

Las mediciones se realizaron en 3 días de labores normales en la empresa. El primer y segundo día de medición se logró obtener valores en los puntos de medición A, B, C y D como indica la figura 24. Se realizaron las mediciones con tiempo de integración de una hora. Estas mediciones se realizaron durante la salida y llegada de la aeronave que es cuando más nivel de presión sonora se registra en las labores del personal de mantenimiento de la empresa.



Figura 26. Medición de ruido in situ.

Como se puede apreciar en la figura 26, las mediciones se realizaron tras las líneas de seguridad mientras existía la presencia y ejecución de labores del personal estudiado. Para ambos días de recolección de datos se colocó el sonómetro con una angulación de 10 grados y se utilizó el protector del micrófono para así evitar la interacción del viento con los datos recolectados. Consecuentemente, el dosímetro fue colocado a una persona aleatoria seleccionada dentro del grupo que ejerce las labores en el área de medición.



Figura 27. Dosímetro colocado en el personal de mantenimiento.

Se continuó con la toma de muestras el último día, en este caso las mediciones estuvieron enfocadas en las tareas previas y posteriores que realizan los trabajadores estudiados. En la empresa Avioandes, a lo largo del año 2019 se obtuvo un promedio de 1,3 vuelos diarios. El tiempo empleado en la salida y llegada de avión de la empresa es de 2 horas, de esta manera, el personal debe estar 30 minutos antes y después de la llegada de la aeronave. Si existe el caso en que el avión haya retornado con notificación, el equipo de mantenimiento deberá permanecer dentro de la aeronave rectificando los problemas presentados.

Cuando los trabajadores están sin ocupaciones en la pista del aeropuerto, realizan actividades de oficina, donde crean informes y registros de las actividades ejecutadas a lo largo de su día. Dentro de la oficina se realizaron 6 mediciones de 10 minutos en 6 posiciones diferentes como se puede apreciar en la figura 28.



Figura 28. Vista de planta de la oficina y puntos de medición.

Finalmente se tomó una muestra de 5 minutos del ruido al que se encuentran expuestos los trabajadores mientras no existen máquinas encendidas y la aeronave se encuentra apagada. Este ruido es emitido por los hangares y aeronaves colindantes pertenecientes a otras empresas. Estos emiten un ruido continuo sin muchas variaciones de nivel, pero a un alto NPS.

4. Resultados

4.1. Tarea 1 (Despegue y aterrizaje)

Para la primera tarea, se realizó un promedio logarítmico de los valores de las 4 mediciones en tercios de octava al despegue y aterrizaje de la aeronave. De esta manera se obtuvo un valor que engloba los niveles de presión sonora más representativos de esta tarea. A continuación, se transformó los valores obtenidos de tercios de octava a octava. En la tabla 7 se puede apreciar que el valor equivalente al cual están expuestos los trabajadores de esta área es 103,87 dB.

Se trabajó con valores en ponderación A, una vez aplicada dicha corrección se obtiene como nuevo resultado equivalente ponderado A un total de 102,48 dBA. Este valor de nivel de presión sonora es sumamente alto y representa una amenaza para la salud si no se toman medidas correctivas.

Tabla 7.

Correcciones de ponderación A.

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Leq
L_f (dB)	94,9	94,7	93,1	93,7	94,0	97,1	96,2	93,2	103,87
Pond A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
L_A (dBA)	68,74	78,57	84,52	90,45	94,01	98,34	97,22	92,08	102,48

A continuación, se presentan los valores obtenidos de LAeq de manera gráfica, donde se puede apreciar una mayor concentración de NPS en frecuencias medias y altas que van de los 500 Hz a los 8 KHz.



Figura 29. LAeq medido en la tarea 1.

4.2. Tarea 2 (Procesos complementarios)

La segunda tarea está enfocada a los procesos complementarios que realiza el personal. Estos trabajos consisten en la preparación del avión antes del despegue y por otro lado la revisión del avión al momento de su llegada. Para esta tabla, se aplicaron los mismos procedimientos de corrección que en la tarea 1. De este modo se obtuvo un valor equivalente ponderado A de 75,46 dBA.

Tabla 8.

Corrección ponderación A, LAeq en la tarea 2.

Mediciones Procesos Complementarios								
Frecuencias (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
SPL octavas	84,18	76,91	76,25	73,35	69,71	66,98	59,43	51,31
Pond A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1
LA	57,98	60,81	67,65	70,15	69,71	68,18	60,43	50,21
LAeq	75,46							

En la figura 30, se puede evidenciar linealidad en niveles de ruido en frecuencias medias. Dicha linealidad se refleja desde los 500 Hz hasta los 2 KHz.

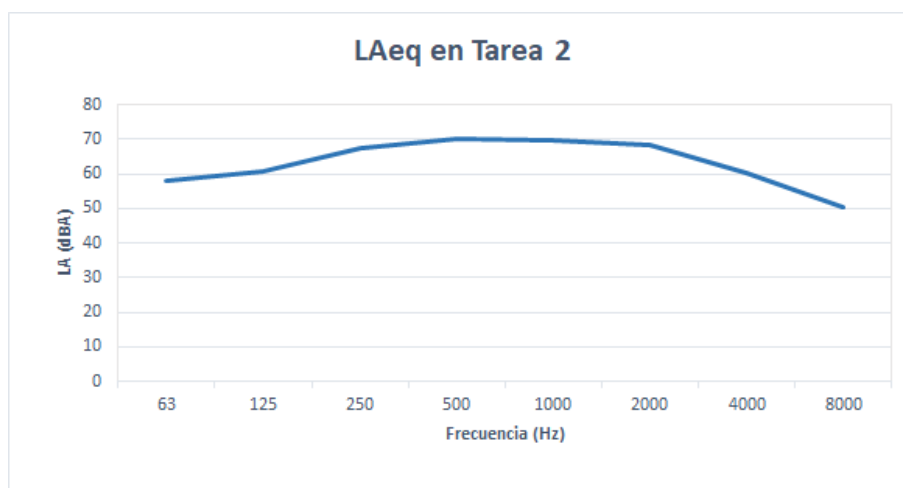


Figura 30. LAeq medido en la tarea 2.

4.3. Tarea 3 (Labores de oficina)

Finalmente, para la tercera tarea en la cual los empleados realizan labores de oficina, se realizó un promedio de las 6 mediciones efectuadas. De esta manera se obtuvo un único valor para cada octava. Se aplicó la ponderación A y se obtuvo un valor equivalente de 70,9 dBA. Este valor tiene coherencia con niveles de ruido estandarizados para oficinas donde exista un despliegue de personal moderado de 10 personas.

Tabla 9.

Corrección ponderación A, LAeq en la tarea 3.

Mediciones Oficina								
Frecuencias (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
SPL octavas(dB)	63,6	65,5	69,7	71,1	61,2	59,8	57,4	63,2
Pond A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
LA	37,4	49,4	61,1	67,9	61,2	61,0	58,4	62,1
Laeq	70,9							

La representación gráfica de los valores equivalentes ponderados A de la tarea 3, muestra valores en 500 Hz que sobresale. En carácter general, el nivel equivalente medido en la tarea 3, es bajo a comparación con la tarea 1.

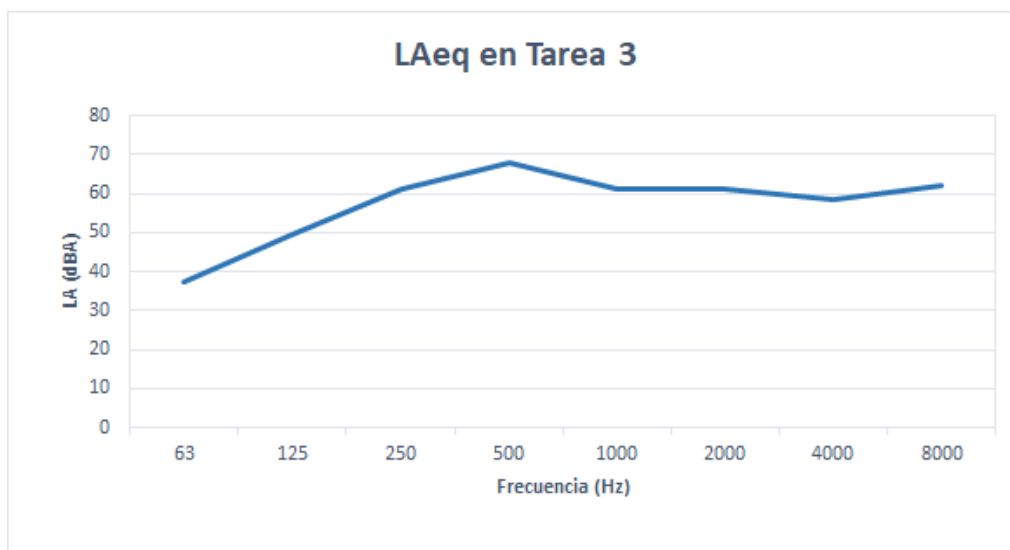


Figura 31. LAeq medido en la tarea 3.

4.4. Protectores auditivos

Una vez obtenidos los valores equivalentes en ponderación A de las tareas que realizan los empleados de mantenimiento de la empresa Avioandes, se procede a tabular los valores proporcionados por la información técnica de los protectores auditivo 3M Optime 1. Estos protectores son utilizados por el personal de mantenimiento únicamente en la tarea 1 donde se evidencia la mayor exposición a ruido. Los valores de atenuación se presentan en dB en octavas para de esta manera poder realizar el cálculo de atenuación frecuencial y total que brindan los protectores. Se añade la desviación estándar la misma que servirá para calcular el grado de confiabilidad que presentan los cálculos de atenuación con los valores presentados por los protectores.

Tabla 10.

Valores de atenuación y desviación estándar de los protectores.

		Datos Protectores Auditivos							
Modelo	Freq	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
H510A	Atenuac (dB)	14,1	11,4	18,7	27,6	32,9	33,6	36,6	35,9
OPTIME 1	Desv. Est. (dB)	4	4,1	3,6	2,5	2,7	3,4	2,7	3,7

En la figura 32, se puede evidenciar el nivel de atenuación frecuencia que brinda el equipo de protección usado por los trabajadores. Estos niveles muestran un nivel bajo de atenuación en bajas frecuencias. Esto se debe a que, al ser frecuencias graves poseen una longitud de onda más grande, por ende, mayor energía que por lo general son más difíciles de tratar que las frecuencias medias o agudas. Por otro lado, en frecuencias de 500 Hz a 8 KHz el nivel de atenuación es más equilibrado y los protectores se comportan de manera más efectiva.

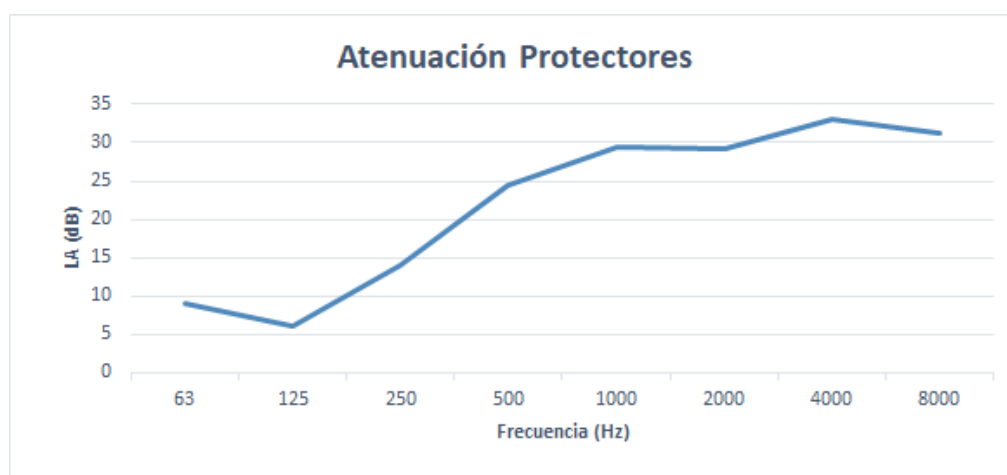


Figura 32. Atenuación de los protectores auditivos 3M Optime I.

A continuación, en la figura 33 se detalla el valor porcentual de atenuación que brindan los protectores auditivos en cada frecuencia de la octava con una confiabilidad de 90%. Se hace una relación entre el nivel de ruido medido y el nivel de ruido atenuado por los protectores auditivos. Para este porcentaje, se resta la atenuación de los protectores presentada por el fabricante menos 1.28 veces su desviación estándar.

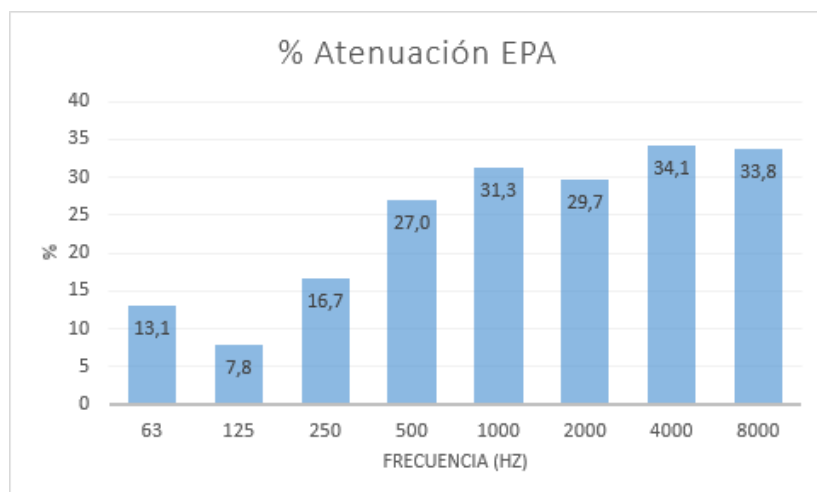


Figura 33. Valores porcentuales de atenuación por octava de frecuencia.

4.5. Cálculo de atenuación

Una vez tabulados los datos de Nivel de presión sonora en la tarea 1, atenuación y desviación estándar proporcionada por los protectores auditivos, se procedió a realizar el cálculo de la atenuación frecuencial que brindan dichos protectores. En la tabla 11 se evidencian los procesos que se realizaron para la obtención de estos valores.

Tabla 11.

Cálculos de atenuación con niveles de la tarea 1.

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Leq
L_f (dB)	94,9	94,7	93,1	93,7	94,0	97,1	96,2	93,2	103,87
m_f (dB)	14,1	11,4	18,7	27,6	32,9	33,6	36,6	35,9	
σ (dB)	4	4,1	3,6	2,5	2,7	3,4	2,7	3,7	
$APV_f = m_f - 1,28\sigma$	8,98	6,15	14,09	24,40	29,44	29,25	33,14	31,16	
Pond A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1	
L_A (dBA)	68,74	78,57	84,52	90,45	94,01	98,34	97,22	92,08	102,48
$L'_A = L_A - APV_f$	59,76	72,42	70,43	66,05	64,57	69,09	64,07	60,92	76,83
PNR_{90} (dB)	25,65								

De esta manera se consigue:

- L_f (dB) es el valor en dBZ presentado en octavas.
- M_f (dB) es el valor de atenuación de que brindan los protectores auditivos.

- σ (dB) la desviación estándar de la atenuación.
- APVf representa el valor de la atenuación restado 1.28 veces la desviación estándar para de esta manera obtener una confiabilidad del 90% en los cálculos de atenuación.
- Pond A son los valores de las correcciones de nivel por frecuencia.
- LA (dBA) el valor del nivel obtenido en ponderación A.
- LA' simboliza la resta entre el nivel de presión ponderado A y el valor de atenuación APVf.
- PNR90 (dB) es el valor de atenuación global con 90% de confiabilidad que nos presentan los protectores auditivos.

A continuación, la figura 34 corresponde al valor LA (dBA) medido en la tarea 1, la misma que presenta los valores de nivel sonoro más representativos. También se añaden los valores de atenuación con 90% de confiabilidad brindado por los protectores auditivos.

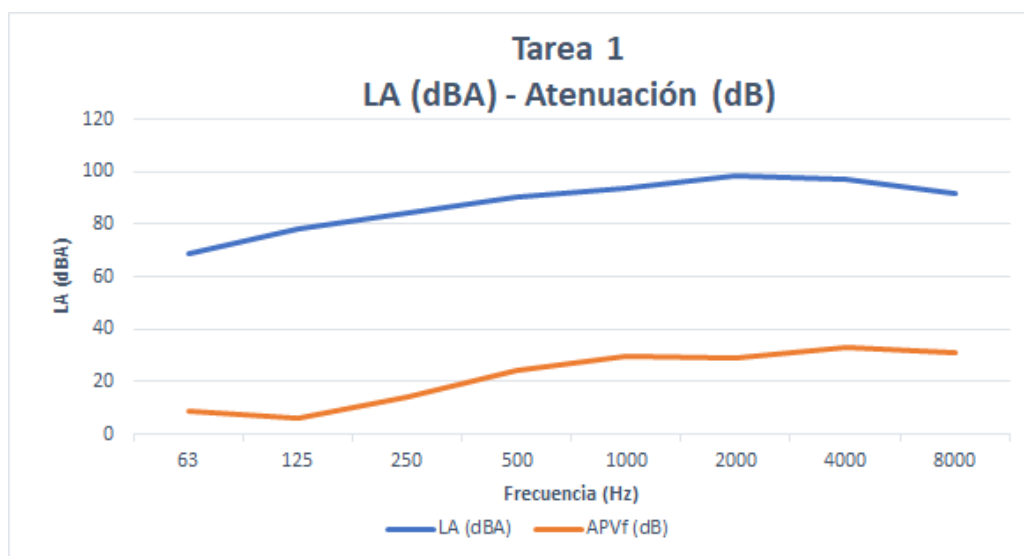


Figura 34. Grafica de nivel en la tarea 1 y atenuación del EPA.

Una vez realizadas las operaciones para obtener los valores de nivel de presión sonora con protectores auditivos y sin protectores auditivos, se obtiene la siguiente figura.

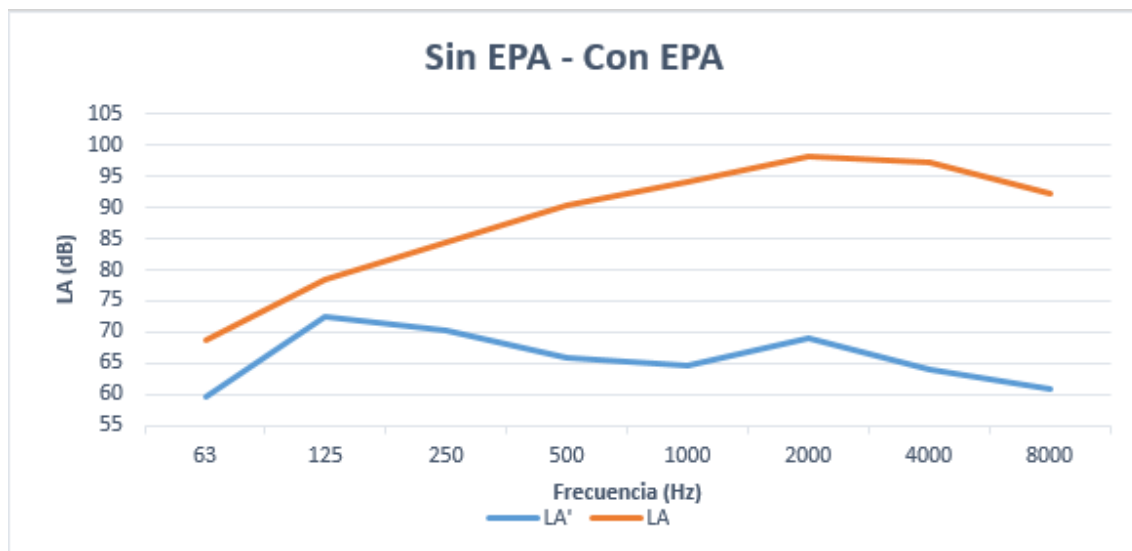


Figura 35. Comparación de niveles con EPA y sin EPA.

“LA” representa el valor de NPS sin la atenuación brindada por los equipos de protección auditiva. Por otro lado, se tiene el valor de “LA’ “ el mismo que representa los valores de “LA” una vez incorporado el equipo de protección auditiva. Se puede evidenciar una reducción significativa en el rango de frecuencias que más nivel de presión sonora presentan (500 Hz - 8 KHz). De esta manera, el valor máximo es de 72,42 dBA, mismo que se presenta en la frecuencia de 125 Hz. En las demás frecuencias se obtienen valores menores a 72.42 dBA, lo cual representa una atenuación efectiva por parte de los protectores auditivos usados por los trabajadores del área de mantenimiento de Avioandes.

4.6. Dosis

Se realizaron dos tablas que evidencian el porcentaje de dosis al que se exponen los trabajadores en la jornada laboral de 8 horas de un día promedio. Como se había mencionado con anterioridad, el día promedio evaluado en el año 2019 en la empresa Avioandes consta de 1.3 vuelos.

Tabla 12.

Valor porcentual de dosis con EPA y sin EPA.

	Sin protección			Con protección	
	L (dBA)	T (h)		L (dBA)	T (h)
Tarea 1	102,5	2,6	Tarea 1	76,8	2,6
Tarea 2	75,5	1,3	Tarea 2	75,5	1,3
Tarea 3	70,9	4,1	Tarea 3	70,9	4,1
	Total (h)	8		Total (h)	8
	Dosis (%)	378,18		Dosis (%)	22,10

Al tener un valor de 102,5 dBA como el más significativo y un tiempo de exposición promedio de 2.6 horas, se puede evidenciar que la dosis de exposición en la jornada laboral de 8 horas es 378,18 %. Valor que excede 3 veces al 100% recomendado.

Existe una diferencia significativa solamente aplicando correcciones en la tarea 1. Con el uso de EPA el valor de nivel cambia de 102,5 dBA a 76,8 dBA. Realizando los cálculos en un día promedio, se tiene que los trabajadores en el área de mantenimiento tienen una dosis de exposición de 22,10 %.

Por otro lado, el tiempo máximo que los trabajadores estudiados podrán permanecer expuestos al nivel LA = 102,5 dBA sin equipo de protección auditiva, será de 0,6 horas (36 minutos) como lo indica la tabla 13.

Tabla 13.

Tiempo máximo de exposición a 102.5 dBA.

	Sin protección	
	L (dBA)	T (h)
Tarea 1	102,5	0,6
Tarea 2	75,5	1,3
Tarea 3	70,9	6,1
	Total (h)	8
	Dosis (%)	99,77

4.7. LEX,8h para un grupo homogéneo de trabajadores

El Decreto Ejecutivo 2393 de Ecuador, indica que, para determinar los niveles de exposición al ruido en una jornada diaria de 8 horas, se debe calcular el porcentaje de dosis. Por otro lado, se tiene el caso de la normativa internacional ISO 9612 en la que se calcula el nivel en dBA para la exposición al ruido en un período de 8 horas. Este valor se obtuvo aplicando la ecuación 2.

Una diferencia clara entre ambas radica en que al duplicar el tiempo de exposición al ruido, la tasa de intercambio en el Real Decreto 283 incrementa 3 dB. Mientras que con el Decreto Ejecutivo 2393, se obtiene una tasa de intercambio que aumenta en 5 dB al duplicar el tiempo de exposición.

De esta manera se tiene un nivel de exposición igual a 97,6 dBA durante 8 horas, sin la utilización de protectores auditivos. Por otro lado, este valor disminuye a una exposición de 74,4 dBA en el mismo intervalo de tiempo, una vez utilizados los protectores auditivos durante las labores en la tarea número uno. Se logra con este proceso determinar datos más tangibles en cuanto a niveles de presión sonora.

Tabla 14.

Cálculo del nivel de exposición al ruido según la normativa ISO 9612.

Nivel de exposición al ruido diario		
$L_{EX,8h}$ (dBA)	Sin EPA	Con EPA
	97,6	74,4

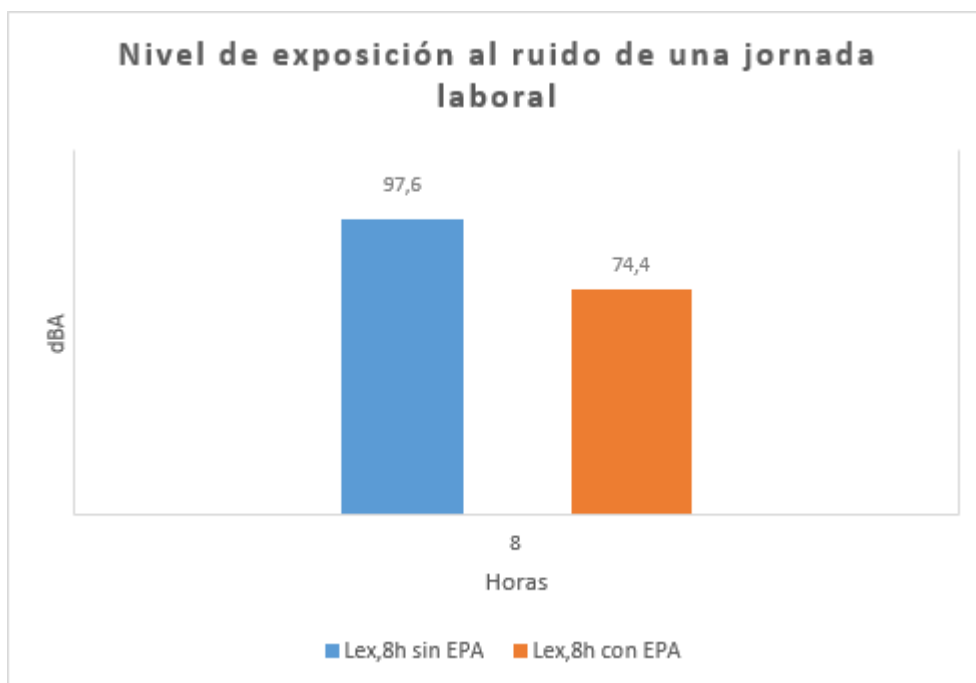


Figura 36. Comparativa de niveles de exposición al ruido diario con el uso de EPA y sin EPA.

4.8. Audiometrías

De las ocho audiometrías pertenecientes a los trabajadores estudiados, se realizó un promedio de los valores de desplazamiento de umbral tanto del oído derecho como del oído izquierdo. Este procedimiento se efectuó con la finalidad de obtener un valor general que resuma la información de entre todas las audiometrías. De esta manera se obtuvo dos tablas que muestran valores que serán relacionados con el ruido más significativo al cual están expuestos los trabajadores de la empresa. Por otro lado, al carecer de información de audiometrías previas a las expuestas en esta investigación, se presenta únicamente la relación entre el nivel de ruido más significativo y la curva del promedio audiométrico, más no una comparación a lo largo del tiempo que indique la pérdida paulatina en el espectro audible de los trabajadores estudiados. Es por esto que no se puede asegurar que la pérdida de audición en los trabajadores es causada por la exposición a la tarea con el ruido más significativo en su jornada laboral.

A continuación, se muestran las tablas con los valores de las audiometrías, así como también los valores promedio por frecuencia con su respectiva desviación estándar promedio.

Tabla 15.

Valores de audiometrías del oído derecho.

Audiometrías Oído Derecho									
Persona	Frecuencia Hz								
	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
A	15	10	10	10	10	10	10	15	10
B	10	10	10	10	10	10	15	15	15
C	15	15	10	10	10	10	15	15	15
D	20	20	20	20	20	35	35	25	20
E	20	20	15	10	10	15	15	20	20
F	15	20	20	15	15	15	20	35	30
G	20	30	40	40	50	60	70	50	50
H	15	15	15	10	10	10	10	15	15
Promedio Log.	17,4	22,4	31,1	31,0	41,0	51,0	61,0	41,1	41,0
Desv. Prom.	2,8	5,0	6,9	7,2	9,1	13,4	14,4	9,7	9,1

Tabla 16.

Valores de audiometrías del oído izquierdo.

Audiometrías Oído Izquierdo									
Persona	Frecuencia Hz								
	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
A	15	15	10	10	10	10	10	15	10
B	10	10	10	10	10	20	30	20	20
C	15	15	15	10	10	10	15	15	20
D	20	20	20	20	20	55	55	60	80
E	20	20	15	10	10	15	15	20	20
F	20	20	20	15	15	20	45	40	40
G	20	20	20	15	15	20	20	20	20
H	15	15	10	10	10	10	10	15	15
Promedio Log.	18,0	18,0	16,9	14,3	14,3	46,0	46,4	51,0	71,0
Desv. Prom.	3,1	3,1	3,8	3,1	3,1	8,8	13,8	12,2	15,9

De los valores promedio obtenidos en las tablas 15 y 16, se realizó una gráfica que muestre el nivel de presión sonora promedio percibido tanto en el oído derecho como en el izquierdo. Se adjunta en la gráfica la desviación estándar promedio para cada frecuencia la misma que muestra el valor de incertidumbre que posee cada dato calculado. A continuación, se realiza una relación entre las gráficas obtenidas y el valor de la tarea 1 que representa el ruido más significativo al cual los trabajadores se exponen.

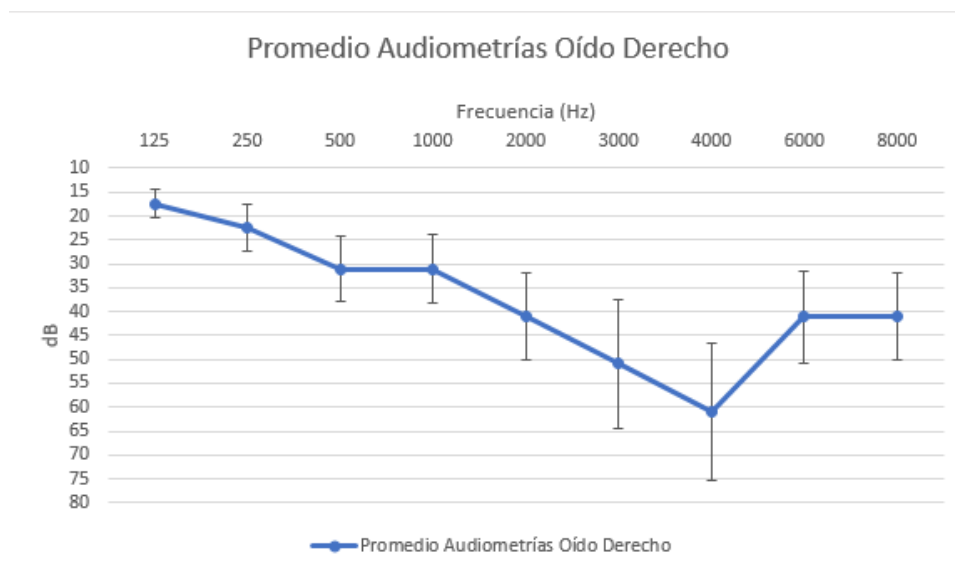


Figura 37. Promedio de audiometrías oído derecho.

Los datos del promedio obtenido entre las ocho audiometrías del oído derecho muestran una pérdida paulatina a partir de 125 Hz hasta 1000 Hz. Por otro lado, a partir de los 1000 Hz hasta los 2000 Hz la pérdida de audición se encuentra en la zona de pérdida de audición leve. Los datos se agravan desde los 2000 Hz a 4000 Hz representando un problema importante en la audición del personal. Finalmente, en las frecuencias de 6000 Hz y 8000 Hz existe una constante de 40 dB, lo cual representa una pérdida de audición leve. Todo lo mencionado previamente, relacionado con el nivel de ruido más significativo al que están expuestos los trabajadores analizados, concuerda con los altos niveles de exposición presentados en la figura 28.

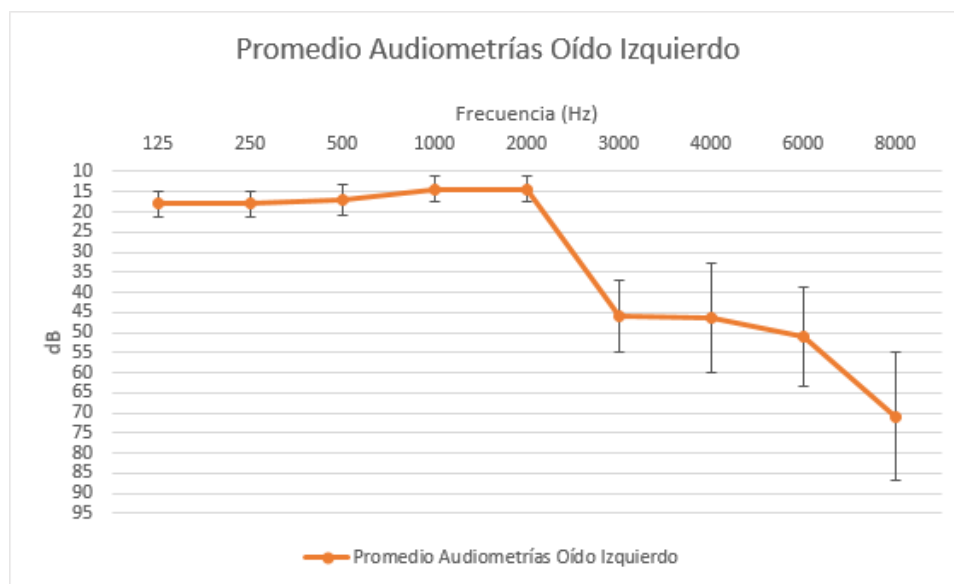


Figura 38. Promedio de audiometrías oído izquierdo.

En la figura 38 se presentan valores promedio de las audiometrías del oído izquierdo. En estos valores se muestra una respuesta de audición normal hasta los 2000 Hz. Por otro lado, existe una caída prominente a partir de la frecuencia de 3000 Hz hasta los 8000 Hz donde los valores representan una pérdida de audición grave. Los valores presentados en la figura 38 presentan concordancia en frecuencias agudas con los valores obtenidos en la medición de la tarea 1. Cabe recalcar que los valores presentados en las figuras 37 y 38 son promedio logarítmico entre todos los datos frecuenciales de las audiometrías. De esta manera se tiene un índice de error que depende de la varianza existente entre los datos promediados. Se pueden corroborar los valores de las audiometrías personales en los anexos adjuntos.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Tomando en cuenta que en el Decreto ejecutivo 2393 se indica que valores de nivel de 85 dBA en adelante son considerados perjudiciales para la salud auditiva, se determina que los niveles a los cuales los trabajadores están expuestos requieren una protección auditiva obligatoria en la tarea con mayor nivel representativo de ruido. Con estas acciones, se logra obtener valores de exposición al ruido y dosis bajos, los mismos que se encuentran dentro de lo permisible según ambas normativas mencionadas.

Se afirma que los trabajadores estudiados, no se encuentran en riesgo aditivo. Debido a que el tiempo de exposición al ruido más significativo por parte de los trabajadores no es relevante en comparación al tiempo que ejercen labores de oficina o labores complementarias. Es por esto que, los trabajadores analizados no caen en fatiga auditiva y sus oídos tienen un tiempo de descanso adecuado para precautelar su integridad.

Por otro lado, los protectores auditivos utilizados por los trabajadores estudiados se comportan de manera idónea para los niveles de ruido medidos. La curva de atenuación brindada por los protectores auditivos no posee gran nivel de atenuación en bajas frecuencias como se muestra en la figura 32. Para este caso específico, lo mencionado no se caracteriza como un problema ya que, existe mayor injerencia de frecuencias medias y agudas en el ruido medido. Los valores de atenuación frecuencia presentados anteriormente ofrecen un grado de confiabilidad del 90%.

Así mismo, existe una gran diferencia entre los valores de tiempo a los cuales los trabajadores pueden estar expuestos cuando portan EPA y cuando no. Se tiene que sin protección el tiempo máximo de exposición es de 0,6 horas a 102,5 dBA. Mientras que, con equipo de protección, los trabajadores logran cumplir la jornada de 8 horas con total normalidad. Esto asevera el buen desenvolvimiento de los protectores 3M Optime 1 en las labores aplicadas.

Finalmente, realizada la relación entre las audiometrías y el nivel de ruido más significativo, se aprecia que existe concordancia en ciertos rangos de frecuencia. Ya que a medida que el nivel de ruido se eleva, el desplazamiento del umbral auditivo de los trabajadores estudiados tiende a decrecer. Se debe tomar en cuenta que entre los datos de audiometrías promediados existen valores atípicos que no concuerdan con la respuesta auditiva común de los trabajadores. Es decir, existen ciertos trabajadores que poseen un alto grado de afección auditiva y estos alteran de manera rotunda la media de las audiometrías. Por lo previamente mencionado, existen niveles de varianza elevada en ciertas frecuencias y un incremento en la incertidumbre de exactitud.

5.2. Recomendaciones

Realizar campañas de concienciación internas sobre el ruido y sus efectos nocivos en la salud sería uno de los primeros pasos para crear el hábito de protección auditiva por parte de los trabajadores de la empresa.

Debido a que el personal de mantenimiento de la empresa Avioandes debe estar expuesto alrededor de una hora a ruido de hangares vecinos y maquinaria de apoyo terrestre durante los preparativos del vuelo y aterrizaje de las aeronaves, se recomienda el uso de pre-protección. Esta pre-protección puede ser de inserción de tipo moldeable o pre-moldeable, ya que son más livianas y cómodas para la utilización durante exposición a ruido. De esta manera se fortalece el cuidado de la salud auditiva.

Es fundamental para realizar una comparación tener acceso a un histórico de audiometrías. De esta manera se podría analizar la cronología de pérdida auditiva y determinar si, efectivamente, está perdida se debe a la exposición de los trabajadores al ruido en su jornada laboral o si esta pérdida es ocasionada por factores externos. Así, se obtendría un resultado más conciso y con un menor grado de incertidumbre. Por otro lado, al ser las audiometrías documentos confidenciales se debe brindar las garantías necesarias para que la información presentada no exponga al personal estudiado.

Por último, es necesario reformar las leyes ecuatorianas en lo que respecta al Artículo 55 del Decreto Ejecutivo 2393, ya que este contiene poca información sobre el proceso de toma muestras. Además, profundizar la información en temas de exposición al ruido, ya que se carece de acciones preventivas frente a niveles de presión sonora elevados. Estos con el fin de brindar una mayor protección al trabajador frente a elevadas exposiciones a ruido.

REFERENCIAS

- Amable, D., Méndez, L., Delgado, D., Acebo, D., Armas, D., & Rivero, L. (2017). Contaminación Ambiental por Ruido. *Revista Médica Electrónica*, Vol 39 No.3. Recuperado el 7 de noviembre de 2019 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000300024
- Chávez J. (2006). Ruido: Efectos sobre la salud y Criterio de su Evaluación al Interior de Recintos. *Cienc Trab.* abr-jun; 8(20):42-46.
- Decreto Ejecutivo 2393 - Portal único de trámites ciudadanos. (2003). Recuperado el 4 de diciembre de 2019 de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento_Reglamento-Interno-Seguridad-Ocupacional-Decreto-Ejecutivo-2393_0.pdf
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2007). Laboratorio de condiciones de trabajo. Bogotá. Recuperado el 20 de enero de 2020 de https://www.academia.edu/36202692/NIVELES_DE_RUIDO_PROTOCOLO_Laboratorio_de_condiciones_de_trabajo_EDICION_2007-1_FACULTAD_INGENIERIA_INDUSTRIAL_LABORATORIO_DE_PRODUCION
- Franks, J. R., Graydon, P. S., Jeng, C., & Murphy, W. J. (2003). *Calculation of laboratory spectrum uncertainty for various categories of hearing protectors*. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 253, No. 4, pp. 4727-4734). Institute of Noise Control Engineering. Recuperado el 17 de diciembre de 2019 de

<https://pdfs.semanticscholar.org/a03e/31a3b060d0ac94ee6fb74af16981429b27ba.pdf>

Groenewold, M. R., Masterson, E. A., Themann, C. L., & Davis, R. R. (2014). *Do hearing protectors protect hearing?*. *American journal of industrial medicine*, 57(9), 1001-1010. Recuperado el 17 de diciembre de 2019 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4671486/>

Hansell, A. L., Blangiardo, M., Fortunato, L., Floud, S., de Hoogh, K., Fecht, D., & Beevers, S. (2013). *Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study*. *Bmj*, 347, f5432. Recuperado el 27 de octubre de 2019 de <https://www.bmj.com/content/347/bmj.f5432>

Lindvall, T., Berglund, B. (1999). *Guía para el ruido Urbano*, OMS, Ginebra, Abril/1995, p.4. Recuperado el 12 de enero de 2020 de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39702748/guia_oms_ruido_1_berglund_ruido_ambiental.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dguia_oms_ruido_ruido_ambiental.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200311%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200311T200007Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=64e2ceec9738a848acfb0f01c6d129f29605b19f135ed278e7dd2ce9cb313adf

Miligi, L., & Masala, G. (1991). *Methods of Exposure Assessment for Community-Based Studies: Aspects Inherent to the Validation of Questionnaires*. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 6(6), 502–507. <https://doi.org/10.1080/1047322X.1991.10387919>

- Musso, P. (2004). Análisis de la eficiencia de la ponderación "A" para evaluar efectos del ruido en el ser humano. Universidad Austral de Chile.
- Noren, A. (2017). Que son las audiometrías y qué tipos hay. KIVERSAL. Recuperado el 7 de noviembre de 2019 de <https://blog.kiversal.com/las-audiometrías-tipos/>
- OMS. (2015). *World Health Organization*. Recuperado el 20 de diciembre de 2019 de [who.int: https://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web.pdf](https://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web.pdf)
- Pérez, M. A. (2008). Estudio sobre los niveles de presión sonora a los que se exponen los alumnos de la ESMUC durante su tiempo de estudio. Catalunya.
- Portocarrera, L. (2011). Efectos del ruido en el oído. Recuperado el 10 de noviembre de 2019 de http://www.rpp.com.pe/2011-01-29-conozca-los-efectos-del-ruido-en-la-salud-noticia_331838.html.
- Rizk, et al. (2016). *Some Health Effects of Aircraft Noise with Special Reference to Shift Work*. Journals. journals.sagepub.com/doi/10.1177/0748233713518602.
- Ruel, J., Puel, J. y Trigueiros, N. (2007). *Audiometry Promenade 'round the cochlea*. Montpellier: Institut de Neurosciences de Montpellier. Recuperado el 17 de enero de 2020 de <http://www.neuroreille.com/promenade/english/audiometry/audiometry.htm>
- Stephen, A. (2003). *Noise Pollution: Non-Auditory Effects on Health*. OUP Academic, Oxford University Press.

Valero-Pacheco, Ivonne, et al. Aproximación a Un Modelo De Costo Eficacia De Protectores Auditivos En El Ambiente Laboral. *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, vol. 60, no. 235, 2014, pp. 313–321.

Wagoner, L., McGlothlin, J., Chung, K., Strickland, E., Zimmerman, N., & Carlson, G. (2007). *Evaluation of Noise Attenuation and Verbal Communication Capabilities Using Three Ear Insert Hearing Protection Systems Among Airport Maintenance Personnel*. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4(2), 114–122.
doi:10.1080/15459620601126377

ANEXOS

Anexo 1

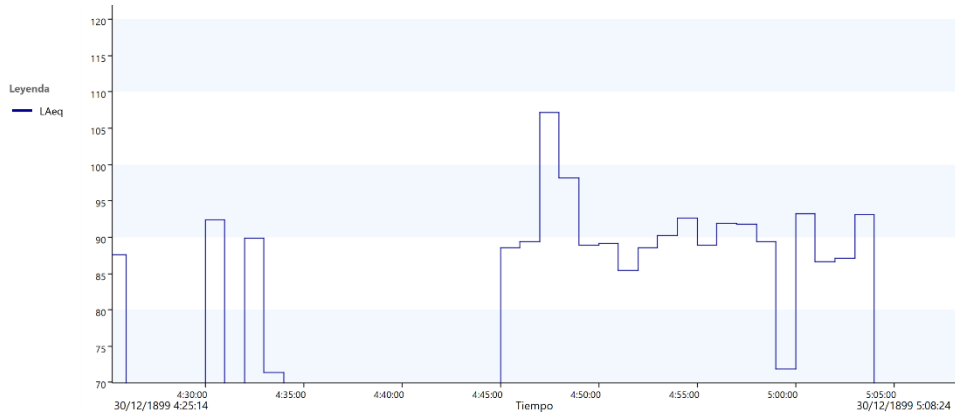
Medición in situ (Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre).





Anexo 2

Datos obtenidos por el dosímetro.



Anexo 3

Audiometrías del personal estudiado en orden de persona (A - H)



OTORRINOLARINGOLOGÍA AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20190319M0038

--	--	--	--

Convenio:	AVIOANDES S.A. 2018-2019	Perfil:	PERFIL GENERAL
Empresa:	AVIOANDES S.A.	Ocupación:	

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares
NO REFIERE

Antecedentes Personales
NO REFIERE

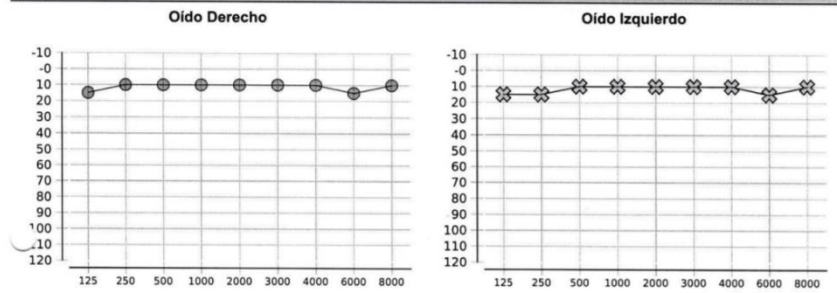
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

Discoteca	<input type="checkbox"/>	Servicio militar	<input type="checkbox"/>	Ruido laboral	<input checked="" type="checkbox"/>
Aviación/aeropuerto	<input checked="" type="checkbox"/>	Música alto volumen	<input checked="" type="checkbox"/>	Uso de dispositivos auditivos	<input checked="" type="checkbox"/>
Ninguno	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		

Fuente: PLATAFORMA. Exposición diaria: 8 horas por día Período: 10 Año(s)

Audiometría



Resultado otoscopia: CAE PERMEASBLES.
Uso de equipo auxiliar auditivo:

DIAGNÓSTICOS

Principal	Confirmado nuevo	Z011	EXAMEN DE OIDOS Y DE LA AUDICION
Ampliación:	AUDIOMETRIA DENTRO DE LIMITES NORMALES:		
Recomendación:	Control de factores:MANTENER MEDIDAS ADECUADAS DE PROTECCIÓN AUDITIVA.		
Pedido Medico:			
Medicación:			

OTORRINOLARINGOLOGÍA
AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20190521M0017

--	--

Convenio:	AVIOANDES 2019-2020	Perfil:	GENERAL
Empresa:	AVIOANDES S.A.	Ocupación:	

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares
NO REFIERE

Antecedentes Personales
NO REFIERE

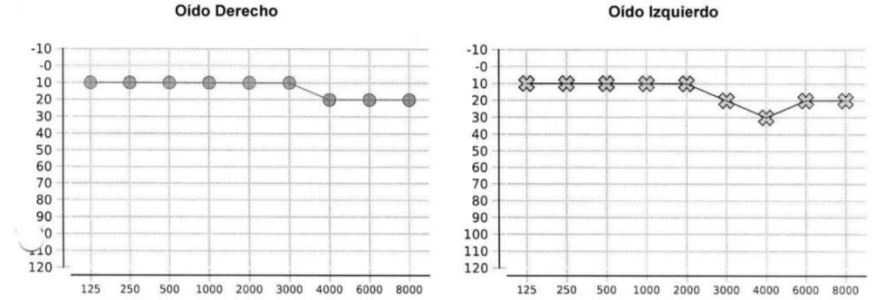
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

<input type="checkbox"/> Discoteca <input checked="" type="checkbox"/> Aviación/aeropuerto <input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Servicio militar <input type="checkbox"/> Música alto volumen <input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Ruido laboral <input checked="" type="checkbox"/> Uso de dispositivos auditivos
---	---	--

Fuente: PLATAFORMA	Exposición diaria: 8 horas por día	Periodo: 19 Año(s)
--------------------	------------------------------------	--------------------

Audiometría



Resultado otoscopia:	CAE PERMEABLES , PLAQUITAS DE OTOESCLEROSIS EN MEMBRANA DERECHA
Uso de equipo auxiliar auditivo:	<input type="checkbox"/>

DIAGNÓSTICOS

Principal	Confirmado nuevo H938	OTROS TRASTORNOS ESPECIFICADOS DEL OIDO
Ampliación:	OTROS TRASTORNOS ESPECIFICADOS DEL OIDO: LEVE DESCENSO SELECTIVO EN 4000 HZ EN OIDO IZQUIERDO, EL RESTO DE FRECUENCIAS ESTÁN DENTRO DE LIMITES NORMALES BILATERAL	
Recomendación:	Exámenes / Otras Rec.:CONTROL ANUAL Control de factores:MANTENER MEDIDAS ADECUADAS DE PROTECCIÓN AUDITIVA	
Pedido Medico:		
Medicación:		

OTORRINOLARINGOLOGÍA
AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20181214M0003

--	--

Convenio: AVIOANDES S.A. 2018-2019	Perfil: PERFIL GENERAL
Empresa: AVIOANDES S.A.	Ocupación:

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares
NO REFIERE

Antecedentes Personales
Categoría: Patológicos

Diagnóstico: Observación: NIEGA

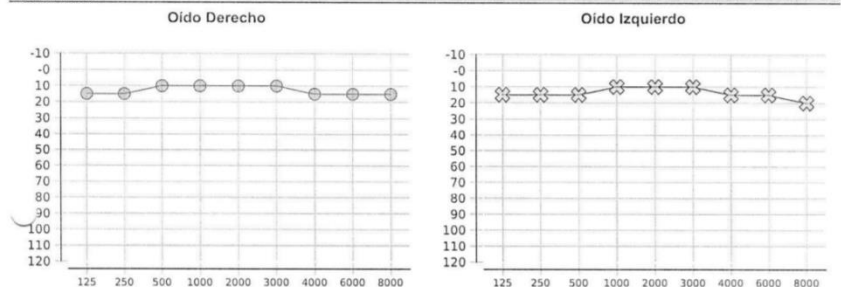
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

Discoteca <input type="checkbox"/>	Servicio militar <input type="checkbox"/>	Ruido laboral <input checked="" type="checkbox"/>
Aviación/aeropuerto <input type="checkbox"/>	Música alto volumen <input type="checkbox"/>	Uso de dispositivos auditivos <input type="checkbox"/>
Ninguno <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

Fuente: TURBINAS DE AVIÓN Exposición diaria: 8 horas por día Periodo: 4 Año(s)

Audiometría



Resultado otoscopia: CONDUCTOS AUDITIVOS PERMEABLES, MEMBRANAS TIMPÁNICAS INTEGRAS DE ASPECTO NORMAL BILATERAL.
Uso de equipo auxiliar auditivo:

DIAGNÓSTICOS

Principal	Confirmado nuevo 2011	EXAMEN DE OIDOS Y DE LA AUDICION
Ampliación:	AUDIOMETRIA DENTRO DE LIMITES NORMALES	
Recomendación:	Exámenes / Otras Rec.: CUIDADOS AUDITIVOS SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD. CONTROL AUDIOLÓGICO ANUAL.	
Pedido Medico:		
Medicación:		

OTORRINOLARINGOLOGÍA

AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20190718M0022

--	--

Convenio:	AVIOANDES 2019-2020	Perfil:	GENERAL
Empresa:	AVIOANDES S.A.	Ocupación:	EMPLEADO PRIVADO

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares

Parentesco:	Padre	Patología:	HIPOACUSIA
-------------	-------	------------	------------

Antecedentes Personales

NO REFIERE

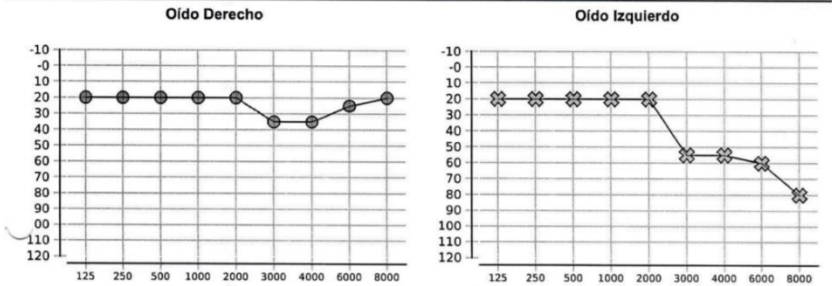
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

Discoteca	<input type="checkbox"/>	Servicio militar	<input type="checkbox"/>	Ruido laboral	<input checked="" type="checkbox"/>
Aviación/aeropuerto	<input checked="" type="checkbox"/>	Música alto volumen	<input type="checkbox"/>	Uso de dispositivos auditivos	<input checked="" type="checkbox"/>
Ninguno	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		

Fuente: RAMPA Exposición diaria: 12 horas por día Periodo: 18 Año(s)

Audiometría



Resultado otoscopia:	CAE PERMEABLES
Uso de equipo auxiliar auditivo:	<input type="checkbox"/>

DIAGNÓSTICOS

Principal	Confirmado nuevo	H905	HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL
Ampliación:	HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL: BILATERAL, EN ÁREA DE TONOS AGUDOS LEVE EN OÍDO DERECHO Y MODERADA -SEVERA EN IZQUIERDO.		
Recomendación:	Exámenes / Otras Rec.: CONTROL ANUAL Control de factores: MANTENER MEDIDAS ADECUADAS DE PROTECCIÓN AUDITIVA.		
Pedido Médico:			
Medicación:			

OTORRINOLARINGOLOGÍA
AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20190208M0021

--	--

Convenio: AVIOANDES S.A. 2018-2019	Perfil: PERFIL GENERAL
Empresa: AVIOANDES S.A.	Ocupación:

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares
NO REFIERE

Antecedentes Personales

Categoría: Patológicos

Diagnóstico:	Observación: NIEGA
--------------	--------------------

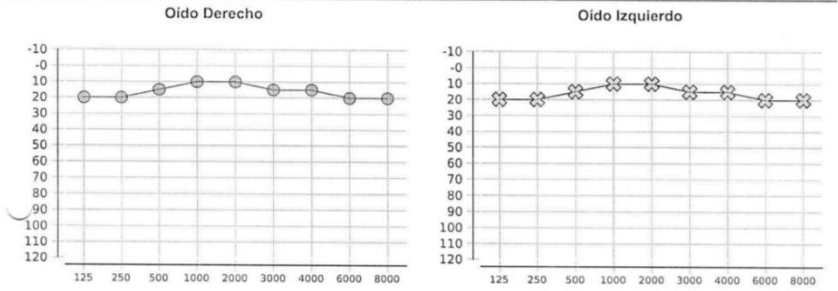
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

Discoteca <input type="checkbox"/>	Servicio militar <input type="checkbox"/>	Ruido laboral <input checked="" type="checkbox"/>
Aviación/aeropuerto <input type="checkbox"/>	Música alto volumen <input type="checkbox"/>	Uso de dispositivos auditivos <input type="checkbox"/>
Ninguno <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

Fuente: TURBINAS DE AVIÓN Exposición diaria: 8 horas por día Periodo: 27 Año(s)

Audiometría



Resultado otoscopia: CONDUCTOS AUDITIVOS PERMEABLES, MEMBRANAS TIMPÁNICAS INTEGRAS DE ASPECTO NORMAL BILATERAL.

Uso de equipo auxiliar auditivo:

DIAGNÓSTICOS

Principal	Confirmado nuevo	Z011	EXAMEN DE OIDOS Y DE LA AUDICION
Ampliación:	AUDIOMETRIA DENTRO DE LIMITES NORMALES:		
Recomendación:	Exámenes / Otras Rec.: CUIDADOS AUDITIVOS SEGUN NORMAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD. CONTROL AUDIOLÓGICO ANUAL.		
Pedido Médico:			
Medicación:			

OTORRINOLARINGOLOGÍA
AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20190625M0029

Convenio: AVIOANDES 2019-2020 Perfil: GENERAL
 Empresa: AVIOANDES S.A. Ocupación: EMPLEADO PRIVADO

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares
NO REFIERE

Antecedentes Personales
NO REFIERE

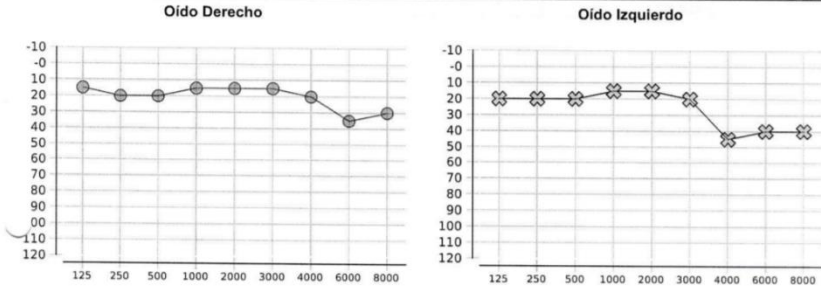
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

Discoteca	<input type="checkbox"/>	Servicio militar	<input checked="" type="checkbox"/>	Ruido laboral	<input checked="" type="checkbox"/>
Aviación/aeropuerto	<input checked="" type="checkbox"/>	Música alto volumen	<input type="checkbox"/>	Uso de dispositivos auditivos	<input checked="" type="checkbox"/>
Ninguno	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>		

Fuente: AVIACIÓN Exposición diaria: 8 horas por día Periodo: 3 Año(s)

Audiometría



Resultado otoscopia: TAPÓN DE CERUMEN EN CAE DERECHO
 Uso de equipo auxiliar auditivo:

DIAGNÓSTICOS

Confirmado nuevo	H612	CERUMEN IMPACTADO
Ampliación:	TAPON DE CERUMEN OD:	
Recomendación:	Exámenes / Otras Rec.: LIMPIEZA DE OÍDO POR ESPECIALISTA Y NUEVO COCNTROL AUDIOMÉTRICDO PARA CONFIRMAR O DESCARTAR HIPOACUSIA LEVE EN TONOS AGUDOS EN OÍDO DERECHO	
Pedido Medico:		
Medicación:		
Principal	Confirmado nuevo	H905 HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL

OTORRINOLARINGOLOGÍA
AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20190208M0029

--	--

Convenio: AVIOANDES S.A. 2018-2019	Perfil: PERFIL GENERAL
Empresa: AVIOANDES S.A.	Ocupación:

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares
NO REFIERE

Antecedentes Personales

Categoría: Patológicos	Diagnóstico:	Observación: NIEGA
------------------------	--------------	--------------------

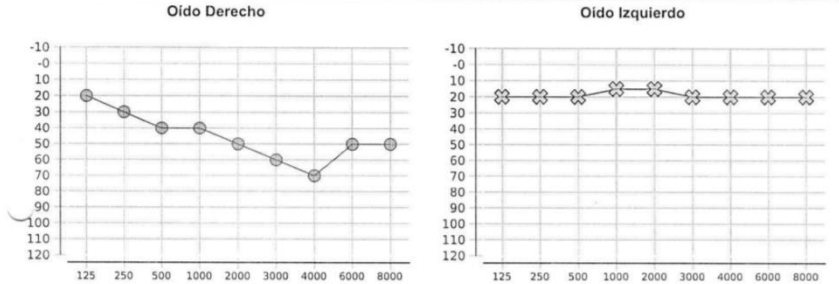
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

Discoteca <input type="checkbox"/>	Servicio militar <input type="checkbox"/>	Ruido laboral <input checked="" type="checkbox"/>
Aviación/aeropuerto <input type="checkbox"/>	Música alto volumen <input type="checkbox"/>	Uso de dispositivos auditivos <input type="checkbox"/>
Ninguno <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

Fuente: TURBINAS DE AVIÓN	Exposición diaria: 8 horas por día	Periodo: 7 Año(s)
---------------------------	------------------------------------	-------------------

Audiometría



Resultado otoscopia:	CONDUCTOS AUDITIVOS PERMEABLES, MEMBRANAS TIMPÁNICAS INTEGRAS DE ASPECTO NORMAL BILATERAL.
Uso de equipo auxiliar auditivo:	<input type="checkbox"/>

DIAGNÓSTICOS

Principal	Confirmado nuevo	H903	HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL
Ampliación:	HIPOACUSIA NEUROSENSORIAL DERECHA:		
Recomendación:	Exámenes / Otras Rec.: CUIDADOS AUDITIVOS SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD. CONTROL AUDIOLÓGICO ANUAL.		
Pedido Medico:			
Medicación:			

OTORRINOLARINGOLOGÍA
AUDIOMETRIA

INFORMACIÓN GENERAL 20180917M0018

--	--

Convenio: AVIOANDES S.A. 2018-2019	Perfil: PERFIL GENERAL
Empresa: AVIOANDES S.A.	Ocupación: EMPLEADO PRIVADO

ANTECEDENTES FAMILIARES / PERSONALES DE SALUD

Antecedentes Familiares
NO REFIERE

Antecedentes Personales
Categoría: Patológicos
Diagnóstico: Observación: NIEGA

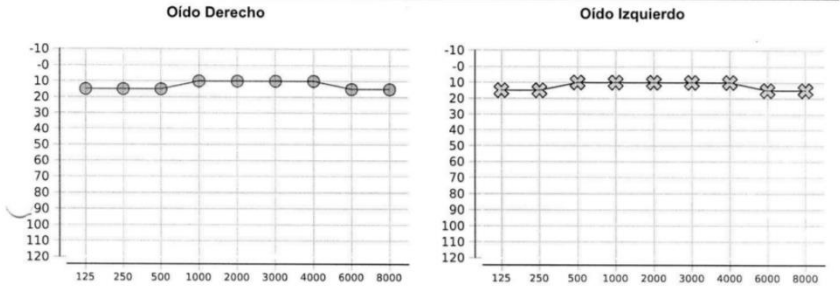
Exámenes de Especialidad

Exposición a Ruidos

Discoteca <input type="checkbox"/>	Servicio militar <input type="checkbox"/>	Ruido laboral <input checked="" type="checkbox"/>
Aviación/aeropuerto <input type="checkbox"/>	Música alto volumen <input type="checkbox"/>	Uso de dispositivos auditivos <input type="checkbox"/>
Ninguno <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

Fuente: MOTORES DE AVIÓN Exposición diaria: 8 horas por día Periodo: 2 Año(s)

Audiometría



Resultado otoscopia: Conductos auditivos permeables, membranas timpánicas íntegras de aspecto normal bilateral.
Uso de equipo auxiliar auditivo:

DIAGNÓSTICOS

Principal	Confirmado nuevo	Z011	EXAMEN DE OÍDOS Y DE LA AUDICION
Ampliación:	AUDIOMETRIA DENTRO DE LIMITES NORMALES		
Recomendación:	Exámenes / Otras Rec.: Cuidados auditivos según normas internacionales de seguridad. Control audiológico anual.		
Pedido Medico:			
Medicación:			

