

## **Análisis del factor ruido en las actividades de mantenimiento aeronáutico militar**

### *Analysis of the noise factor in military aeronautical maintenance activities*

Alvaro Ortiz 

Fuerza Aérea Ecuatoriana, Quito, Ecuador, 170809

\*Correspondencia: alvaroortizr0@gmail.com

**Citación:** Ortiz, A. (2021). Análisis del factor ruido en las actividades de mantenimiento aeronáutico militar. *Novasinerugia*. 4(2). 78-92. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.05>

Recibido: 13 abril 2021

Aceptado: 17 agosto 2020

Publicado: 01 diciembre 2021

Novasinerugia  
ISSN: 2631-2654

**Resumen:** El ruido es el factor de riesgo más importante al que está sometido el personal de mantenimiento aeronáutico militar, siendo necesario verificar si dicho factor se encuentre dentro del límite establecido en la normativa. En la presente investigación se realizaron mediciones de ruido en las Bases Aéreas ecuatorianas de Salinas, Guayaquil, Taura, Manta y Cotopaxi, seguidamente se contrastaron con los límites de 85 dB para labores operativas y 70 dB para aquellas que impliquen mayor concentración, posteriormente se aplicaron los test ANOVA y Tukey, para verificar la relación entre los niveles de presión sonora *LAeqD*, el tipo de aeronave y la ubicación o actividad. Conforme a los resultados obtenidos, en las aeronaves a turbohélice, supersónicas y transporte se alcanzaron 93 dB, 105 dB y 91 dB respectivamente, principalmente en el despacho de aeronaves. Si bien el 34.72% de puntos superaron los 70 dB y el 19.44% sobrepasaron los 85 dB, no obstante, los trabajos respectivos no implican alto grado de concentración y pueden ser reducidos con elementos de protección auditivos. De acuerdo con el análisis estadístico, es posible aseverar que los niveles de ruido dependen del lugar o actividad de mantenimiento realizado, más no del tipo de aeronave.

**Palabras clave:** Contaminación acústica, mantenimiento de aeronaves, presión acústica, ruido aeronáutico, salud ocupacional, seguridad industrial.

**Abstract:** Noise is the most important risk factor to which military aeronautical maintenance personnel is subjected. Therefore, it is necessary to verify whether this factor is within the limit established in the regulations. Noise measurements were taken at the Ecuadorian Air Bases of Salinas, Guayaquil, Taura, Manta, and Cotopaxi. The measured values were contrasted with the limits of 85 dB for operational work and 70 dB for those involving higher concentrations, then ANOVA and Tukey tests were applied to verify the relationship between sound pressure levels *LAeqD*, type of aircraft, and location or activity. According to the results, 93 dB, 105 dB, and 91 dB were reached in turboprop, supersonic, and transport aircraft, respectively, mainly in aircraft dispatch. Although 34.72% of the points exceeded 70 dB and 19.44% exceeded 85 dB, the respective works do not involve a high concentration. They can be reduced with hearing protection elements. Therefore, according to the statistical analysis, it is possible to assert that the noise levels depend on the place or maintenance activity, but not on the type of aircraft.

**Keywords:** Acoustic pressure, aeronautical noise, aircraft maintenance, industrial safety, noise pollution, occupational health.



**Copyright:** 2021 derechos otorgados por los autores a Novasinerugia.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia de Creative Commons Attribution (CC BY NC).

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introducción

La contaminación acústica es un factor de riesgo invisible que genera diversas consecuencias nocivas en el ser humano, no solamente se habla de pérdida auditiva, sino también, se ha comprobado que altera el sistema nervioso, genera intranquilidad, inquietud, depresión, entre otros efectos en el individuo (Caputo & Correa, 2018). En lo referente a la disminución en la audición, dependiendo de su nivel, se cataloga como leve, moderada y severa, cuya condición de salud la sufren 1500 millones de personas a nivel mundial (OMS, 2015); en el caso de España alcanza el millón de personas (APADA-ASTURIAS, 2018) y en el Ecuador esta cifra asciende a 55000 habitantes (Betancourth & Miranda, 2018).

En el ambiente laboral, el ruido es uno de los factores de riesgo que más preocupa tanto a empleadores como a trabajadores, por lo cual en cada uno de los países se han establecido valores límites de exposición, durante la jornada de trabajo, tal es así que la *Occupational Safety and Health Administration*, de los Estados Unidos, fija en 90 dB, el nivel de exposición máximo para 8 horas de trabajo (OSHA, 2013). En España por su parte se establece un nivel máximo diario de 87 dB, fijando también un nivel pico en 140 dB (INSHT, 2006); la normativa colombiana (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y Ministerio de Salud, 1990) y ecuatoriana (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social & Seguro General de Riesgos del Trabajo, 2016) coinciden en 85 dB como límite en cada jornada, para el desarrollo de actividades que no impliquen labores de vigilancia o cálculo, en cuyo caso el límite se reduce a 70 dB.

Las operaciones militares, llevan consigo actividades de riesgo, que sin la toma de medidas preventivas y precauciones del caso, pueden desencadenar en daños irreversibles en la salud del combatiente, dentro de dichos riesgos, el ruido se convierte en un factor preponderante debido a que las características de fabricación de los equipos, instrumentos o armamento, hacen imposible su modificación a efectos de reducir los niveles de presión acústica en la fuente generadora (Copara & Morales, 2017).

En el caso de ejercicios en el terreno por ejemplo, las prácticas con explosivos superan los 175 dB (Hecht, Hammill, Calamia, Smalt, & Brungart, 2019), comparable con el ruido percibido en los portaviones (Yankaskas, Hammill, Packer, & Zuo, 2017). Así mismo, se conoce que ciertas labores repetitivas en el campo de la aeronáutica, han producido importantes niveles de hipoacusia en el personal de pilotos, técnicos e ingenieros de vuelo (Carpio & Álvarez, 2017).

Son varios los estudios realizados a nivel internacional respecto a la pérdida de audición en el personal de fuerzas armadas, en el año 2016, por ejemplo, en un estudio realizado en el personal militar que pasaba el servicio pasivo, en los Estados Unidos, arrojó un 29 % de casos con pérdida auditiva, luego de cumplir sus años de servicio y con valores más críticos para los miembros de la Fuerza Aérea (Gordon *et al.*, 2017).

Valores similares se obtuvieron en el año 2013, en miembros en servicio activo de la Marina Real Noruega, en donde el 31 % de participantes del estudio, reflejaron un importante grado de hipoacusia inducida por exposición al ruido en las distintas operaciones cumplidas al servicio de su Institución (Irgens-Hansen *et al.*, 2015).

Las actividades en el ambiente aeronáutico militar generan niveles de ruido importantes tanto en despegue, vuelo, sobrevuelo o aterrizaje que constituyen un impacto ambiental acústico en las inmediaciones de la pista de aterrizaje cuya mitigación se encuentra normada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2015), en base a lo cual han sido propuestas ciertas alternativas como el procedimiento de descenso continuo (Arnaldo, Gómez, & Pérez, 2012) o la instalación de barreras acústicas.

En lo referente al área de mantenimiento de aeronaves de igual forma tiene sus particularidades debido al tipo de fuente generadora de ruido, ya que por una parte se usan maquinarias y equipos diferentes a otras áreas industriales, así como también, la aeronave se convierte en ciertas ocasiones en la generadora de ruido, como es en el caso de despacho, recepción, o prueba de motores, en las cuales el personal técnico está expuesto a importantes niveles de contaminación sonora que alcanzan los 100 dB (Neilsen *et al.*, 2018) y superando los 140 dB en el caso de aeronaves supersónicas (Corbalán, Trujillo, Szajderman, & Di Bernardi, 2019), no obstante, de acuerdo con Caputo & Correa (2018), con el uso adecuado de elementos de protección auditiva, se logra una reducción que va desde los 20 dB hasta los 40 dB, dependiendo de la calidad y clase de equipo utilizado.

Al interior de las aeronaves el ruido se reduce, especialmente en el caso de aeronaves pequeñas, obteniéndose entre 89 y 96 dB (Argomedeo & Carter, 2017), en cuyas operaciones, su tripulación está obligada al uso de elementos de protección un tanto más sofisticados; para el personal de apoyo en tierra, en ciertos casos, es necesario utilizar protectores de inserción y tipo orejera de manera simultánea, a fin de alcanzar una atenuación eficaz (NEXER, 2013).

En una investigación realizada en el año 2018, en Latacunga - Ecuador, para las actividades de reparaciones, análisis de fallas, pintura, entre otras; se obtuvieron valores de presión sonora equivalente diaria entre 54 y 76 dB, es decir, no se superan los límites establecidos por la normativa, para el caso de operarios; no obstante, el 25 % de los datos de ruido obtenidos para tareas de regulación o vigilancia, superan los 70 dB, normados como límite superior en la reglamentación ecuatoriana (Copara & Morales, 2017).

Pese a que los niveles de ruido obtenidos en el estudio anterior, no son altamente significativos, según Copara & Morales (2017), luego de las encuestas practicadas referentes a efectos no otológicos, el 23 % del personal manifiesta tener un alto grado de problemas para conciliar el sueño, por otra parte un 52.5 % indica un alto grado de hipertensión arterial, finalmente, un 44.3 % de la población estudiada, refleja problemas psicosociales asociadas al factor ruido, por lo que resulta importante efectuar estudios periódicos, a fin de garantizar un adecuado ambiente laboral apegado a la seguridad.

La aviación militar a diferencia de la aviación civil, cuenta con aeronaves de combate supersónicas en Taura, combate a turbohélice en Manta, transporte en Latacunga (Cotopaxi), entrenamiento en Salinas y helicópteros en Guayaquil. En cada una de estas unidades militares se realizan labores de mantenimiento de primer y segundo escalón, cuyos niveles de ruido y su prevalencia dependiendo del tipo de aeronave no son conocidas en el caso ecuatoriano, por lo que el objetivo del presente estudio consiste en determinar los niveles de presión sonora diario equivalente  $LA_{eqD}$  en los talleres, oficinas y plataformas;

realizando mediciones con un sonómetro en los puntos más críticos de las Bases Aéreas, comparando dichos valores con los límites permitidos y mediante la aplicación de estadística inferencial evaluar la incidencia de la actividad inherente al tipo de avión sobre dichos niveles.

## 2. Metodología

En el mes de diciembre de 2020, se realizaron mediciones de ruido en los repartos militares de la aviación militar ecuatoriana, de acuerdo a las zonas o Bases Aéreas y número de puntos descritos en la tabla 1, en las que se ejecutan trabajos de mantenimiento, despacho y recepción de los diferentes tipos de aeronaves. Dichos puntos incluyen áreas abiertas – cubiertas, como hangares, áreas cerradas en las que se incluyen talleres de pintura y estructuras, así como, áreas al aire libre correspondientes a línea de vuelo o plataformas.

Tabla 1: Descripción de los sitios de monitoreo de ruido.

| Tipo Aeronave       | Base Aérea       | No. Puntos evaluados |
|---------------------|------------------|----------------------|
| Entrenamiento       | Salinas          | 17                   |
| Ala rotatoria       | Guayaquil        | 14                   |
| Supersónicas        | Taura            | 15                   |
| Combate turbohélice | Manta            | 14                   |
| Transporte          | Cotopaxi         | 12                   |
|                     | No. Total puntos | 72                   |

El monitoreo se efectuó utilizando un sonómetro integrador de banda ancha CASELLA SERIE CEL-620 A clase 1, (CASELLA CEL Limited – Madrid, España), debidamente calibrado en ponderación A y C con presión acústica de referencia 114 dB, 94 dB y con frecuencia de referencia 1000 Hz, mediante un calibrador acústico SV36 SVANTEK, (SVANTEK health and safety - Varsovia, Polonia), con una incertidumbre calculada menor a  $\pm 0.15$  dB.

Los puntos de monitoreo fueron seleccionados de acuerdo a las actividades incluidas en los manuales técnicos de los aviones emitidos por los fabricantes y de acuerdo a las labores rutinarias enmarcadas en el mantenimiento del primer escalón a cargo de la Unidad Técnica de Apoyo y del segundo escalón que se ejecutan en los diferentes talleres técnicos de acuerdo a las ubicaciones y códigos o claves de la tabla 2.

Se evaluaron los niveles de presión sonora equivalente en el período diurno, en primera instancia, sin encender ninguna maquinaria, considerando que las actividades en horario nocturno solamente se realizan de manera eventual y no constituyen una muestra representativa que permita generalizar los resultados obtenidos; posteriormente se fueron encendiendo los equipos en cada uno de los lugares establecidos como críticos.

Se obtuvieron 5 muestras en cada ubicación, conforme lo establecido en la normativa ambiental ecuatoriana para fuentes fijas (Ministerio del Ambiente, 2015), dichas muestras se tomaron al inicio, en la fase intermedia y previo a finalizar la actividad, con un tiempo de medición aplicando el método de 15 segundos (Leq 15s), determinándose la media por cada punto. El sonómetro fue ubicado a una altura de 1.5 m, junto al personal que está expuesto

a los diferentes niveles de presión sonora; para el caso de mediciones en el exterior se evitó la presencia de lluvias y vientos por sobre los 5 m/s, acorde a lo estipulado en el Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2015).

Se determinaron los tiempos de exposición al que están sometidos los operarios, a fin de tabular los niveles de exposición diario equivalente  $LAeqD$ , mediante la ecuación (1) y redondeando al entero más próximo (INSHT, 2006).

$$LAeqD = LAeqT + 10 \lg(T/8) \quad (1)$$

En la ecuación (1),  $LAeqD$  representa el nivel de exposición diario equivalente,  $LAeqT$  es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, definido como el nivel de presión sonora promediado en el tiempo de medición, registrado por el sonómetro,  $T$  es el tiempo de exposición al ruido en horas/día.

Tabla 2: Código de las actividades monitoreadas.

| Ubicación                        | Actividad                        | Código                              | Ubicación | Actividad                           | Código | Ubicación     | Actividad                | Código |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------|---------------|--------------------------|--------|
|                                  | Despacho aeronave                | DA                                  |           | Sin actividad                       | SA     | Estructuras   | Remachadora funcionando  | RF     |
|                                  | Remolque aeronave                | RA                                  |           | Aire acondicionado encendido        | AA     | Equipos apoyo | Equipos apoyo encendidos | EAE    |
|                                  | Planta emergencia aeronave       | PEA                                 | Hangares  | Planta enfriado encendida           | PEE    |               |                          |        |
|                                  | Recepción de aeronave            | RAN                                 |           | Planta presión hidráulica encendida | PPHE   |               |                          |        |
| Plataforma                       | Chequeo reportaje                | CHR                                 |           | Búsqueda de fuga de combustible     | BFC    |               |                          |        |
|                                  | Carreteo de aeronave             | CAN                                 |           | Soplete en funcionamiento           | SF     |               |                          |        |
|                                  | Recepción aeronave parte lateral | RAPL                                | Pinturas  | Compresor encendido                 | CE     |               |                          |        |
| Recepción aeronave parte lateral | RAPP                             | Extractor de partículas funcionando |           | EPF                                 |        |               |                          |        |

Posteriormente, se realizaron gráficos comparativos de los niveles de ruido obtenidos en relación a la normativa vigente para cada tipo de aeronave, utilizando el software Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corporation – Washington, USA); seguidamente, mediante el lenguaje de programación RStudio versión 1.1.463 (RStudio, Inc. – Boston, USA), se analizaron los factores tipo de aeronave y ubicación de las actividades de mantenimiento mediante el

estadístico ANOVA, complementando el análisis con el test de normalidad Shapiro-Wilk, condición de homocedasticidad de las varianzas con Bartlett y la prueba de rango post hoc de Tukey, para el factor que refleja diferencias significativas en los niveles de ruido, considerando un nivel de confianza del 95 % o un nivel de significancia de 0.05 ( $\alpha = 0.05$ ).

### 3. Resultados

#### 3.1. Duración de las actividades de mantenimiento

El rango de tiempo destinado a las labores de mantenimiento del primer y segundo escalón para cada tipo de aeronave se muestra en la tabla 3, el cual varía desde los 4 minutos hasta los 300 minutos y se encuentra directamente relacionado con la complejidad del trabajo y tipo de aeronave. Acorde a la temporalidad de actividades y tipo de aeronave, en los siguientes apartados se registran los niveles de ruido diario equivalente  $LAeqD$ , incluyendo el valor de incertidumbre U para un número de mediciones  $n = 5$  y un nivel de confianza  $Nc = 95\%$ .

Tabla 3: Tiempo de mantenimiento de aeronaves.

| Aeronave            | Duración de actividades de mantenimiento (min) |
|---------------------|--|
| Entrenamiento       | 15 - 300                                       |
| Ala rotatoria       | 4 - 240  |
| Supersónicas        | 5 - 180  |
| Combate turbohélice | 10 - 240                                       |
| Transporte          | 30 - 240                                       |

#### 3.2. Ruido en el mantenimiento de aeronaves de entrenamiento en la Base Aérea Salinas

Para las aeronaves de entrenamiento se registran los valores de  $LAeqD$  y su gráfico comparativo en relación a los niveles máximos permitidos en las figura 1, cuyos resultados se agruparon en cada una de las ubicaciones en función de las actividades que ejecuta el personal técnico de acuerdo al manual de la aeronave monomotor catalogada como liviana. El rango de ruido obtenido va de los 58 dB en zonas (SA) hasta los 85 dB en el taller de pinturas (CE). En la figura 1 se advierte que el ruido generado en el mantenimiento de aeronaves de tipo utilitario o ligero, como las desplegadas en la Base Aérea Salinas, están por debajo de los 85 dB.

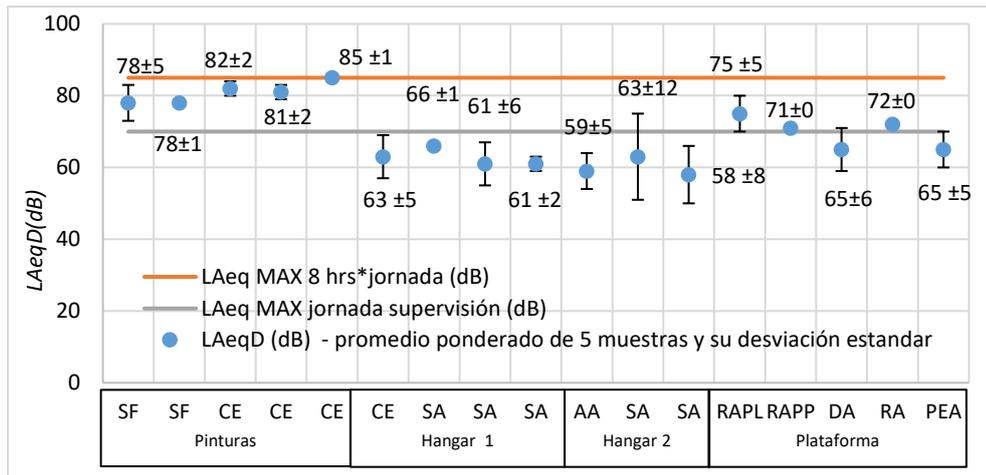


Figura 1: Niveles de ruido mantenimiento aeronaves de entrenamiento.

3.3. Ruido en el mantenimiento de aeronaves a rotor en la Base Aérea Guayaquil

El ruido generado en las actividades de mantenimiento de aeronaves a rotor desplegadas en la Base Aérea Guayaquil varía desde los 62 dB en el taller de estructuras, con la actividad CE, hasta los 86 dB en el taller de pinturas con el SF. Los resultados, incluyendo los valores U de incertidumbre respectivos se muestran en la figura 2, con la particularidad que, en esta zona adicional a los helicópteros militares, opera eventualmente la aeronave de vigilancia norteamericana, que genera contaminación acústica importante en el hangar 1, al momento de despacho (DA), con valores que oscilan entre los 69 dB y 74 dB. En la figura 2 se muestra que únicamente uno de las actividades supera los 85 dB, para el caso del taller de pinturas con (SF).

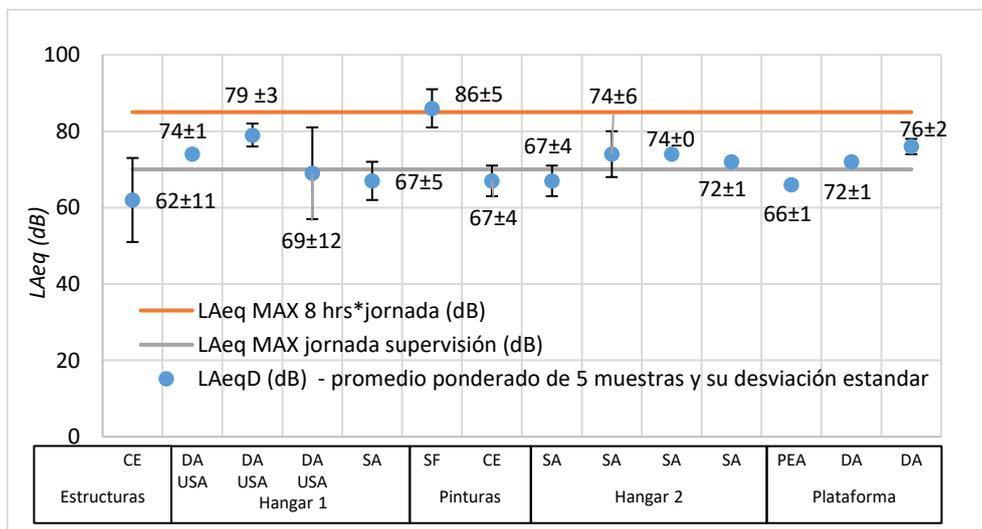


Figura 2: Niveles de ruido mantenimiento aeronaves ala rotatoria.

3.4. Ruido en el mantenimiento de aeronaves supersónicas en la Base Aérea Taura

El ruido generado en las actividades de mantenimiento de aeronaves supersónicas que operan en Taura se registra en la figura 3, cinco de los valores obtenidos superan considerablemente los 85 dB, principalmente en la labor DA, donde se alcanzan 105 dB al momento de encendido del motor de reacción que poseen este tipo de aviones de combate.

3.5. Ruido en el mantenimiento de aeronaves de combate a turbohélice en la Base Aérea Manta

Las labores de mantenimiento ejecutadas en la Base de Manta para los aviones monomotor a turbohélice que operan en este reparto, según lo mostrado en la figura 4, registran niveles de ruido que alcanzan 93 dB para actividades de remachado (RF) y valores de 87 dB y 90 dB, en línea de vuelo para el chequeo de reportaje previo al despacho de la aeronave (DA CHR). En general el 21.43 % de datos supera los 85 dB, (figura 4). El resto de actividades no superan el límite de 85 dB, establecido como valor crítico para una jornada de 8 horas conforme a la normativa.

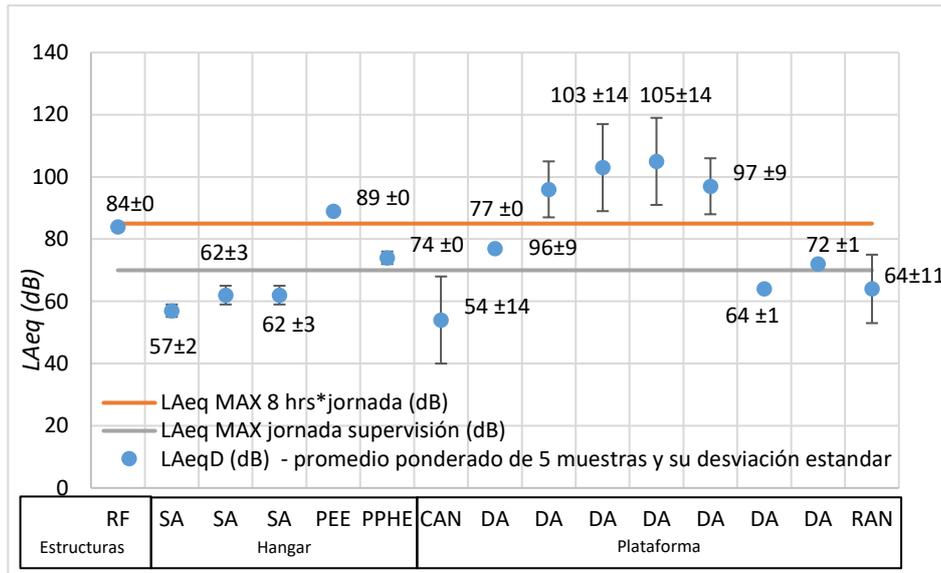


Figura 3: Niveles de ruido mantenimiento aeronaves supersónicas.

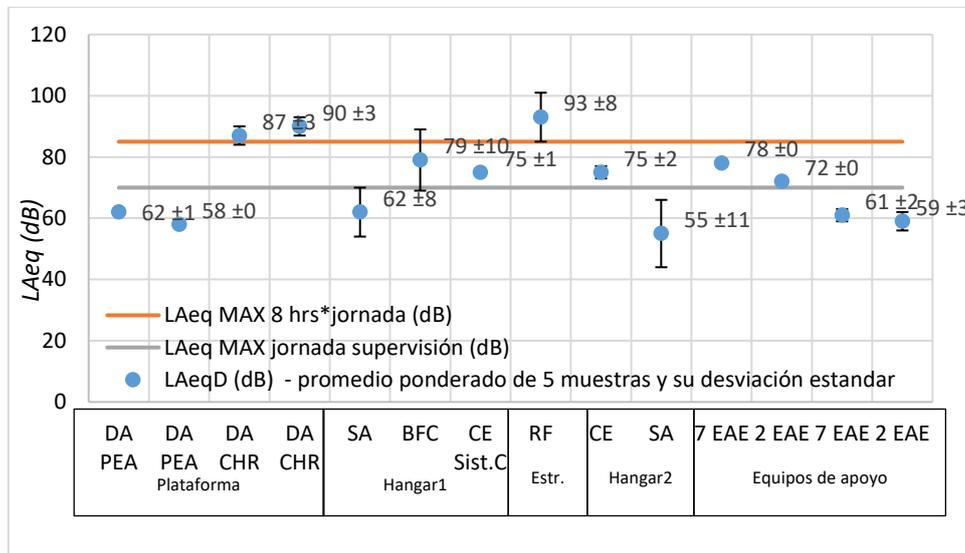


Figura 4: Niveles de ruido mantenimiento aeronaves de combate a turbohélice.

3.6. Ruido en el mantenimiento de aeronaves de transporte en la Base Aérea Cotopaxi

En la Base Aérea Cotopaxi, donde operan aeronaves de transporte de pasajeros (tipo 1) y transporte táctico (tipo 2), se obtuvieron niveles de ruido entre los 50 dB y 91 dB, con el 42 % sobre los 85 dB, como se observa en la figura 5, de estos, 3 actividades corresponden al

despacho de aeronaves en la plataforma, una vez encendida la APU (Auxiliary Power Unit) de las aeronaves tipo 1 (DA tipo 1 posterior), así mismo, trabajos de pintura con el encendido del extractor de partículas generan 88 dB (EPF), mientras que en el taller estructuras, utilizando la remachadora (RF) se alcanzan 91 dB, este último valor se repite para el caso del taller de estructuras con RF y en la plataforma para el caso del avión de pasajeros, en su parte posterior, ubicación en la cual el personal técnico ejecuta los distintos chequeos previos al despegue.

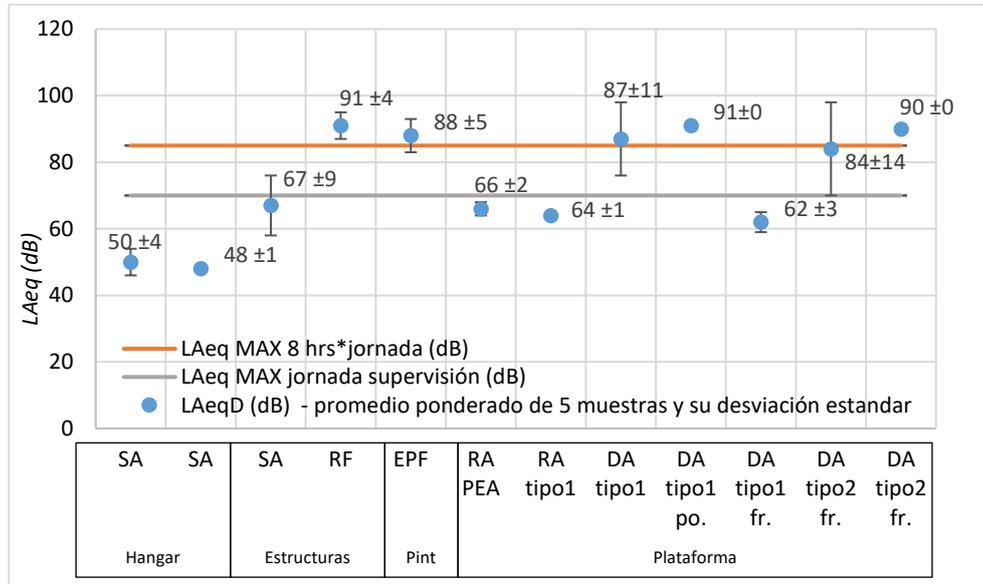


Figura 5: Niveles de ruido mantenimiento aeronaves de transporte.

3.7. Consolidado de valores de ruido en comparación con los límites máximos permitidos, tipo de aeronave y ubicación o actividad.

Acorde al número de puntos descritos en la tabla 1, evaluados en cada Base Aérea, en la figura 6 y tabla 4, se visualiza el consolidado de valores para todos los tipos de mantenimiento de aeronaves y el comparativo con los valores límite, así como, el porcentaje global de puntos que superan dichos límites en todas las unidades militares, advirtiéndose que 25 de los 72 puntos monitoreados (34.72%), están en el rango de los 70 dB a 85 dB, mientras 14 superan los 85 dB (19.44%).

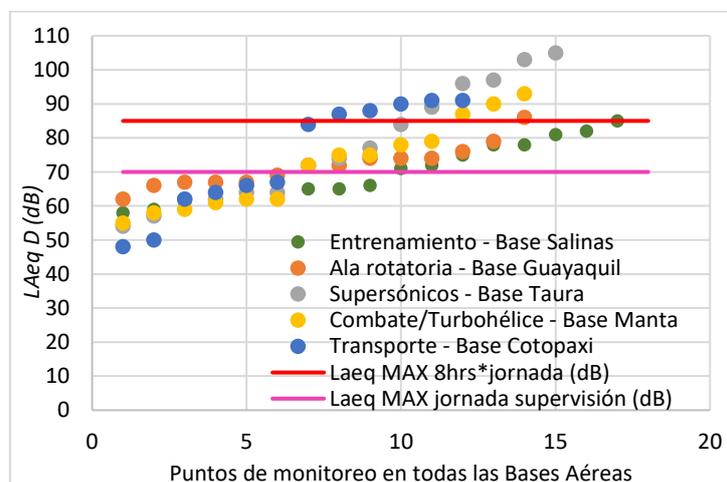


Figura 6: Comparativo niveles de ruido consolidado en relación a los límites máximos.

Las actividades inherentes al 34.72 % de puntos monitoreados no implican tareas de regulación o vigilancia, no obstante, en las labores correspondientes al 19.44 % de dichos puntos, son necesarias medidas o dispositivos de atenuación de ruido.

Tabla 4: Niveles de ruido que superan los 70 y 85 dB.

| Tipo de aeronave    | $LAeqD < 70$ dB (%) | $70 \text{ dB} \leq LAeqD \leq 85$ Db (%) | $LAeqD > 85$ dB (%) |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|
| Entrenamiento       | 52.94               | 47.06                                     | 0.0                 |
| Ala rotatoria       | 42.86               | 50.00                                     | 7.14                |
| Supersónico         | 40.00               | 26.67                                     | 33.33               |
| Combate/turbohélice | 42.86               | 35.71                                     | 21.43               |
| Transporte          | 50.00               | 8.33                                      | 41.67               |
| Total               | 45.83               | 34.72                                     | 19.44               |

La dispersión de valores se muestra en la figura 7 y 8, existiendo la menor variabilidad en las aeronaves de ala rotatoria y en el área de pinturas, así como, la mayor en los aviones de combate supersónicos y en la plataforma; el análisis ANOVA, considerando los factores: tipo de aeronave y ubicación de las actividades de mantenimiento, advierte que únicamente este último, incide en los niveles de ruido para un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , conforme se registra en la tabla 5.

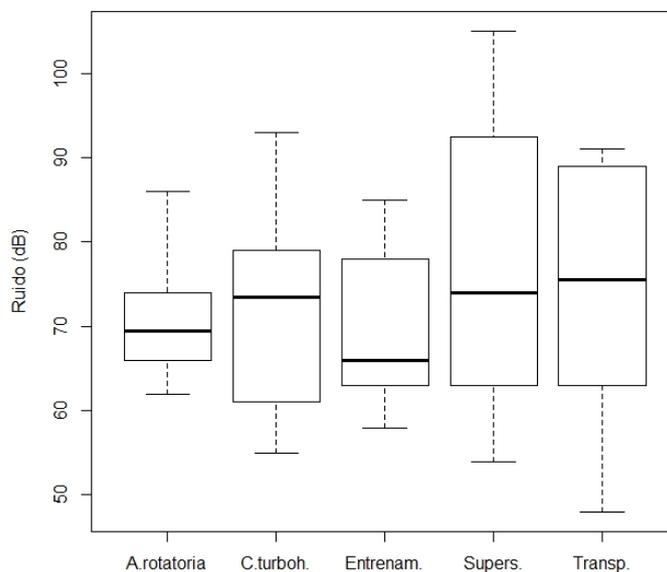


Figura 7: Dispersión de valores de ruido según tipo de aeronave.

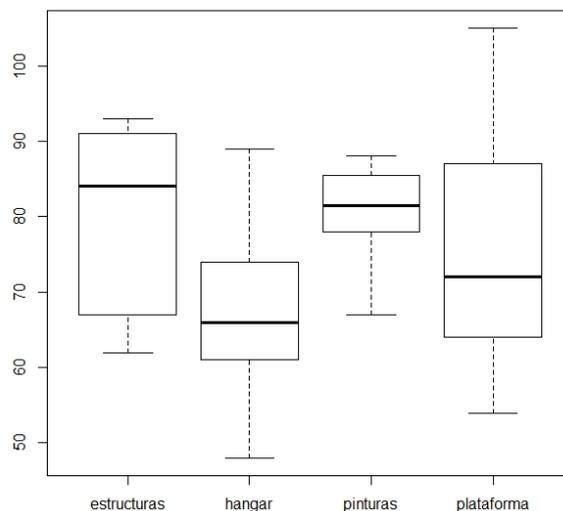


Figura 8: Dispersión de valores de ruido según ubicación de la actividad de mantenimiento.

Tabla 5: Parámetros estadísticos según el factor tipo de aeronave.

| ANOVA   |                  |           |
|---------|------------------|-----------|
| Factor  | Tipo de aeronave | Ubicación |
| p-valor | 0.425            | 0.00365   |

Para el caso del factor “Ubicación”, según la tabla 6, se verifica la normalidad con los parámetros Shapiro-wilk ( $0.1198 > 0.05$ ) y la condición de homocedasticidad de las varianzas con Bartlett ( $0.06639 < 0.05$ ); mediante el test de Tukey, se deduce que existen diferencias significativas entre los niveles de ruido generados en el hangar y los percibidos en el área de pinturas ( $p = 0.0174$ ) y la plataforma de despacho de aeronaves ( $p = 0.0166$ ). Lo contrario sucede con la prueba de contrastes aplicada entre las otras ubicaciones, con valores para  $p$  de 0.1053, 0.9977 y 0.9220 muy superiores al nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

Tabla 6: Parámetros estadísticos según el ubicación de la actividad de mantenimiento.

| Factor    | Ubicación    |          | p-valor Test Tukey |                      |                        |
|-----------|--------------|----------|--------------------|----------------------|------------------------|
| Parámetro | Shapiro-wilk | Bartlett | Hangar-Estructuras | Pinturas-Estructuras | Plataforma-Estructuras |
|           |              |          | 0.1053             | 0.9977               | 0.9220                 |
| p-valor   | 0.1198       | 0.06639  | Pinturas-Hangar    | Plataforma-Hangar    | Plataforma-Pinturas    |
|           |              |          | 0.0174             | 0.0166               | 0.7330                 |

#### 4. Discusión

Conforme a la figura 6 y tabla 4, el nivel más alto de ruido en el presente estudio, se registra en las actividades de mantenimiento de la aviación supersónica, alcanzando un  $LAeqD$  de 105 dB, en donde 5 datos que corresponden al 33.33 %, superan los 85 dB, de los cuales 4 registros corresponden al pre vuelo o despacho de la aeronave (DA) y un solo valor corresponde al funcionamiento de la planta para enfriamiento (PEE) con 89 dB; resultados que no superan al encontrado por Corbalán *et al.* (2019), en el momento de despegue de una aeronave de este tipo, no obstante son comparables a los 100 dB determinados en Neilsen *et al.* (2018), pues fueron obtenidos en la línea de vuelo o plataforma, en el despacho de la aeronave (DA).

Para los sitios o actividades que se encuentran fuera del rango de 85 dB, según lo descrito en Caputo & Correa (2018), dichos niveles pueden ser atenuados con el uso adecuado de elementos de protección auditiva, de manera complementaria, para reducir el tiempo de exposición. En los repartos estudiados, se han establecido planes de rotación de personal, con lo cual el nivel de presión sonora percibido, está dentro de los rangos permitidos por la normativa.

El rango de presiones sonoras equivalentes diarias obtenidas (48 dB – 105 dB), difiere del rango obtenido por Copara & Morales (2017) (54 dB – 76 dB), debido a que dicha investigación se focalizó en el área de talleres, a diferencia del presente estudio que incluyó monitoreos en exteriores, específicamente en el despacho, recepción y corrida de motores, cuya fuente de ruido principal constituye la propia aeronave.

El análisis estadístico verifica que no hay evidencia suficiente para afirmar que el tipo de aeronave incide en los niveles de ruido, lo contrario ocurre con la ubicación, la misma que está relacionada íntimamente con la actividad, es así que en el taller de pinturas con el compresor encendido (CE) y en el área de estructuras con el soplete en funcionamiento (SF), se generan niveles de ruido similares en todas las Bases Aéreas, convirtiéndose en áreas altamente sensibles que innegablemente deben incluirse dentro de los planes de seguridad y salud ocupacional. La prueba de rango post hoc de Tukey reafirma que existen diferencias significativas entre los niveles de ruido generados en el hangar y los percibidos en el área de pinturas y la plataforma de despacho de aeronaves.

## 5. Conclusiones

El ruido equivalente diario  $LA_{eqD}$ , en las unidades militares donde se realizan actividades de mantenimiento de aeronaves, en más del 34 % de puntos de muestreo, se supera los 70 dB, no obstante, las actividades respectivas no implican un alto grado de concentración, tareas de regulación o vigilancia y pueden ser reducidos, con el uso de elementos de protección auditiva y un programa adecuado de prevención y mitigación.

Los mayores niveles de ruido diario equivalente al que está expuesto el personal técnico en el campo de la aeronáutica militar, se presentan en la línea de vuelo de la aviación de combate supersónica y turbohélice, con 105 dB y 90 dB respectivamente, específicamente en las actividades inherentes a despacho, recepción y corrida de motores.

Las actividades de mantenimiento que de manera común generan ruido importante en todos los repartos, corresponden al área de reparaciones estructurales con el funcionamiento de la remachadora y el área de pinturas, alcanzando los 93 dB y 88 dB; áreas en las cuales la supervisión y exigencia del uso de elementos de protección auditiva es innegable.

El presente estudio puede ser complementado con investigaciones posteriores enfocadas en el monitoreo del ruido al interior de las aeronaves militares, en donde la evaluación de este factor de riesgo adquiere una importancia especial, ya que al influir directamente sobre la tripulación, eventualmente podría afectar las operaciones aéreas.

## Conflicto de Interés

El autor declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna con la presente investigación.

## Referencias

- APADA-ASTURIAS. (2018). *Guía de Recursos de la Discapacidad Auditiva. Principado de Asturias. Asociación de Padres y Amigos de Deficientes Auditivos de Asturias*. Recuperado de: <https://www.educastur.es/documents/10531/40246/Gu%C3%ADa+de+Recursos+de+la+Discapacidad+Auditiva+2018/7f080b96-c087-49fa-97fd-98aba52fb85c>
- Argomedo, Y., & Carter, K. (2017). *Memoria 2017 - Congreso Internacional de Sonido. Caracterización de los niveles de ruido en aeronaves pequeñas en sus fases de vuelo*. INACAP, 29–35. Recuperado de: <http://www.inacap.cl/web/2018/documentos/innovacion-y-desarrollo/Congreso-de-Sonido.pdf>
- Arnaldo, R. M., Gómez, V. F., & Pérez, L. (2012). Definición e integración de Procedimientos de Descenso Continuo para la mitigación de ruido en la operación del TMA y del aeropuerto de Madrid - Barajas. *Ingeniería de Transporte*, 16(2), pág. 13–22. Recuperado de <http://oa.upm.es/44299/>
- Betancourth, M., & Miranda, W. (2018). Visibilización de las personas con discapacidad en el Ecuador: un enfoque desde los derechos de participación ciudadana/política. *Revista Latinoamericana En Discapacidad, Sociedad y Derechos Humanos*, 2(2), 37–52. Recuperado de <http://redcdpd.net/revista/index.php/revista/article/view/83/30>
- Caputo, L., & Correa, M. A. (2018). Manejo del ruido en las tripulaciones de la Fuerza Aérea Colombiana en las últimas dos décadas. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(1), 46. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.585>
- Carpio, M. X., & Álvarez, K. del R. (2017). Estudio Transversal: Hipoacusia Laboral Inducida por Ruido en Personal de Aeronáutica del Ejército Ecuatoriano y Factores Asociados. Quito – Ecuador, 2014 - 2016. *Revista Médica Hospital Del José Carrasco Arteaga*, 9(2), 2014–2016. <https://doi.org/10.14410/2017.9.2.ao.19>
- Copara, J. E., & Morales, L. A. (2017). *Ruido y manifestaciones no otológicas en trabajadores de mantenimiento aeronáutico* (Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización). Universidad Técnica de Ambato, Ambato: Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27595>
- Corbalán, E., Trujillo, C., Szajderman, L., & Di Bernardi, A. (2019). Interacción del aeropuerto de la plata con su entorno a través de mapas estratégicos de ruido y mapas de dispersión gaseosa. *V Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería, La Plata, Argentina*. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74993/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/74993/Documento_completo.pdf?sequence=1)

- Gordon, J. S., Griest, S. E., Thielman, E. J., Carlson, K. F., Helt, W. J., Lewis, M. S., Blankenship, C., Austin, D., Theodoroff, S. M., & Henry, J. A. (2017). Audiologic characteristics in a sample of recently-separated military Veterans: The Noise Outcomes in Servicemembers Epidemiology Study (NOISE Study). *Hearing Research*, 349, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.11.014>
- Hecht, Q. A., Hammill, T. L., Calamia, P. T., Smalt, C. J., & Brungart, D. S. (2019). Characterization of acute hearing changes in United States military populations. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(5), 3839–3848. <https://doi.org/10.1121/1.5132710>
- INSHT. (2006). Real Decreto 286/2006 de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. *Boletín Oficial Del Estado*, 1–12. [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2006/286\\_2006/PDFs/realdecreto2862006de10demarzsobrelaprotecciondelasal.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2006/286_2006/PDFs/realdecreto2862006de10demarzsobrelaprotecciondelasal.pdf)
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, & Seguro General de Riesgos del Trabajo. (2016). Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo. *Seguro General De Riesgos Del Trabajo*, 94. <http://www.utm.edu.ec/unidadriesgos/documentos/decreto2393.pdf>
- Irgens-Hansen, K., Sunde, E., Bråtveit, M., Baste, V., Oftedal, G., Koefoed, V., Lind, O., & Moen, B. E. (2015). Hearing loss in the royal Norwegian navy: a cross-sectional study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 88(5), 641–649. <https://doi.org/10.1007/s00420-014-0988-8>
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y Ministerio de Salud. (1990). Resolución número 001792 de 1990 (3 de mayo). Recuperado de: <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/RESOLUCI%C3%93N%201792%20DE%201990.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Registro Oficial 387 - AM 140. *Acuerdo Ministerial 097-A, Texto Unificado de Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente (TULSMA)*, 1–184.
- Neilsen, T. B., Vaugh, A. B., Gee, K. L., Hales Swift, S., Wall, A. T., Micah Downing, J., & James, M. M. (2018). Inclusion of broadband shock-associated noise in spectral decomposition of noise from highperformance military aircraft. *2018 AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference*, 1–20. <https://doi.org/10.2514/6.2018-3146>
- NEXER, G. (2013). Double protection auditive. Dans Quelle Situation l'utilisation d'une Double Protection Auditive Devient-Elle Nécessaire?. *Hearing Protech*. Recuperado de: <https://www.hearingprotech.com/fr/publications/double-protection-auditive.html>
- OACI. (2015). Protección del Medio Ambiente - Anexo 16 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. *Volumen I Ruido de las aeronaves*. Recuperado de: <http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-16-vol-i.pdf>

- OMS. (2015). Make Listening. *Departamento de Enfermedades No Transmisibles, Discapacidad y Prevención de La Violencia y Los Traumatismos (NVI)*. Recuperado de: [http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS\\_Brochure\\_Spanish\\_lowres\\_for\\_web.pdf](http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web.pdf)
- OSHA. (2013). *Manual técnico de OSHA (OTM) Sección III: Capítulo 5*. Recuperado de: <https://www.osha.gov/otm/section-3-health-hazards/chapter-5>
- Yankaskas, K., Hammill, T., Packer, M., & Zuo, J. (2017). Editorial: Auditory injury – A military perspective. *Hearing Research*, 349, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.04.010>