

**ALTERACIONES GENERADAS POR EL RUIDO EN LA SALUD DE LOS  
TRABAJADORES DE LOS AEROPUERTOS Y A LAS COMUNIDADES  
CERCANAS**

**INVESTIGADORES**

LYZETH ALEJANDRA ARTEAGA ERAZO  
FARITH CONSUELO MURILLO CASTAÑO  
LUIS DAVID ECHAVARRÍA ARBOLEDA

**TIPO DE TRABAJO**

MONOGRAFÍA

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

OBSERVATORIO DE LA SALUD PÚBLICA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

ASESOR: DIEGO FERNANDO HURTADO GUZMÁN

UNIVERSIDAD CES

FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

MEDELLÍN

2016

## CONTENIDO

<b>1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	8
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 HISTORIA DEL DAÑO ACÚSTICO .....	10
2.2 EPIDEMIOLOGÍA .....	11
2.3 CONCEPTOS BÁSICOS .....	12
2.4 CONTAMINACIÓN AUDITIVA .....	20
2.5 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD .....	20
2.6 EVALUACIÓN AUDITIVA .....	26
2.7 AVIACIÓN.....	27
2.8 DEFINICIONES AEROPORTUARIAS .....	27
2.9 TIPOS DE AERONAVES .....	28
2.10 IMPACTO AMBIENTAL DEL RUIDO DE LOS AVIONES .....	29
2.11 RUIDO EN EL AEREOPUERTO .....	32
2.12 TRAFICO AÉREO.....	33
2.13 IMPACTO DEL RUIDO EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES.....	33
2.14 GESTION DE IMPACTO AMBIENTAL .....	35
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>39</b>
3.1 GENERAL.....	39
3.2 ESPECÍFICOS .....	40
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>40</b>
4.1 ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
4.2 TIPO DE ESTUDIO .....	41
4.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	41
4.4 CONTROL DE SESGOS.....	41
<b>5. DISCUSION .....</b>	<b>41</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>

## **1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más del 5% de la población mundial (360 millones de personas) padece pérdida de audición discapacitante, de los cuales, 328 millones son adultos y 32 millones niños (1). En la conmemoración al día internacional de la hipoacusia en el año 2015, la OMS afirmó que más de 43 millones de personas entre los 12 y 35 años padecen una pérdida auditiva discapacitante debida a diferentes causas (2). Según cifras estadísticas de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en la reunión 317ª sobre "Prevención de Enfermedades Profesionales", realizada en marzo de 2013, se calculó que cada año, en todo el mundo, se producen cerca de 202 millones de muertes debido a enfermedades provocadas por trabajo, mientras que el número anual total de casos de enfermedades profesionales no mortales se calcula en 160 millones (3). La Organización Panamericana de la Salud (OPS), refiere una prevalencia promedio de hipoacusia del 17% para América Latina, en trabajadores con jornadas de 8 horas diarias, durante 5 días a la semana con una exposición que varía entre 10 a 15 años. (4)

En Colombia Según cifras del Ministerio de la Salud de marzo del 2015 hay aproximadamente cinco millones de personas con alteraciones auditivas; es decir, casi 10% de la población total padece problemas de audición y, se estima que entre la población laboralmente activa de 25 a 50 años la prevalencia de la pérdida de audición por exposición a ruido es de un 14%. (5)

Por lo anterior, no se permite ningún tiempo de exposición a ruido continuo o intermitente por encima de 115 dB; y donde se realice cualquier tipo de trabajo producto del ruido, están en la obligación de mantener niveles sonoros seguros para la salud y la audición de los trabajadores, teniendo el programa de conservación de la audición que cubra a todo el personal que por razón de su oficio se vea expuesto a nivel sonoro cercanos o superiores a los valores límites permisibles. (6)

Teniendo en cuenta las cifras mencionadas anteriormente, se puede considerar que las alteraciones auditivas están afectando una gran parte de los trabajadores

a nivel mundial. A las empresas les generan importantes pérdidas económicas, pérdidas de productividad y reducción de la capacidad laboral.

Anualmente, se evidencia un aumento de las cifras de alteraciones auditivas, pero en igual proporción se encuentra la tecnología para que los niveles de ruido perjudiciales se identifiquen fácilmente y en la gran mayoría de los casos sea técnicamente viable controlar el exceso de este, ya sea aplicando tecnología comercial, remodelando el equipo, proceso o transformando las máquinas ruidosas; pero con demasiada frecuencia, no se hace nada. (7)

En las aeronaves, el flujo de aire a través del fuselaje del avión, es necesario para la sustentación durante el vuelo, el cual provoca turbulencias fuentes generadoras de ruido. En ubicaciones específicas del avión como en las turbinas, las grandes diferencias de presión y temperatura, producen discontinuidades en los flujos de aire lo cual también produce grandes cantidades de ruido. Existen otros tipos de generadores de ruido, como los alerones y el tren de aterrizaje, lo que a su vez aumenta el número de fuentes de ruido. (8)

Hay dos importantes razones por las cuales no se realizan las modificaciones para el control de las alteraciones auditivas de origen laboral; la primera razón es que aunque muchas soluciones de control del ruido son notablemente económicas, otras son de alto costo, en particular cuando hay que conseguir grandes reducciones a niveles de 85 u 80dBA (6); es importante anotar que los decibeles emitidos por los aviones son aproximadamente de 130 dBA y los generados por un motor de avión en marcha son 120 dBA (9). Las operaciones en tierra tienen un menor efecto sobre la población debido a la atenuación por superficie; sin embargo, este último efecto puede reducirse por condiciones atmosféricas adversas que conducen el ruido del aeropuerto a zonas pobladas (8)

La segunda razón es la falta de reconocimiento de los peligros del ruido pues este no es visible, solo sus efectos, que usualmente son a largo plazo, y el deterioro auditivo resultante implica un estigma, por esto las personas que sufren deterioros auditivos son considerados rezagados, mentalmente lentas e incompetentes, y quienes sufren este tipo de deterioro son reacios a asumir su deficiencia, ni el riesgo por miedo a ser estigmatizados. Esto es lamentable porque la pérdida auditiva inducida por ruido llega a ser permanente y, sumada a la que se produce a consecuencia de la edad, puede dar lugar a cuadros de depresión y aislamiento en personas de mediana edad y mayores por eso las medidas preventivas deben tomarse antes de que comience la pérdida auditiva (7).

El deterioro auditivo inducido por ruido suele considerarse enfermedad laboral, no accidente laboral, porque su progresión es gradual. Es muy raro que se produzca una pérdida auditiva inmediata y permanente por efecto de un incidente ensordecedor, como una explosión, o un proceso muy ruidoso, como el remachado en acero. En tales casos, se entiende como El corrimiento permanente del umbral de audición se presenta cuando hay un daño a nivel senso-neuronal del sistema auditivo. Esto se da generalmente alrededor de los 4000Hz y es el %traumatismo acústico+. Lo habitual, es que se produzca una lenta disminución de la capacidad auditiva a lo largo de muchos años.(8)

La molestia generada por el ruido de los aviones en particular, es afectada por la historia previa de cada una de las personas, su dependencia o no del aeropuerto, sus temores o ideas preconcebidas. Por lo que se debe iniciar a averiguar la %sonoridad+ del sonido, es decir, la reacción subjetiva del %volumen+ o intensidad del sonido, ya que la forma en que el sistema auditivo humano responde al ruido no es lineal. La métrica más común usada en los sonómetros, para simular la respuesta no-lineal del oído humano, es a través de una ponderación en frecuencias que proviene de las curvas de igual sonoridad; En la década de 1970 Kryter propuso una nueva ponderación, la D, especialmente diseñada para la medición de ruido causado por aviones y tomaba en consideración la molestia del ruido, pero, al parecer nunca tuvo mucha aceptación y hoy en día no viene incluida en ningún sonómetro, por lo que se utiliza la ponderación A. (8)

Lamentablemente, no existe tratamiento médico de fácil acceso y económico para el deterioro auditivo de carácter laboral, solo existe métodos preventivos (5).

Motivados por la importancia de este riesgo laboral, donde la gente reconoce como más importante y extendido el problema de ruido de autos que el de aviones; sin embargo, el número de quejas respecto al ruido vehicular es mucho menor que el de ruido de aviones; lo cual tiene varias posibles explicaciones. La principal es que a diferencia del ruido de aviones donde existe un claro e inmovible ente responsable (el aeropuerto), en el tráfico vehicular no existe un solo ente organizado que represente a los vehículos, los autos simplemente pasan y son reemplazados rápidamente por otros. Por otro lado, está el hecho de que mucha gente posee un vehículo o se sirve de el por lo que su actitud se hace un poco más complaciente. (8) y teniendo en cuenta que a nivel mundial el efecto en la audición de los trabajadores ha tenido una repercusión silenciosa se decidió realizar una monografía compilatoria buscando literatura internacional y nacional con respecto al daño en la salud de los trabajadores en las diferentes áreas de los aeropuertos y la exposición al ruido de diferente intensidad y diferentes horas por sus jornadas laborales.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define 3 niveles de prevención como objetivo de la Medicina del Trabajo: Prevención Primaria, Secundaria y Terciaria, que suponen técnicas y objetivos diferentes, al unir el criterio del conjunto salud-enfermedad, según sea el estado de salud del individuo, grupo o comunidad a las que están dirigidas.(10)

Al hablar de la prevención para cualquier enfermedad se dice que la prevención primaria: evita la adquisición de la enfermedad evitando la enfermedad o daño en personas sanas (vacunación antitetánica, eliminación y control de riesgos ambientales, educación sanitaria, etc.). La prevención secundaria: va encaminada a detectar la enfermedad en estadios precoces en los que el establecimiento de medidas adecuadas puede impedir su progresión y la prevención terciaria: comprende aquellas medidas dirigidas al tratamiento y a la rehabilitación de una enfermedad para enlentecer su progresión y con ello la aparición o el agravamiento de complicaciones e invalidez; así intentar mejorar la calidad de vida de los pacientes.(10)

Por esto, la prevención es uno de los aspectos claves y de mayor énfasis actualmente en el mundo; al disminuir costos y aumentar beneficios, cabe anotar que, en seguridad y salud en el trabajo, se pretende disminuir el riesgo ante las alteraciones laborales que afectan la salud del trabajador.

Tomando como referencia el módulo aportado por la Organización Internacional Del Trabajo (OIT) Sobre ~~El~~ Ruido En El Lugar De Trabajo+se evidencia que no solo se presentan alteraciones en la audición ante la exposición fuerte he intensa del ruido, sino que los efectos van a depender del nivel del ruido y de la duración de la exposición como lo son la pérdida temporal de la audición con tendencia a la sordera.(11)

La sordera ocupacional, está incluida dentro de la lista de enfermedades profesionales de la OIT referida como "Deterioro de la audición causada por ruido" (11), la cual conlleva a ser un grave problema, hay mayor dificultad psicológica para aceptar una limitación funcional, que no se circunscribe solamente al oído, pues la audición además de ser una función de primer orden en la vida de relación social, de comunicación con el entorno y con las demás personas, es también un sistema de alerta relacionado con otros órganos. Por lo que una excesiva exposición al ruido puede desencadenar trastornos acústicos, psicológicos y

cardiovasculares, lo que se traduce en poca productividad, ausentismo laboral aumento del gasto en salud, conflictos familiares, baja autoestima, hasta pérdida del empleo. (4)

La hipoacusia laboral inducida por ruido es una entidad de gran relevancia dentro de los problemas de la seguridad y salud en el trabajo, traduciéndose en una gran alteración en la calidad de vida para el trabajador afectado, y en un alto costo económico tanto para este como para el sistema de salud. Es por esto que resulta de gran importancia su detección precoz, a través de programas de tamización orientados a los trabajadores en riesgo, permitiendo la instauración de medidas efectivas en forma oportuna y eficiente, con la intención de disminuir el impacto en la salud y los gastos creados por estos. (4)

Se insiste en la intervención en los niveles de ruido, que debe hacerse en la fuente del ruido y en el trabajador mismo, a veces en la primera no es posible llevarlo a cabo, por ello se insiste en la utilización de los elementos de protección auditiva, tapones y copas auditivas, respecto a estos medios, la evidencia muestra en términos de efectos inmediatos de protección auditiva, dar instrucciones para la correcta inserción de tapones en el canal auditivo tiene un relevante y significativo efecto en la atenuación del ruido. (4)

Por lo tanto, esta monografía pretende compilar información concreta y veraz sobre las alteraciones generadas por el ruido en la salud de los trabajadores de los aeropuertos y a las comunidades cercanas, con el objetivo de concientizar a los empleadores cómo a los empleados, sobre la importancia de utilizar los diferentes elementos de protección personal adecuados para los decibeles y el tiempo de exposición a los cuales se enfrentan en el día a día laboral y la necesidad de reconocer enfermedades de base que predisponen el desarrollo de patologías auditivas.

Tomando en consideración lo anterior; en primer lugar, la prevención es vital para disminuir en el futuro mediano los problemas ocasionados por la falta de medidas adoptadas en el pasado; en segundo lugar, se espera que al reconocer las alteraciones generadas por el ruido en la salud de los trabajadores y comunidades colindantes con los ; se logren adoptar medidas para el control del factor de riesgo, la exposición al factor de riesgo y la prevención de las patologías auditivas que generen en el trabajador discapacidad, permitiendo mejorar la calidad de vida y desempeño laboral.

### **1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

**¿Cuáles son las alteraciones generadas por el ruido en la salud de los trabajadores de los aeropuertos y a las comunidades cercanas?**

## 2. MARCO TEÓRICO

Durante el proceso evolutivo de los seres vivos se han requerido paulatinamente mecanismos de adaptación y supervivencia, los que han permitido el desarrollo de habilidades y al uso de los diferentes sentidos; uno de ellos es la audición, que permite la captación del sonido, el cual se trasmite generalmente por el aire en forma de ondas sonoras, que son captadas por el oído. Para realizar la medición de estas ondas se utiliza una escala logarítmica cuya unidad es el decibel (dB).(12)

El hombre ha tenido conocimiento del efecto de la contaminación acústica sobre su organismo, desde tiempos muy remotos, especialmente al relacionar ciertos tipos de profesiones con el riesgo de volverse sordos. A veces, por una causa brusca, una explosión con gran estruendo; otras, por la exposición prolongada al ruido, como ocurre en la mayoría de las exposiciones a ruido laboral.(12)

Las referencias más antiguas sobre el efecto dañino del ruido en la audición se encuentran desde el siglo I d.C., con los escritos de Plinio el Viejo, pero como primeras reglamentaciones se toman las realizadas en el año 600 a.C. por parte de los sibatiras en la antigua Grecia. No se puede dejar atrás los escritos de Bernardino Ramazzini (Padre de la Salud Ocupacional) en 1713 quien también menciona la pérdida de audición de los obreros del bronce y del cobre de Venecia.(13)

La sordera atribuida al trabajo o sordera profesional o pérdida auditiva inducida por ruido, fue definiéndose en la historia según su relación con determinadas labores. Así se llamó %sordera de los herreros+ (Fosbroke, J., 1831), %sordera de los caldereros+(Duchesne, E. A., 1857), y con posterioridad, en plena Revolución Industrial, %sordera de los ferroviarios+ y %sordera de los tejedores+. Maljutin, en Rusia en 1895, relacionó la intensidad de la sordera de los trabajadores textiles con el tiempo de exposición al ruido. (12)

En 1906 Habermann realizó los primeros estudios sobre la anatomía del órgano de Corti, pero cuando las fábricas comienzan a sustituir la fuerza humana por máquinas en la era de la revolución industrial, cobra verdaderamente importancia

la exposición al ruido como factor de riesgo de alteraciones de la salud en los trabajadores. (14)

Uno de los principales factores de riesgo involucrados en la génesis de la hipoacusia relacionada con el trabajo o sordera profesional es la exposición a niveles elevados de ruido industrial, la cual no es más que la pérdida de la audición de ambos oídos, irreversible y acumulativa de tipo nervioso sensorio-neural que afecta las frecuencias conversacionales. (15)

Los niveles sonoros del orden de 110 a 120 dB producen sensación de molestia, de 120 a 140 dB de cosquilleo en el oído, de 140 a 150 dB dolor y por encima de este nivel, daño inmediato al oído, el tráfico de automóviles produce 80 decibeles; un avión genera 150 decibeles; pero de 140 decibeles o más se comienza a experimentar dolor agudo (16), (17).

El problema del ruido aeronáutico cobra importancia a partir de la década de 1950 con el advenimiento de los aviones propulsados por turbinas, los cuales por su mismo diseño generaban grandes cantidades de ruido y como consecuencia de esto las quejas de los moradores de las cercanías de los aeropuertos se hicieron más frecuentes y enérgicas; las principales fuentes de emisión de ruido son las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves. (8)

## 2.1 HISTORIA DEL DAÑO ACÚSTICO

Las referencias más antiguas sobre el efecto dañino del ruido en la audición se encuentran desde el siglo I d.C., cuando Plinio el Viejo, naturista y escritor romano menciona la sordera generada en las personas de las cataratas del Río Nilo en su escrito *Historia Natural*. Adicionalmente como primeras reglamentaciones se toman las realizadas en el año 600 a.C. por parte de los sibatiras en la antigua Grecia quienes prohibían trabajar los metales a martillazos dentro del recinto ciudadano a modo de prevenir la contaminación acústica. (18)

Bernardino Ramazzini en 1713 habla en su *De Morbis Artificum Diatriba* de los obreros del bronce y del cobre de Venecia los cuales perdían la audición a causa de la utilización del martillo sobre el metal; *“se ensordecen poco a poco y al envejecer quedan totalmente sordos”*, en la revolución industrial se reconoció como *“sordera de ferroviarios y de los tejedores”*. (1), (14)

En 1906 Habermann estudió el órgano de Corti en oídos sometidos a un ruido excesivo en vida, encontrando lesiones en un obrero de las calderas; en 1935 Davis y Milding unifican criterios lesiones, posteriormente desde 1939 hasta 1949 Larsen, Ruedi, Burghensan y finalmente Irash describen en concreto la lesión de las células ciliadas externas y con más exactitud Bugh y Shambaugh definieron con más exactitud la depresión en las frecuencias de 4.000c/s induce el ruido nocivo. (14)

## **2.2 EPIDEMIOLOGÍA**

La OMS calcula que los casos desatendidos de pérdida de audición representan un coste mundial anual de 750 000 millones de dólares internacionales. Dicha cifra incluye los costes del sector sanitario (excluyendo el coste de los dispositivos de ayuda a la audición), los costes del apoyo educativo, la pérdida de productividad y los costes sociales. (1)

En los países en desarrollo, los niños con pérdida de audición y sordera rara vez son escolarizados. Asimismo, entre los adultos con pérdida de audición la tasa de desempleo es mucho más alta. Una gran proporción de los que tienen empleo ocupan puestos de categoría inferior en relación con la fuerza de trabajo en general. (1)

En Europa se estima que alrededor de 35 millones de personas están expuestas a niveles de ruidos perjudiciales (19). En los Estados Unidos, las enfermedades de la piel, la pérdida de la audición y los problemas respiratorios fueron las principales enfermedades entre los 224.500 casos de enfermedad profesional no mortal registrados en 2009. Argentina notificó 22.013 casos de enfermedad profesional en 2010, entre los cuales las enfermedades principales eran la pérdida de audición inducida por el ruido, los trastornos músculo esqueléticos y las enfermedades respiratorias (3). Adicionalmente en Estados Unidos, por ejemplo, más de 9 millones de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles de ruido medios de 85 decibeles ponderados (dBA). Estos niveles de ruido son potencialmente peligrosos para su audición y pueden producir además otros efectos perjudiciales (7).

Según la resolución 8321 de 1983 Colombia establece los valores límites permisibles para ruidos continuos o intermitentes con máxima duración de exposición diaria de 8 horas con un nivel de presión sonora de 90dB, al 75% de la jornada laboral (6 horas) 92 dB, 3 horas máximo 95-97 dB, 2 horas a 100 dB, 1 hora a 105 dB, 30 minutos a 110 dB, 15 minutos a 115 dB. (6)

Se ha establecido que el máximo de decibeles permitido en Colombia durante las horas del día en las zonas residenciales es de 65 decibeles (dB); en zonas comerciales e industriales, hasta 70 dB y en zonas de tranquilidad 45 dB; mientras que en las noches el máximo permitido es de 45 dB en zonas residenciales; 60 dB, en comerciales; 75 dB, en industriales; y 45 dB, en tranquilidad. (5)

Las alteraciones de la agudeza auditiva son la pérdida de la capacidad auditiva siendo el más conocido y probablemente el más grave, pero no el único. Otros efectos nocivos son los acúfenos (sensación de zumbido en los oídos), la interferencia en la comunicación hablada y en la percepción de las señales de alarma, las alteraciones del rendimiento laboral, las molestias y los efectos extra-auditivos. La protección de la audición de los trabajadores debe servir contra la mayoría de estos efectos. (6)

## **2.3 CONCEPTOS BÁSICOS**

### **2.3.1 SONIDO**

Un sonido es un fenómeno físico que consiste en la alteración mecánica de las partículas de un medio elástico (20), producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva. Las vibraciones se transmiten en el medio, generalmente el aire, en forma de ondas sonoras, se introducen por el pabellón del oído haciendo vibrar la membrana del tímpano, de ahí pasa al oído medio, oído interno y excita las terminales del nervio acústico que transporta al cerebro los impulsos neuronales que finalmente generan la sensación sonora (21).

Es un fenómeno físico generado en una fuente que se transmite por un medio y se capta por un receptor. Cuando la fuente emisora del sonido vibra, las moléculas de aire que le circundan transmiten las variaciones de presión, que se debilitan a medida que se alejan de la fuente; sin embargo, durante el trayecto pueden captarse interponiendo un receptor. (22)

Es posible medirlo por la presión diferente del aire sobre una membrana de un instrumento. Debido a que el rango de presión sonora que puede detectar el hombre es muy amplio se mide en una escala logarítmica cuya unidad es el decibel (dB). Las propiedades físicas de las ondas sonoras son la frecuencia o tono que se mide en ciclos por segundo o Hertz (Hz) y la amplitud o volumen que se mide en decibeles (dB). (23)

Durante su evolución para adaptarse a la vida terrestre, el hombre ha requerido del sonido como recurso vital para su supervivencia; habiendo desarrollado un órgano de la audición complejo que registra los sonidos generados en la naturaleza y puede discriminarlos. El oído humano es capaz de percibir sonidos cuyas frecuencias oscilen entre 30 y 20.000 Hz. (24)

### **2.3.1.1 Intensidad del Sonido en Decibeles**

La intensidad se define como la energía transportada por una onda por unidad de tiempo a través de una unidad de área perpendicular al flujo de energía. La intensidad tiene unidades de potencia por unidad de área, o watts/metro <sup>2</sup>. (25)

El oído humano puede detectar sonidos de una intensidad baja como 10 -12W/m<sup>2</sup> y tan alta como 1 W/m<sup>2</sup>; se presume que a causa de este amplio rango lo que se percibe como volumen no es directamente proporcional a la intensidad, para

Producir un sonido que suene aproximadamente el doble de fuerte se requiere una onda sonora que tenga 10 veces la intensidad, esto es aproximadamente valido en cualquier nivel sonoro para frecuencia cercanas a la mitad del rango audible. (23)

### **2.3.2 AUDICIÓN**

Se define la audición como la percepción de estímulos sonoros que captados y transformados en potenciales bioeléctricos por el órgano del oído llegan a través de la vía auditiva al área cerebral correspondiente para que así tome el individuo conciencia de ellos. La sensibilidad auditiva se mide determinando la mínima intensidad perceptible o umbral conductual para diferentes tipos de estímulos sonoros. En la práctica este procedimiento se realiza utilizando estímulos sinusoidales de diferentes frecuencias (tonos puros) y se conoce como audiograma tonal. (26)

Habitualmente comprende la determinación de umbrales para las frecuencias comprendidas entre 125 y 8000 Hz, en pasos de 1 octava. Las técnicas psicofísicas para la estimación de los umbrales perceptuales varían de acuerdo al grado de cooperación y confiabilidad del paciente. (26)

#### **2.3.2.1 RANGO AUDITIVO**

Los sonidos cuya frecuencia es inferior a unos 20 Hz son los Infrasonidos y generalmente inaudibles, por otra parte, los sonidos de frecuencias superiores a unos 20 KHz también resultan inaudibles y se designan como ultrasonidos. Frecuencias superiores a unos 16 KHz, son poco audibles excepto por niños o personas jóvenes. La voz tiene componentes de frecuencias inferiores a 50 Hz y superiores a 5 KHz, contienen muy poca energía, el espectro útil de la voz es generalmente entre 300 y 3400 Hz. (26)

Si el nivel del sonido aumenta considerablemente, llega a producir sensaciones molestas e incluso dolor en el oído, pudiendo llegar a producir daños físicos irreversibles como, por ejemplo, la rotura del tímpano. Los niveles sonoros del orden de 110 a 120 dB producen sensación de molestia, de 120 a 140 dB de cosquilleo en el oído, de 140 a 150 dB dolor y por encima de este nivel daño inmediato al oído. (27)

### **2.3.3 PRESIÓN ACÚSTICA**

Se denomina presión acústica o presión sonora a la diferencia en un instante dado entre la presión instantánea y la presión atmosférica. La presión acústica varía muy bruscamente con el tiempo; estas variaciones bruscas son percibidas por el oído humano, creando la sensación auditiva; las ondas sonoras se atenúan con la distancia y pueden ser absorbidas o reflejadas por los obstáculos que encuentran a su paso. (28)

Una fuente sonora produce una cierta cantidad de energía por unidad de tiempo, esto es una cierta potencia sonora. La energía sonora fluye de la fuente al exterior, aumentando el nivel de presión sonora existente. Cuando medimos el nivel de presión sonora, éste no sólo dependerá de la potencia radiada y de la distancia radiada respecto de la fuente, también dependerá de la cantidad de energía absorbida y de la cantidad de energía transmitida. (29)

### **2.3.4 VOLUMEN DEL SONIDO**

El volumen se define como la magnitud de una sensación auditiva que depende principalmente de la amplitud de la onda sonora. La medición del nivel de volumen a una frecuencia dada, consiste en una prueba de audición en que se ajusta el

nivel de un tono de referencia de 1000 Hz hasta que se percibe por el oyente con la misma intensidad que el tono que se desea medir. La medición del volumen se basa, por consecuencia, en la apreciación subjetiva del oyente, de modo que es necesario someter a la prueba a un cierto número de oyentes a fin de obtener valores medios. Los niveles de volumen se expresan en saltos de 1 dB o fonos, en que el nivel de 0 dB corresponde a una densidad de potencia acústica de 10-16w/cm<sup>2</sup> en el aire. El término fono se usa generalmente como unidad de nivel de volumen, para evitar confusión con los niveles de intensidad de sonidos distintos a un tono de 1000 Hz sólo a esta frecuencia, el nivel en fonos y en dB coinciden. La región de máxima sensibilidad acústica se encuentra comprendida en el rango de frecuencias de 3 a 4KHz. (28)

### **2.3.5 ANATOMÍA DEL OIDO**

El oído humano se encuentra dividido en oído externo el cual está formado por el pabellón auricular (PA) y el conducto auditivo externo (CAE), separado del oído medio por la membrana timpánica y por último el oído interno. (28)

Oído externo: tiene una doble función: La protección del oído medio, especialmente del tímpano y una, aunque débil, amplificación del sonido en determinadas frecuencias. Pabellón de la oreja: En el hombre carece, prácticamente, de movilidad.

Movilidad muy importante en distintas especies animales para localizar con exactitud las fuentes del sonido. Sin embargo, juega un papel relevante en la captación y refuerzo de las ondas sonoras que son barridas hacia el conducto auditivo externo (CAE) por los relieves cartilagosos que lo integran. El pabellón amplifica fundamentalmente frecuencias vecinas a los 5.000 . 6.000 Hz. La influencia sobre la audición de la adecuada morfología de dicho pabellón, se demuestra en las pérdidas totales o parciales del mismo o si experimentalmente se borran los relieves con cera. (28)

Conducto auditivo externo . Transmite el sonido, actuando como resonante en las frecuencias medias . graves, de acuerdo con la longitud del mismo. La amplificación es máxima, alrededor de 20 dB, para frecuencias comprendidas entre los 2.000 . 3.000 Hz. Por medio de los pelos de su entrada, así como por la secreción ceruminosa de sus glándulas, se efectúa un filtrado de las impurezas que el aire pudiera contener, protegiendo así a la delicada membrana timpánica (30)

Oído medio: El papel de las estructuras del oído medio es doble: -Transmitir y ampliar el estímulo vibratorio desde la membrana timpánica al Órgano de Corti. - Proteger las delicadas formaciones neuroepiteliales del oído interno.(30)

El oído medio es un espacio de aire revestido por mucosa respiratoria; formada por huesecillos denominados el martillo, el yunque y el estribo. El martillo esta adherido a la membrana timpánica (MT), articulado con el yunque y este con el estribo, de modo que todo el movimiento de estimulación de la MT se trasmite al estribo. (15)

El papel de transmisión y amplificación del sonido en el oído medio es indispensable, ya que cuando una onda sonora pasa de un medio aéreo a uno líquido, pierde 999 milésimas de su potencia. Esta pérdida se produciría fatalmente, si el estímulo sonoro pasase directamente del ambiente exterior, a las células ciliadas del oído interno sumergidas en la endolinfa. Es por esta razón por la que los peces poseen unas estructuras del oído medio mucho más simples que los animales terrestres al no cambiar el medio de propagación del sonido.(30)

Músculos del oído medio: El reflejo acústico se desencadena por la estimulación acústica adecuada, traducándose por la contracción bilateral del músculo del estribo. La contracción refleja del músculo del martillo no está todavía bien definida. Como el reflejo acústico aparece por sonidos intensos, se ha pensado que jugaría un papel de protección del oído interno frente a los mismos. Debido al tiempo de latencia en la aparición del reflejo, no aporta protección contra ruidos de impacto, además presenta una fatigabilidad que limita la duración de su función protectora frente a ruidos intensos prolongados. (30)

El oído interno está formado en un espacio que deja el hueso temporal en la región denominada hueso petroso. Al espacio se le denomina laberinto óseo y a la estructura membranosa que existe en su interior se le denomina laberinto membranoso. Desde el oído interno salen las conexiones nerviosas que lo relacionan con el sistema nervioso central principalmente por el nervio coclear y por el nervio vestibular; adicionalmente se encuentran dos órganos, el auditivo o coclear región anterior (ubicado en la cóclea o caracol) y el órgano del equilibrio o vestibular posterior (16).

El laberinto membranoso (cóclea) presenta la forma de un conducto que da dos y media vueltas en relación a una estructura central o medial y contiene en su interior al Órgano de Corti, que es un mecano-receptor (31)

Este órgano contiene cerca de 17.000 células ciliares que captan las vibraciones transmitidas por la linfa, líquido que llena el oído interno de estas células ciliares, transformada en corriente eléctrica, la vibración es llevada por el nervio auditivo al cerebro que la integra y le da significado (22).

Parte de esta energía vibrante puede alcanzar al oído interno mediante la conducción ósea. Además de la audición, el equilibrio es dependiente del movimiento del fluido que se encuentra dentro del oído interno. Estos dos sentidos se interaccionan y en alguna forma van paralelos con los desórdenes que se presentan; así el daño auditivo y una estimulación excesiva de las estructuras auditivas afectan el sentido del equilibrio. (22)

Líquidos laberínticos: La peri-linfa y la endolinfa juegan un doble papel fisiológico; El primero es el de participar en la puesta en funcionamiento de las células ciliadas, cocleares y vestibulares para la transmisión de la señal mecánica, El segundo es el participar en la transformación de esta señal en un mensaje nervioso para la puesta en funcionamiento de los fenómenos moleculares entre los líquidos y las células ciliadas. Existe una relación entre función auditiva y la homeostasis de los líquidos del oído interno.(30)

El órgano de Corti, situado en el conducto coclear es la estructura que transforma la energía mecánica del sonido, en eléctrica. Desde ahí esta energía caminará por vías nerviosas hasta los centros cerebrales. (30)

El órgano de Corti descansa sobre la membrana basilar. Consta de una serie de células de sostén; pilares internos y externos que limitan el túnel interno (peri-linfa). Arriba porción superior del sistema de sostén (tono-fibrillas). Abajo, filamentos de sostén de las células falángicas (células de Deiters), las cuales sostienen las células sensoriales, células ciliadas internas y externas. (30)

Las primeras están dispuestas en una sola hilera y cada una de sus células se asocia con una sola fibra nerviosa aferente (estas fibras representan el 95 % de todas las fibras de la pars coclearis del VIII par). Las células ciliadas externas forman entre tres y cinco hileras, estando unidas en grupos de varias células con

una sola fibra nerviosa aferente (representan el 5 % de todas las fibras del nervio auditivo). (30)

El espectro de frecuencias comprendido entre los 18 y 20.000 Hz queda representado en las células sensoriales del Órgano de Corti a lo largo de toda la membrana basilar, de forma que las frecuencias agudas se localizan en la espira basal de la cóclea, en tanto que los tonos graves se proyectan en la proximidad del helicotrema al nivel de la espira apical. Esta disposición constituye la disposición tono-tópica de la cóclea.(30)

### **2.3.6 FISIOLÓGÍA DE LA AUDICIÓN**

Consiste en la transformación de las ondas sonoras (variaciones de presión) en excitación neuronal y el órgano encargado de dicha transformación es el oído. (32)

El sonido está originado por las variaciones de presión que se producen en un medio elástico (aire), produciendo unas ondas sonoras. Dichas ondas son captadas por el pabellón auditivo, que realiza la función de antena y son proyectadas hacia el conducto auditivo, el cual las conduce hacia el tímpano, que vibrará ante las fluctuaciones experimentadas en la presión sonora. La vibración del tímpano producirá un movimiento en la cadena de huesecillos, que generará a su vez un efecto de pistón en la ventana oval. Esta transmisión mecánica tiene como objeto, amplificar la presión inicial transmitida por el tímpano y aumentarla en la ventana oval, con el fin de compensar el factor de transmisión que existe cuando el sonido pasa de un medio aéreo a un medio acuoso. Dicha amplificación es posible gracias a la diferencia de superficie entre el tímpano (55 mm.) y la ventana oval (3,2 mm.) y al efecto de palanca que ejerce la cadena de huesecillos, produciendo dicho sistema una amplificación de la energía en aproximadamente de 60 veces. (32)

El efecto mecánico de pistón ejercido por la platina del estribo sobre la ventana oval, va a producir un movimiento de los líquidos peri linfáticos que se encuentran en la cóclea y que comunican la rampa vestibular y la rampa timpánica. Dicho desplazamiento de los líquidos va a producir una deformación de la membrana Basilar sobre la que se sustenta el órgano de Corti, La distorsión del conducto coclear hace que este oscile de un lado a otro, hacia la rampa vestibular y hacia la rampa timpánica de manera alternativa.(28)

El órgano de Corti, situado en el conducto coclear es la estructura que transforma la energía mecánica del sonido, en eléctrica. Desde ahí esta energía caminará por vías nerviosas hasta los centros cerebrales. Descansa sobre la membrana basilar. Consta de una serie de células de sostén; pilares internos y externos que limitan el túnel interno (peri linfa). Arriba porción superior del sistema de sostén (tono fibrillas). Abajo, filamentos de sostén de las células falángicas (células de Deiters), las cuales sostienen las células sensoriales, células ciliadas internas y externas.(28)

Las primeras están dispuestas en una sola hilera y cada una de sus células se asocia con una sola fibra nerviosa aferente (estas fibras representan el 95 % de todas las fibras de la pars coclearis del VIII par). Las células ciliadas externas forman entre tres y cinco hileras, estando unidas en grupos de varias células con una sola fibra nerviosa aferente (representan el 5 % de todas las fibras del nervio auditivo) (30)

Esta organización tono-tópica del órgano de Corti, supone que las células más cercanas a la base (cerca de la ventana oval) son excitadas por tonos de alta frecuencia (sonidos agudos), mientras que las más cercanas al vértice (helicotrema) son excitadas por tonos de baja frecuencia (sonidos graves). (33)

Propiedades fisiológicas de las células ciliadas internas (CCI): Estas son las células neurosensoriales propiamente dichas, que aseguran la transformación del impulso mecánico en influjo nervioso codificado, el cual es interpretado a nivel de los centros auditivos cerebrales. En su polo apical se encuentran los estereocilios dispuestos en hileras de talla decreciente desde el exterior al interior. Cada CCI responde dependiendo de la frecuencia del sonido estimulante, relacionado con su posición sobre la membrana basilar. La actividad eléctrica de estas células reposa en la puesta en funcionamiento de un cierto número de canales iónicos, probablemente en el ápex de los estereocilios, por los movimientos de deflexión engendrados por una estimulación.(32)

Propiedades fisiológicas de las células ciliadas externas (CCE): Las CCE son tres veces más numerosas que las CCI, se disponen en tres hileras a lo largo del túnel de Corti. El ápex de éstas CCE está cubierto de estereocilios situados perpendicularmente a la placa cuticular. La parte apical de los cilios más largos se implanta en la membrana tectorial, y la solidez de esta implantación varía de la base al ápex. Contrariamente a las CCI no son células sensoriales propiamente dichas, salvo quizás para estímulos sensoriales intensos, superiores a los 90 dB. Tienen por el contrario un papel efector importante gracias a sus contracciones rápidas y sus contracciones lentas. Hay mediciones que permiten apreciar la

frecuencia de resonancia de los cilios de las CCE, teniendo en cuenta su acoplamiento con la membrana tectorial. Esta frecuencia de resonancia varía de la base al ápex.(30)

## **CONTAMINACIÓN AUDITIVA**

### **2.4.1 EL RUIDO**

El ruido se ha descrito como un sonido sin calidad musical agradable o como un sonido no querido o no deseado, provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, aviones, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas (18).

### **2.4.2 CONTAMINACION ACÚSTICA**

El ruido como riesgo laboral es conocido desde hace muchos años; Sin embargo, no es hasta el advenimiento de la revolución industrial, cuando las fábricas comienzan a sustituir la fuerza humana por máquinas, que cobra verdaderamente importancia la exposición a ruido como factor de producción de alteraciones de la salud en los trabajadores (1).

## **2.5 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD**

Los números pueden dar un concepto equivocado a la percepción de la energía sonora puesto que su aumento es logarítmico. Así, cuando se pasa de 80 a 90 decibeles, el incremento no corresponde a 10% del ruido original, sino que en realidad es diez veces mayor que éste. Otra característica del ruido es su frecuencia ósea y el número de ciclos por segundo; el oído humano es un receptor limitado, ya que sólo percibe sonidos con frecuencia entre los 16 y 20.000 ciclos por segundo y no es sensible en la misma proporción a las intensidades de sonidos de baja frecuencia contra los de altas frecuencias.(29)

La intensidad de una conversación ordinaria se encuentra en el orden de los 45 a 50 decibeles; el tráfico de automóviles produce 80 decibeles; un aeroplano de reacción genera 150 decibeles; pero de 140 decibeles o más se comienza a experimentar dolor agudo (22). La exposición corta a ruido excesivo por encima de los 85 dbA origina primero un desplazamiento temporal del umbral de audibilidad (dtu) conocido por periodo de fatiga auditiva que desaparece después de algunos minutos u horas de reposo (34).

A medida que aumenta el tiempo de exposición o la intensidad, o ambos factores, el desplazamiento del umbral aumenta y la recuperación de la audición no tiene lugar a los niveles iniciales. En esta fase, la pérdida auditiva residual se denomina desplazamiento permanente del umbral de audibilidad (dpu) o hipoacusia causada por el ruido, caracterizada por comenzar en las frecuencias alrededor de los 4000 hz. Al principio se desarrolla una sordera sin signos clínicos que solo se evidencia por la audiometría y no afecta las frecuencias conversacionales. Al final se produce una ampliación del déficit auditivo en la zona conversacional que es socialmente perjudicial (34). El efecto nocivo del ruido sobre la agudeza auditiva del individuo depende de varios factores tales como: frecuencia, pureza, intensidad, duración o tiempo de exposición, repetición, edad del trabajador y susceptibilidad individual (10).

El ruido no sólo ocasiona alteraciones en el aparato auditivo, también actúa sobre los centros bulbares, vegetativos, centros corticales de asociación y de la voluntad. Está considerado entre los factores que predisponen a la fatiga mental y física, que suelen reflejarse en tasas más elevadas de ausentismo y de inestabilidad del personal. Además, puede obstaculizar la comunicación hablada, molestar y distraer, reducir el rendimiento y la eficacia, aparte de varios trastornos en la salud que no guardan relación con los efectos auditivos (10). Los estímulos sonoros fuertes producen una vasoconstricción a distintos niveles periféricos, además de disminuir la capacidad de reacción del individuo y su rendimiento laboral. Se ha demostrado que, en fábricas similares, las de mayores índices de accidentes laborales con aquellas que presentan mayores niveles de ruido (10).

Como resultado de la exposición a niveles elevados de ruido industrial se produce hipoacusia o sordera profesional que no es más que la pérdida de la audición de ambos oídos, irreversible y acumulativa de tipo nervioso sensorio-neural que afecta las frecuencias conversacionales (10). La importancia de este contaminante ambiental ha motivado que se hayan realizado numerosas investigaciones acerca de este tema, lo que ha permitido en los últimos años un mayor conocimiento y establecimiento de normas y recomendaciones por diferentes países y organismos (10).

La exposición a ruido se considera uno de los principales factores de riesgo involucrados en la génesis de la hipoacusia relacionada con el trabajo. La pérdida auditiva de inicio en la adultez se ha descrito como el decimoquinto problema de salud más serio en el mundo, y el deterioro de la función auditiva relacionado con el trabajo, o de origen profesional, es reconocido de tiempo atrás como una situación de alta prevalencia en países industrializados (16).

En el mundo 360 millones de personas padecen pérdida de audición discapacitante, y la mitad de los casos de pérdida de la audición se podrían evitar mediante la prevención primaria (1).

Según el Ministerio de la Protección Social, en Colombia la hipoacusia neurosensorial ocupó el tercer lugar en la frecuencia de diagnósticos de enfermedad profesional para el período 2001 . 2003, pero en el año 2.004 fue desplazada al cuarto lugar. Según las estimaciones poblacionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, en el año 2000 se estarían presentando 101.645 casos nuevos de enfermedades ocupacionales, de las cuales 14.775 (14.5%) corresponderían a hipoacusia por ruido, cifra que se considera como una subestimación de la ocurrencia real de la patología en Colombia (16).

El gran número de casos de HNIR que se observa en los trabajadores de la industria colombiana y la carga de enfermedad asociada, exigen la selección de alternativas preventivas, diagnósticas, terapéuticas y de rehabilitación que permitan ofrecer a los trabajadores una adecuada atención integral. Sin embargo, dada la diversidad de estrategias, los diferentes enfoques y costos de la atención, la selección de dichas alternativas se hace cada vez más compleja y no está soportada por evidencia científica sobre su efectividad (16).

El ruido es un agente que puede dar lugar a efectos tanto sobre el receptor del sonido (efectos auditivos) como de tipo fisiológico y comportamental (efectos extra auditivos). En la tabla 1 se muestran, de forma esquemática, aquellos efectos para los que se dispone de evidencia y, si están disponibles, los niveles de ruido mínimo para los que han sido observados. (35)

**TABLA 1**  
**Efectos del ruido sobre la salud**

<b>EFEECTO</b>			<b>Nivel de presión sonora dB(A)</b>
<b>Evidencia suficiente</b>	<b>Malestar</b>	<b>Ambiente de Oficina</b>	55
		<b>Ambiente Industrial</b>	85
	<b>Hipertensión</b>		55-116
	<b>Disminución de la capacidad auditiva</b>	<b>Adultos</b>	75
		<b>Feto</b>	85
<b>Evidencia limitada</b>	<b>Disminución del rendimiento</b>		–
			–
	<b>Efectos bioquímicos</b>		–
	<b>Efectos sobre el sistema inmunitario</b>		–
	<b>Influencia en la calidad el sueño</b>		–
	<b>Disminución del peso al nacer</b>		–

(Extraído de la guía técnica de exposición de los trabajadores al ruido página 48) (36).

### **2.5.1 ALTERACIONES AUDITIVAS**

El impacto del ruido sobre la función auditiva es el efecto mejor documentado. El ruido presente en el entorno tanto laboral como extra-laboral puede dar lugar a alteraciones auditivas temporales (fatiga auditiva) o permanentes (hipoacusia o sordera). Esas lesiones dependen de factores como: la calidad de dicho ruido (a igual intensidad son más nocivas las frecuencias agudas); el espectro de frecuencias (un sonido puro de alta intensidad produce más daño que un sonido de amplio espectro); la intensidad, emergencia y ritmo (mayor capacidad lesiva del ruido de impulso, de carácter imprevisto y brusco); la duración de la exposición (exposición laboral y extra-laboral); la vulnerabilidad individual (ligada a una mayor susceptibilidad coclear por antecedentes de traumatismo craneal, infecciones óticas, ciertas alteraciones metabólicas o una tensión arterial elevada, entre otras

causas) y la interacción con otras exposiciones (vibraciones, agentes químicos o fármacos ototóxicos pueden aumentar el riesgo de hipoacusia). (35)

### **2.5.2 EFECTOS BIOLÓGICOS EXTRAUDITIVOS**

Los efectos del ruido no se limitan al oído. El organismo responde a los estímulos acústicos como lo haría ante cualquier otra agresión ya sea de tipo físico o psíquico mediante modificaciones cardiovasculares, hormonales, digestivas o psíquicas. Los efectos fisiológicos del ruido se observan a nivel motor (contracciones musculares), vegetativo (aumento transitorio de la frecuencia cardíaca, vasoconstricción periférica, aumento de la presión sanguínea, aceleración de los movimientos respiratorios, disminución de la función de las glándulas salivares y del tránsito intestinal, midriasis ), endocrino (aumento de las catecolaminas, del cortisol ), inmunitario (disminución de la capacidad inmunitaria ligada a las alteraciones endocrinas) y electroencefalográfico (desincronización del EEG). (35)

### **2.5.3 MALESTAR**

El ruido puede dar lugar también a efectos ~~psic~~subjetivos, lo que la OMS ha calificado de malestar. El ruido puede producir una sensación de desagrado o disgusto en un individuo o en un grupo que conocen o imaginan la capacidad del mismo para afectar su salud. Esta sensación es a menudo la expresión de las interferencias con la actividad en curso, aunque no de forma exclusiva ya que puede ser modulada también por variables como el sexo, la edad, el nivel formativo, las condiciones de trabajo (carga mental, apremio de tiempo, clima laboral, satisfacción en el trabajo) y las características de la exposición (posible control o previsibilidad del ruido). (35)

### **2.5.4 ALTERACIONES COMPORTAMENTALES**

La forma en que las personas reaccionan a la pérdida de capacidad auditiva varía enormemente. En las disminuciones lentas y progresivas, como es el caso de las lesiones auditivas inducidas por el ruido, lo más frecuente es que el trabajador o trabajadora evite el contacto social y pierda interés por su entorno. Algunos estudios ponen de manifiesto una mayor agresividad y un aumento de los conflictos en ambientes ruidosos sobre todo en aquellas personas que presentan problemas psicológicos previos. (35)

### 2.5.5 TRASTORNOS DE VOZ

Uno de los posibles efectos del ruido es la aparición de disfonía en aquellos trabajadores que deben elevar la intensidad de la voz para poder mantener la comunicación verbal con otros. Algunos autores afirman que un ruido ambiental superior a los 66 dB(A) requiere un esfuerzo potencialmente peligroso para las cuerdas vocales. (35)

### 2.5.6 OTROS

El ruido puede aumentar el riesgo de accidente de trabajo al enmascarar las señales de alerta, dificultar la comunicación verbal y alterar la atención. La inteligibilidad de una comunicación entre dos personas situadas en un ambiente en el que el ruido es de 80dB(A) se dificulta a distancias superiores a 25 cm. (35)

### 2.5.7 TIPOS DE PÉRDIDAS

Los principales efectos del ruido sobre la audición se pueden agrupar así:

**2.5.7.1 Trauma acústico:** Se refiere al daño orgánico inmediato del oído por excesiva energía sonora; se restringe a los efectos de una exposición única o relativamente pocas exposiciones a niveles muy altos de presión sonora. El ruido extremadamente intenso que llega a las estructuras del oído interno puede sobrepasar los límites fisiológicos de éstas, produciendo la rotura completa y alteración del órgano de Corti. Por ejemplo, una explosión puede romper el tímpano, dañar la cadena de huesecillos y destruir las células sensoriales auditivas. (37)

**2.5.7.2 Desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido:** Este desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido tiene como resultado una elevación de los niveles auditivos (una pérdida de la sensibilidad auditiva) después de la exposición al ruido; en este tipo de desplazamiento, la pérdida de audición es reversible. (37)

**2.5.7.3 Desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido:** En este tipo de desplazamiento, la pérdida de audición no es reversible, permanece durante toda la vida de la persona afectada, no existe la posibilidad de

recuperación. Puede ser el resultado de un trauma acústico o del efecto acumulativo de las exposiciones repetidas al ruido durante sucesivos períodos en muchos años. (37)

## 2.6 EVALUACIÓN AUDITIVA

Existen diferentes métodos para evaluar la audición y va a depender básicamente de la edad y la colaboración del paciente el método que se va a elegir; los exámenes en general se complementan entre sí, ya que investigan la función de la vía auditiva en forma global o de sus componentes, entre los más frecuentemente usados se encuentran: La acumetría de voces: se dicen palabras al oído del paciente iniciando con voz susurrada y ascendiendo en intensidad hasta que el paciente realice la repetición acertada de tres palabras. (38)

**Audiometría:** la prueba más usada es un examen subjetivo ya que depende de la colaboración del paciente, puesto que él debe decir si oye o no los tonos de prueba; se utiliza un aparato electrónico generador de tonos puros llamado audiómetro. Cada tono puede ser generado a una intensidad que va desde 0 dB hasta 110 dB. El dB corresponde a una medida de presión sonora y que equivale en el cero a 0.0002 dinas por cm<sup>2</sup>. En la frecuencia de 1000 ciclos por segundo; por lo tanto, cero dB no significan ausencia de sonido, sino que es una medida promediada y significa el menor estímulo que en determinada frecuencia un oído normal debería escuchar. (31)

**La impedanciometría:** es el estudio de la impedancia acústica, que es la resistencia que el oído medio opone a la propagación del sonido. Se usa básicamente en hipoacusias de conducción ya que estudia en mayor parte la función del oído medio. (31)

**Emisiones otoacústicas:** Es un examen que sirve para ver la integridad de la cóclea y finalmente los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral: indicados básicamente en el estudio de hipoacusia en lactantes o niños pequeños, en pacientes con enfermedades mentales que no colaboran, y como parte del estudio diferencial de hipoacusias sensorio neurales (31). La audiometría tonal es la prueba empleada para las valoraciones audiológicas en los programas de conservación auditiva; se recomienda la realización con registro de la vía aérea para las frecuencias de 500 -1000 -2000 -3000 -4000 -6000 -8000 Hz. Otras pruebas audiológicas se consideran complementarias y se reservan para casos en los cuales se requiere clarificar el diagnóstico. (31)

El registro audio métrico debe realizarse como parte de la evaluación pre ocupacional, idealmente antes de ingresar al cargo, pero es aceptada dentro de los primeros 30 días posteriores al ingreso laboral; Al cambiar de actividad laboral dentro de la misma empresa, que implique un incremento de la dosis de ruido, durante el seguimiento, como parte de la vigilancia médica y al momento del retiro del trabajador. (38)

La periodicidad recomendada para la evaluación auditiva de seguimiento es la siguiente: en aquellos expuestos a 100 dBA TWA o más, semestralmente, para los trabajadores expuestos a ambientes con niveles de ruido de 82-99 dBA TWA, anualmente, en trabajadores expuestos entre 80 - <82 dBA cada 5 años. (38)

## **2.7 AVIACIÓN**

El problema del ruido aeronáutico cobra importancia a partir de la década de 1950 con el advenimiento de los aviones propulsados por turbinas, los cuales, por su mismo diseño, generaban grandes cantidades de ruido y, como consecuencia de esto, las quejas de los moradores de las cercanías de los aeropuertos se hicieron más frecuentes y enérgicas. (11)

Las infraestructuras aeroportuarias, a la vez que centros fundamentales de actividad, impulsores de la economía, del desarrollo social y cultural, así como vertebradores e integradores de regiones y estados, son también elementos que interaccionan con el medio ambiente sobre el que se asientan. La necesidad de hacer compatible el desarrollo del transporte aéreo con la conservación de los valores naturales y de la calidad de vida en el entorno aeroportuario, precisa un modelo de actuación basado en el equilibrio entre los factores económicos, sociales y ambientales, que nos permita acercarnos a un modelo sostenible de desarrollo. (39)

En particular la contaminación acústica es uno de los principales aspectos ambientales generados a causa de la actividad aeroportuaria. De ahí que la reducción al mínimo de los niveles acústicos y la protección de la calidad de vida de las poblaciones del entorno aeroportuario se haya convertido en una de las prioridades de las actividades que se desarrollan en los aeropuertos, las principales fuentes de emisión de ruido son las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves. (12)

## **2.8 DEFINICIONES AEROPORTUARIAS**

**Aeródromo:** Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinado total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves. **Aeronave:** cualquier maquinaria que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra. (40)

**Aeropuerto:** Cualquier aeródromo civil de servicio público que cuente con autoridades y servicios de control de tránsito aéreo, cuerpo de rescate y extinción de incendios y combustibles. (40)

**Contaminación acústica:** presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que origine, que impliquen molestias, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades y bienes, o causen perjuicio para el medio ambiente. (40)

**Modelo Integrado de Ruido (INM):** es el modelo de análisis de ruido de los impactos generados por actividades aeroportuarias en su cercanía basado en el estándar SAE AIR 1845, y utilizado por la FAA. (40)

**Nivel Sonoro Promedio ANUAL DIA-NOCHE (YDNL):** Es el nivel sonoro promedio día-noche en decibelios A (dBA) promediado en un año (365 días). (40)

**Nivel Sonoro Promedio DIA-NOCHE (DNL):** Es el nivel sonoro equivalente ponderado A, promediado en 24 horas, de media noche a media noche, obtenido luego de adicionar 10 dBA como penalización a los niveles observados en los periodos comprendidos entre las 00h00 a 07h00 y 22h00 a 00h00, hora local. (40)  
**OACI/ICAO:** Organización de Aviación Civil Internacional. (41)

## **2.9 TIPOS DE AERONAVES**

**Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra. (40)

**Avión (aeroplano):** Aerodino propulsado por motor, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo. (40)

Avión subsónico: Avión incapaz de mantener el vuelo horizontal a velocidades que excedan de Mach 1. (40)

Grupo auxiliar de energía (APU). Unidad autónoma de energía en una aeronave, que se utiliza para proporcionar energía eléctrica y neumática a los sistemas de aeronave durante las operaciones en tierra. (40)

Helicóptero. Aerodino que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados por motor, que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales. (42)

## **2.10 IMPACTO AMBIENTAL DEL RUIDO DE LOS AVIONES**

El comité sobre la protección del medio ambiente y la aviación fue constituido en 1983 por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI). Se organiza en cinco grupos de trabajo y un grupo de apoyo. Dos de estos grupos se encargan de los aspectos técnicos y operacionales para la reducción de ruido. Los otros tres se centran en los temas relacionados con las emisiones de las aeronaves, incluyendo todo lo relacionado con el comercio de emisiones y las medidas voluntarias o las centradas en el mercado. El grupo de apoyo proporciona información sobre los costos y beneficios económicos de las medidas propuestas por el Comité sobre la Protección del Medio Ambiente y la aviación (CAEP) para la reducción de ruido y emisiones de las aeronaves.(42)

Este Comité es fundamental para que la OACI logre su Objetivo estratégico de reducir al mínimo los efectos ambientales adversos de la aviación civil mundial y alcance sus tres metas conexas: limitar o reducir la cantidad de personas afectadas por un ruido de las aeronaves, limitar o reducir las repercusiones de las emisiones procedentes de la aviación en la calidad del aire local y limitar o reducir los efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la aviación en el clima mundial.(43)

Una de las principales metas ambientales de la OACI es limitar o reducir el número de personas afectadas por ruido significativo. Aunque se ha progresado considerablemente en la reducción de la exposición al ruido, en particular en términos de niveles máximos de ruido alrededor de los aeropuertos, la situación sigue siendo un problema grande para muchos terminales aéreos y autoridades. La exposición al ruido alrededor de estos es el tema predominante de las quejas de las poblaciones que viven adyacentes y en años recientes, ha limitado el

crecimiento del tráfico en muchos aeropuertos. Esto es particularmente cierto en Europa, que cuenta con una alta densidad de población alrededor de estos terminales y pocas opciones de construcciones nuevas. Las autoridades aeroportuarias están enfrentando una sensibilidad creciente de los residentes locales al aumento de la molestia del ruido y un mayor reconocimiento de los efectos consiguientes en la salud. (42)

La molestia del ruido aeroportuario ha generado un vivo interés por el impacto que tiene el ruido de las aeronaves, especialmente el nocturno, en la salud. La oposición de las comunidades locales conduce a peticiones de restricciones operacionales y límites a la expansión de los aeropuertos. Después de estudiar plenamente la situación específica en cada sitio, se ha aplicado el enfoque equilibrado y ha sido necesario introducir restricciones operacionales en muchos aeropuertos europeos de alta densidad de tráfico. Al construir pistas nuevas, las restricciones operacionales podrían ser la única forma de equilibrar los intereses de los habitantes en las inmediaciones de los aeropuertos con los de los pasajeros, las líneas aéreas.(44)

El ruido de las aeronaves es el factor individual más importante que fundamenta la oposición de la comunidad a la construcción y ampliación de capacidad aeroportuaria. La reducción del ruido en la fuente, es decir aeronaves más silenciosas, es la única manera de aumentar la capacidad en muchos aeropuertos sensibles al ruido. Las restricciones y razones comerciales en los aeropuertos, y no las normas de homologación acústica de la OACI, es lo que lleva a los fabricantes a producir aeronaves más silenciosas. (39)

Las principales fuentes de ruido y vibraciones en las operaciones de los aeropuertos son provocadas por las aeronaves durante los ciclos de aterrizaje y despegue (LTO, por sus siglas en inglés), seguidas de aquellas provocadas por una serie de sistemas en tierra, incluido el rodaje de aeronaves; el funcionamiento de vehículos auxiliares en tierra (por ejemplo, autobuses de pasajeros, salas de embarque móviles, camiones cisterna, remolcadores de aviones, tractores de aviones y equipaje, y carretillas porta-paletas); los grupos electrógenos auxiliares (APU, por sus siglas en inglés) de los aviones; y las actividades de pruebas de motor de los aviones en aeropuertos con actividades de mantenimiento de aeronaves. (42)

Otras fuentes indirectas de ruido incluyen el tráfico de vehículos en tierra desde las carreteras de acceso al aeropuerto. Las medidas adoptadas para prevenir, minimizar o controlar los efectos del ruido y las vibraciones dependerán de las actividades de planificación y gestión del suelo, que pueden ser competencia

primordial de las autoridades locales, o la clase y antigüedad de sistemas de vuelo empleados por las aerolíneas. (42)

Las prácticas recomendadas para el manejo del ruido incluyen:

~ Planificar el emplazamiento del aeropuerto (de la nueva construcción o de la ampliación de las instalaciones existentes) y la orientación de las pistas para los aviones entrantes y salientes teniendo en cuenta los proyectos urbanísticos en curso o ya existentes y otros receptores sensibles al ruido en las zonas circundantes. Esto podría incluir la coordinación con las autoridades locales con competencias en la planificación del suelo y actividades de planificación del transporte en general. (45)

- En aquellas zonas en las que se prevea un mayor impacto, implementar procedimientos y pistas preferentes para el aterrizaje y el despegue (LTO) con el fin de minimizar el ruido provocado por el despegue y aterrizaje de aeronaves en las zonas sensibles al ruido. Dichos procedimientos podrían incluir instrucciones sobre el uso de perfiles de descenso y rutas de ~~ruido~~ ~~preferente~~ ~~preferente~~ (NPR), tales como las técnicas de aproximación mediante ~~descenso continuo~~ para evitar las zonas sensibles al ruido, el uso de procedimientos de ~~Baja potencia/ Bajo arrastre~~ (LPLD) para pilotar los aviones en condiciones 'limpias' (por ejemplo, sin despegar los flaps ni las ruedas) siempre que sea posible con objeto de minimizar el ruido provocado por la estructura del avión, e instrucciones sobre la minimización del empuje negativo durante el aterrizaje. Una alternativa puede ser la dispersión del ruido mediante el uso igual de pistas múltiples en lugar de emplear las pistas preferentes de vuelo; ~ Aplicar restricciones operativas, como por ejemplo las restricciones nocturnas. (45)
- Cuando sea necesario, trabajar con las autoridades locales para identificar e implementar estrategias de prevención y control de ruido en las zonas de reducción de ruido (por ejemplo, mediante el aislamiento sonoro de los edificios expuestos al ruido provocado por los aviones por encima de los niveles establecidos por las autoridades locales o las limitaciones sobre las operaciones nocturnas en ciertas pistas de aterrizaje). (45)
- Como indican las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad, reducir el ruido de las operaciones en tierra en origen o utilizar barreras de sonido o deflectores; ~ Suministrar energía al avión para reducir o eliminar la necesidad de utilizar APU. (45)

## 2.11 RUIDO EN EL AEROPUERTO

Desde el momento mismo de la introducción de los aviones a fines del siglo XIX, la molestia causada por su ruido fue notoria pero, evidentemente, debido al escaso número de naves y el hecho que estuvieran localizadas en zonas rurales, hacía que sus efectos fuesen mínimos; en la década de 1920, Winston Churchill legisló por una ley que quitaba derechos a los habitantes para iniciar cualquier acción legal contra los dueños de aviones respecto al problema del ruido, en la creencia que de prosperar dichas demandas acabarían con el recién creado mercado de la aviación, en 1947, esta prohibición se extendió al ruido escuchado en tierra para, en 1960, se excluyó el ruido de las aeronaves del acta de reducción de ruidos claramente estas medidas protegían a los fabricantes de aviones y compañías aéreas, los cuales consideraban que no hacían ningún daño al ser ~~legal~~ el perjuicio que provocaban. (8)

A fines de la década de 1960, la situación ya no podía continuar así, de modo que tanto en Estados Unidos como Inglaterra se fijaron límites de ruido para las aeronaves a producir, mas no a las que ya existían; Para 1971 en Estados Unidos se dio la FAR parte 36, una nueva sección de la Federal Aviation Regulation que planteaba y regulaba el proceso de certificación. OACI tomó estos mismos esquemas para producir su propio esquema de certificación (Anexo 16 de la OACI). (8)

Las situaciones críticas de generación de ruido en relación con la comunidad de los aeropuertos están en las operaciones de despegue y aterrizaje. Dependiendo del despliegue de los alerones (flaps), los bordes de ala (slats) y los trenes de aterrizaje, el ruido aerodinámico varía considerablemente. Este efecto se nota sobre todo en el momento del aterrizaje, debido a que en esta fase se generan turbulencias en el tren de aterrizaje y los alerones. Durante el vuelo de crucero se tiene una situación de vuelo ~~limpio~~ puesto que el tren de aterrizaje, los slats y los flaps se han retraído y las compuertas se han cerrado. (8)

Por otro lado, durante los procesos de despegue y aterrizaje, cuando las alturas son menores y por tanto su efecto sobre la población es mayor, este tipo de ruido se hace notorio. Es más, desde el punto de vista del observador en tierra, el ruido aerodinámico, es mayor durante la etapa de aproximación final donde la velocidad disminuye y la necesidad de sustentación aumenta modificando para ello el piloto la disposición de los alerones además de abrir el tren de aterrizaje. (8)

El personal de servicios en tierra del aeropuerto podría verse expuesto a niveles extremadamente altos de ruido procedente del rodaje de las aeronaves, el funcionamiento de los grupos electrógenos auxiliares (APU) de los aviones y los vehículos de servicios en tierra. Dado que la mayoría de estas fuentes de ruido no puede evitarse, las medidas de control deberán incluir el uso de equipos personales de protección para los oídos por parte del personal afectado y la implementación de programas de rotación de trabajo para reducir la exposición acumulada. (36)

## **2.12 TRAFICO AÉREO**

Los vuelos y operaciones aéreas generan ruido en la vecindad de aeropuertos tanto civiles como militares. Los despegues producen ruido intenso, vibraciones y traqueteos. Los aterrizajes producen ruido en largos pasillos de vuelo a baja altitud. El ruido se produce por los mecanismos de aterrizaje y la regulación automática de potencia y también cuando se aplica propulsión inversa, todo por medidas de seguridad. En general, los aviones más grandes y pesados producen más ruido que los más ligeros. (45)

El nivel de presión sonora de los aviones puede predecirse por el número de aviones, tipos, rutas de vuelo, proporciones de despegue y aterrizajes y condiciones atmosféricas. Pueden surgir problemas severos de ruido en aeropuertos con muchos helicópteros o aviones pequeños usados para vuelos privados, entrenamiento de pilotos o actividades de ocio y también problemas en el interior debido a vibraciones. (46)

El estampido sónico consiste en una onda de choque en el aire, generada por un avión cuando vuela ligeramente por encima de la velocidad local del sonido. Un avión en vuelo supersónico deja una onda sonora que puede ser escuchada por encima de 50km a ambos lados de su estela en tierra, dependiendo de la altitud del vuelo y del tamaño del avión. A alta intensidad puede causar daños materiales y causa alarma en la población (46)

El ruido de los campos de vuelo militares puede presentar problemas particulares con respecto a los aeropuertos civiles.(46)

## **2.13 IMPACTO DEL RUIDO EN LA SALUD DE LOS TRABAJADORES**

Aspectos importantes en relación a los efectos sobre la salud son la duración del ruido y el modo en que se distribuye en el tiempo y el espectro de frecuencias: los de larga duración y nivel de sonido alto son los más dañinos para el oído, generalmente los más molestos. Los de alta frecuencia tienden a ser de más riesgo auditivo más molestos que los de baja frecuencia. En cuanto a la distribución en el tiempo, los sonidos intermitentes (intercalan períodos de silencio) e impulsivos (caracterizados por niveles de sonido relativamente altos y de muy corta duración) tienden a ser más irritantes a causa de su impredecibilidad. (47)

Los principales efectos adversos sobre la salud reconocida por la Organización Mundial de la salud y otros organismos como la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, son:

Auditivos: discapacidad auditiva incluyendo tinnitus, (escuchar ruidos en los oídos cuando no existe fuente sonora externa), dolor y fatiga auditiva.

Perturbación del sueño y todas sus consecuencias a largo y corto plazo  
Efectos cardiovasculares

Respuestas hormonales (hormonas del estrés) y sus posibles consecuencias sobre el metabolismo humano y el sistema inmune

Rendimiento en el trabajo y la escuela

Interferencia con el comportamiento social (agresividad, protestas y sensación de desamparo)

Interferencia con la comunicación oral.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y sus Estados miembros se han comprometido a limitar o reducir el número de las personas afectadas por niveles significativos de ruido de aeronaves y a limitar o reducir el impacto de las emisiones de los motores de las aeronaves en la calidad del aire local. La OACI y sus Estados miembros han tomado medidas importantes para mitigar el impacto del ruido en la calidad del aire local mediante la adopción de políticas, normas y orientaciones. Los Estados Unidos desean reconocer el progreso logrado en cada una de estas áreas y alentar las iniciativas ulteriores que conduzcan a mitigar las repercusiones del ruido en la calidad del aire local. (47)

## **2.14 GESTIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

El impacto acústico es el de mayor repercusión pública de todas las afecciones locales, manifestándose en un gran número de quejas de las comunidades de residentes en la vecindad de los aeropuertos. Unos 130 aeropuertos mundiales (105 de ellos europeos) en 27 países han adoptado medidas técnicas y/o económicas para controlar este efecto. La política de mitigación adoptada por OACI, bajo la denominación de **Aproximación equilibrada** (Balanced Approach), recomienda el estudio caso por caso de la situación en cada aeropuerto y aplicar la mezcla más eficiente de cuatro elementos: reducción de ruido en la fuente, optimización de procedimientos operativos, políticas de uso de suelo y restricción de operaciones de los aviones más ruidosos. La Unión Europea hizo suya esta política a partir del año 2003. (47)

### **Reducción de ruido en la fuente**

Los aviones civiles necesitan, para la obtención de su certificado de tipo y poder así entrar en servicio, realizar un complejo programa de ensayos, entre los que se encuentran algunos de certificación acústica, demostrando que los niveles de ruido emitidos no superan los máximos establecidos por el Anexo 16 al Convenio de Chicago. Los límites admisibles que figuran en el Anexo 16 los fija el Comité de Protección de medio ambiente (CAEP) de OACI y son función de la Masa Máxima de Despegue de la aeronave (MTOW). El objetivo de estas normas es fomentar la introducción de la mejor tecnología acústica disponible en los nuevos diseños de aeronaves civiles. En consecuencia, los requisitos van haciéndose más estrictos, siguiendo los progresos de la tecnología. La primera edición del Anexo 16 afectaba a los modelos certificados a partir de 1971, según el texto incluido en el Capítulo 2 del Anexo. Posteriormente aparecieron el Capítulo 3, más estricto, aplicable a partir de 1977, y el Capítulo 4, actualmente en vigor, desde el 1 de enero de 2006. En estos momentos el CAEP está discutiendo un futuro Capítulo 5 que, posiblemente, entraría en vigor alrededor del año 2020. El esquema de certificación mide el ruido en tres puntos, uno bajo la senda de despegue, otro bajo la trayectoria de aterrizaje y un tercero sobre una línea paralela al eje de la pista en unas condiciones de temperatura, humedad y viento predeterminadas. La unidad de medida elegida es el Decibelio Percibido Equivalente (EPNdB), que tiene en cuenta el nivel de molestia, los tonos puros del espectro de frecuencia y la duración del ruido. Diversos modelos, como el INM, permiten convertir un conjunto de movimientos aéreos en una huella o contorno acústico que facilita la evaluación del impacto a efectos de planificación aeroportuaria, pudiendo utilizarse para Planes Directores y otros usos de suelo.(47) (48)

Los aeropuertos, en la mayoría de los casos, pueden emplear los valores de ruido certificados para introducir restricciones de diferentes formas:

- Basándose en los diferentes capítulos del Anexo 16, prohibiendo el acceso de los modelos que no cumplan ciertos límites (en la Unión Europea no se aceptan modelos que no cumplan al menos con el Capítulo 3 desde abril de 2002) o introduciendo un sistema de tasas relacionadas con el ruido certificado, más oneroso para los modelos que tienen menos margen con respecto a los niveles de certificación, como en los aeropuertos franceses. (47)
- También pueden usar estas cifras para establecer categorías de niveles de ruido absolutos (no en función del MTOW). Heathrow y Barajas prohíben los vuelos nocturnos de aviones que no estén por debajo de límites establecidos por dos parámetros: el ruido certificado en aterrizaje y la media del ruido certificado en despegue y lateral. Este sistema penaliza claramente a las aeronaves de mayor tamaño. (46),(47)
- Un tercer sistema es el establecimiento de cuotas de ruido por temporadas de programación para cada línea aérea, concediendo autorizaciones a las compañías hasta alcanzar una cifra de ruido certificado acumulado, como hace Charles De Gaulle en todo el día y Barajas en período nocturno (23:00 a 07:00). En otros casos se prefiere el uso de valores de ruido reales, medidos por un sistema monitor, para controlar el ruido de movimientos individuales o el impacto colectivo:
- Colocación de un micrófono en uno o más puntos estratégicos, con un nivel máximo de ruido aceptable, como en el aeropuerto J. F. Kennedy de Nueva York, cuya superación implica primero multas y, si es un hecho reiterado, puede llegarse hasta la prohibición de operar un cierto tipo de avión.
- Penalización económica de los aviones más ruidosos dentro de una determinada categoría (por ejemplo, birreactores de 100 a 150 plazas), según la estadística del ruido medido en determinados puntos del recinto aeroportuario, como se hace en Frankfurt y en otros aeropuertos alemanes.
- Cumplimentación anual de una huella de impacto acústico global, pactada con las comunidades vecinas al aeropuerto y limitar de esta forma el número de movimientos permisible, procedimiento empleado en Ámsterdam. (47), (49)

## **Procedimientos operativos**

Las diferentes distribuciones de los espacios habitados alrededor de los aeropuertos pueden permitir el diseño de trayectorias y procedimientos operativos que aminoren el número de personas sujetas al ruido de los aviones. En despegue, algunos aeropuertos ordenan el uso de pistas preferentes y procedimientos especiales para los tipos de aviones más ruidosos, con reducciones de régimen de motor, si la seguridad lo permite, al sobrevolar núcleos de población. El problema es mayor en aterrizaje, puesto que el sistema de aproximación instrumental (ILS) exige mantener una aproximación rectilínea o de pendiente, en la fase final de la operación. Aparte de especificar pistas preferentes para aterrizajes nocturnos, algunos aeropuertos empiezan a requerir el uso de aproximaciones con descenso continuo (CDA), en las que el avión inicia el descenso en configuración de régimen mínimo de motor desde mucho antes que las aproximaciones regulares, reduciendo por tanto el impacto acústico. Igualmente, algunos aeropuertos prohíben el uso de inversores de empuje para ayudar a frenar el avión en períodos nocturnos y pueden restringir el uso de las unidades de potencia auxiliar (APU) y los rodajes de prueba de motores en ciertas zonas o a ciertas horas. Muchos aeropuertos han instalado un sistema de vigilancia acústica que, unido al seguimiento radar de las trayectorias, les permite determinar si cada operación se ajusta con precisión a las sendas de impacto acústico mínimo diseñadas para cada modelo de avión. En general, los infractores suelen ser multados. (47) (48)

## **Uso de suelo**

Fuera del recinto aeroportuario, las competencias sobre restricciones en el uso del suelo son normalmente competencia de los municipios vecinos, cuyas ordenanzas pueden limitar el tipo de uso de terrenos sometidos a unos ciertos niveles acumulativos de ruido. Generalmente estas restricciones se aplican empleando huellas acústicas y los aeropuertos pueden tener que sufragar los gastos de aislamiento acústico de viviendas e incluso el traslado de sus moradores a otros lugares. La prohibición de edificar viviendas en las zonas afectadas ocasiona una importante pérdida de valor de los terrenos, por lo que los propios ayuntamientos suelen ser los más interesados en reducir todo lo posible el impacto acústico de los aeropuertos. Aunque todas las cifras disponibles indican que, desde los años 70, pese a grandes niveles de incremento de tráfico, se ha producido una importante y continua disminución del número de personas seriamente afectadas por el ruido aeroportuario, esto no es homogéneo en todo el mundo y existen casos puntuales en los que el impacto acústico ha aumentado. Una consideración adicional a tener en cuenta es la creciente sensibilidad de la población al ruido

ambiente, considerando hoy como una molestia importante niveles de ruido tolerable hace unas décadas. (47) (50)

La clasificación más habitual de usos de suelo, en orden de ruido decreciente tiene 5 categorías:

- Zonas sin uso permitido, generalmente dentro del recinto aeroportuario.
- Zonas aceptables para usos agrícolas o ganaderos e instalaciones deportivas.
- Zonas para instalaciones industriales y empresas de servicios.
- Zonas aceptables para viviendas.
- Zonas de todo uso, incluidos hospitales y escuelas.

Algunos problemas técnicos para la zonificación provienen del hecho de que la unidad elegida para la certificación acústica de las aeronaves (EPNdB) no tiene traducción directa al dBA, que es la más usada en entornos urbanos. Toda la regulación de la Unión Europea de ruido acumulado durante un período de tiempo figura en niveles de ruido equivalentes (Leq), basados en dBA, lo que está haciendo que, poco a poco, la planificación aeroportuaria se traslade a esta unidad.(47)

### **Restricción de operaciones**

Los estados más desarrollados acostumbran a utilizar la normativa del Anexo 16 como un sistema para ir retirando los modelos más ruidosos, a medida que aparecen nuevos límites regulatorios, en una secuencia que primero prohíbe la fabricación, seguidamente la importación y finalmente la operación de tales aeronaves. Así, en los primeros años 90, la mayoría de los países de la OCDE prohibieron la operación de aviones sin certificado de ruido. Mientras que, entre 2000 y 2002, hicieron lo propio con aquellos que solo cumplían con los límites del

Capítulo 2. La aprobación por la Asamblea de OACI del Capítulo 4, aplicable a nuevos modelos certificados después el 01/01/2006, llevaba adjunta la condición de que no se emplease esa norma para propiciar la retirada forzosa de modelos que sólo cumpliesen el Capítulo 3. Pese a ello, numerosos aeropuertos (no países) están procediendo a restringir durante ciertos períodos el acceso de aviones %Capítulo 3 menos 5 EPNdB+u otros mecanismos semejantes.(45) (46)

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Determinar los principales efectos del ruido en la salud de los trabajadores aeroportuarios y en las comunidades circundantes a los aeropuertos.

### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Compilar información concreta y veraz sobre las alteraciones auditivas en los trabajadores relacionada con los sitios de trabajo en los aeropuertos.
- Suministrar evidencia científica para la toma de decisiones en beneficio tanto del empleador como del empleado; que se encuentra constantemente expuesto al ruido en los aeropuertos.
- Identificar los niveles de ruido a los cuales debe estar expuesto el trabajador para que ese efecto le ocasione daño en su salud.
- Identificar el impacto ambiental generado por el ruido de los aviones en las comunidades cercanas a los aeropuertos.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

Cualitativo

#### 4.2 TIPO DE ESTUDIO

Monografía de compilación

#### 4.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Bases de datos disponibles en biblioteca conquistadores de la universidad CES sobre alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido de aeropuertos.

#### 4.4 CONTROL DE SESGOS

No es posible controlar los sesgos y se asumen los riesgos de los datos tomados.

### 5. DISCUSIÓN

En Colombia, en el año 2015, el Ministerio de Salud suministró cifras estadísticas sobre las alteraciones auditivas en la población trabajadora exponiendo con estas una problemática, ya que aproximadamente el 10% de la población colombiana padecía problemas auditivos en el grupo etario de 25 a 50 años, donde el 14% de

esta población padecía hipoacusia severa o sordera debido a la exposición a ruido; sumado a esto, Colombia cuenta con más de 6 aerolíneas propias y más de 20 aerolíneas internacionales con destino Colombia, por lo que se tienen muchos trabajadores del gremio aeroportuario expuestos al ruido; por estos factores, se vio la necesidad de recopilar de diferentes fuentes la información sobre las principales alteraciones por el ruido en la salud de los trabajadores de aeropuertos y las comunidades cercanas.

Se debe tener en cuenta que las alteraciones de los trabajadores dependen de varios factores, no solo es por la exposición al ruido, también se ve afectada por la historia previa de cada persona, la vulnerabilidad individual, la dependencia o no en el aeropuerto, el puesto de trabajo, el tipo de aeronaves a las que van a estar expuestos, etc. Porque según la evidencia, los aviones más grandes y pesados producen más ruido que los más ligeros, pero cabe aclarar que en los aeropuertos pequeños donde transitan principalmente helicópteros, aviones pequeños y aviones privados se presenta una exposición constante de ruido en las operaciones de aterrizaje y despegue que pueden producir desde síntomas reversibles, hasta grandes daños en diferentes órganos de la superficie corporal.

Como ya se expuso, los efectos del ruido van a generar alteraciones no solo auditivas, como se conocen, sino que también se van a observar alteraciones a nivel motor, como son las contracciones musculares por la vibración generada en las operaciones de los aviones durante los ciclos de aterrizaje y despegue, vegetativo (aumento transitorio de la frecuencia cardíaca, vasoconstricción periférica como consecuencia aumento de la presión arterial, aceleración de los movimientos respiratorios, disminución de la función de las glándulas salivares y del tránsito intestinal, midriasis), endocrino (aumento de las catecolaminas y del cortisol) e inmunológico (disminución de la capacidad inmunitaria ligada a las alteraciones endocrinas).

Se añade que a pesar de ser la aviación una de las industrias con un sin número de investigaciones sobre el ruido generado por los aviones y la disminución del mismo, en la recolección de la información se presentó limitaciones en la búsqueda de la información sobre las alteraciones en la salud de los trabajadores de los aeropuertos; más que todo se encontraban los estudios realizados con referencia a la población adyacente a los aeropuertos, otro tipo de información era desactualizada por lo que se recomienda implementar estudios en Colombia sobre las alteraciones producidas por el ruido en los trabajadores de los diferentes aeropuertos y aerolíneas.

## **6. CONCLUSIONES**

Las personas con mayor riesgo de presentar enfermedades relacionadas con el ruido, son las que se encuentran en edad productiva, por lo cual es necesario contar con el programas de seguridad y salud en el trabajo en cada uno de los aeropuertos, en el cual se brinde constante proceso de capacitación y concientización a los trabajadores y habitantes de las zonas aledañas sobre los

riesgos del ruido sobre la salud y la utilización de elementos protección personal tanto en los trabajadores como en las fuentes y el medio, para así evitar que a largo plazo presenten patologías asociadas a dicha exposición.

Así mismo, procesos de higiene ambiental que les permita realizar controles permanentes en los niveles de exposición, detectar cuales son los puntos críticos de tal manera que se pueda tener un control del riesgo ya que sabemos que se debe asumir y buscar las estrategias necesarias para mitigar los daños tanto en los trabajadores como en las comunidades aledañas. De igual manera, en lo trabajadores realizar controles médicos periódicos en especial audio métricos que nos permitan detectar a tiempo los cambios y si los hubiera intervenirlos oportunamente.

Con la implementación de la vigilancia epidemiológica auditiva manejar para los aeropuertos y aerolíneas un mayor énfasis en la fuente como las aeronaves con tendencia a disminuir el ruido y el individuo utilizando los elementos de protecciones adecuados para cada exposición partiendo de las sonometrías, a los trabajadores q están directamente expuestos al ruido (aviones y plataforma) se deben realizar trimestralmente las audiometrías y los trabajadores menos expuestos (módulos y salas de espera) realizar audiometrías semestrales para realizar un seguimiento preventivo ante la exposición al ruido.

En los aeropuertos de menor tamaño, con menor confluencia de aviones y pasajeros, se tenga igual control que en los aeropuertos grandes ya que cada persona tiene un grado diferente de tolerancia al ruido y quizás con pequeñas exposiciones puedan desarrollar rápidamente alteraciones en su salud. Sabemos que en dichos aeropuertos son insuficientes las medidas que se tienen para mitigar el ruido y no hay un control estricto en los trabajadores en el cual se verifique la utilización de sus elementos de protección personal y con la falta de capacitación desconocen los riesgos que esto puede ocasionar en su salud.

Si se logran acortar las jornadas de trabajo, rotar los puestos de trabajo en el cual está la mayor exposición directa, podemos disminuir la incidencia de patologías a largo plazo.

Se identificó que la exposición al ruido no solo causa alteraciones en la audición de los trabajadores, sino que afecta la salud de forma sistémica (aumento de la frecuencia cardiaca, vasoconstricción periférica como consecuencia del aumento de la presión arterial, aceleración de la respiración, alteraciones hormonales, disminución de la función intestinal, midriasis, estrés, insomnio, disminución de las defensas.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

1. Hernández Díaz A, Méndez G, M B. Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. Med Secur Trab. Septiembre de 2007; 53(208):09-19.

2. OMS | «Escuchar sin riesgos!» [Internet]. WHO. [Citado 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/topics/deafness/safe-listening/es/>
3. Prevención de enfermedades profesionales - wcms\_204788.pdf [Internet]. [Citado 6 de mayo de 2016]. Disponible en: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms\\_204788.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_204788.pdf)
4. Ángela Medina Medina, Gloria Isabel Velásquez Gómez, Laura Giraldo Vargas, Luis Miguel Henao Ayora, Elsa María Vásquez Trespalcios. Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. 20 Septiembre 2013. 4:116-24.
5. Ruido excesivo en entornos, una de las principales causas para pérdida auditiva [Internet]. [Citado 6 de mayo de 2016]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Ruido-excesivo-en-entornos-una-de-las-principales-causas-para-perdida-auditiva.aspx>
6. ministerio de salud. Resolución 8321 de 1983 [Internet]. [Citado 20 de febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6305>
7. NATURALEZA Y EFECTOS DEL RUIDO [Internet]. [Citado 6 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/47.pdf>
8. Full Text PDF [Internet]. [Citado 4 de mayo de 2016]. Disponible en: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/123456789/116/1/MOY\\_JORGE\\_RUIDO\\_DE\\_AEROPUERTOS.pdf](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/123456789/116/1/MOY_JORGE_RUIDO_DE_AEROPUERTOS.pdf)
9. Martínez Llorente J, Peters J. Contaminación acústica y ruido. Madrid: Ecologistas en Acción; 2013.
10. Prevención Primaria, Secundaria y Terciaria | [Internet]. [Citado 22 de febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/actualidad-laboral/prevencion-primaria-secundaria-y-terciaria/>
11. Page1.pdf - wcms\_125164.pdf [Internet]. [Citado 13 de julio de 2017]. Disponible en: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_125164.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_125164.pdf)
12. TESIS DOCTORAL - zotero: //attachment/188/ [Internet]. [Citado 15 de marzo de 2017]. Disponible en: zotero: //attachment/188/

13. Deterioro Auditivo inducido por el Ruido [Internet]. [Citado 30 de octubre de 2016]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1224524.pdf>
14. Deterioro Auditivo inducido por el Ruido [Internet]. [Citado 30 de octubre de 2016]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1224524.pdf>
15. Full Text PDF [Internet]. [Citado 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v53n208/original2.pdf>
16. Noise pollution associated with the operation of the Dar es Salaam International Airport - ScienceDirect [Internet]. [Citado 16 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com.bdigital.ces.edu.co:2048/science/article/pii/S1361920998000248>
17. Noise pollution associated with the operation of the Dar es Salaam International Airport - ScienceDirect [Internet]. [Citado 16 de junio de 2017]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com.bdigital.ces.edu.co:2048/science/article/pii/S1361920998000248>
18. Ochoa Tarira FX. Incidencia de sintomatología no auditiva en trabajadores con trauma acústico en la empresa EMSA Serviseair. 2014 [citado 1 de mayo de 2016]; Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3875>
19. Ángela Medina Medina, Gloria Isabel Velásquez Gómez, Laura Giraldo Vargas, Luis Miguel Henao Ayora, Elsa María Vásquez Trespacios. Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. 20 Septiembre 2013. 4:116-24.
20. DLE: sonido - Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario [Internet]. [Citado 28 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=YMV5Hqd>
21. FSICA DEL SONIDO - zotero: //attachment/114/ [Internet]. [Citado 16 de noviembre de 2016]. Disponible en: zotero: //attachment/114/
22. Márquez\_Mayaudón E. El ruido y sus efectos. Salud Pública México. 2014; 18(4):685\_690.
23. Donis-Andrea.pdf [Internet]. [Citado 27 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/09/03/Donis-Andrea.pdf>
24. Gil Hernández F. Tratado de medicina del trabajo. Barcelona: Masson; 2011.

25. Márquez\_Mayaudón E. El ruido y sus efectos. Salud Pública México. 2014; 18(4):685\_690.
26. Microsoft Word - Fisiologia Audicion Cap. 2.doc - fisiologia\_audicion\_.pdf [Internet]. [Citado 27 de noviembre de 2016]. Disponible en: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisiologia\\_audicion\\_.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisiologia_audicion_.pdf)
27. Microsoft Word - CH2\_V3.doc - Sonido y Audicion.pdf [Internet]. [Citado 29 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Sonido%20y%20Audicion.pdf>
28. Microsoft Word - CH2\_V3.doc - Sonido y Audicion.pdf [Internet]. [Citado 29 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Sonido%20y%20Audicion.pdf>
29. FSICA DEL SONIDO - Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf [Internet]. [Citado 29 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentacion/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>
30. Microsoft Word - N.- Tema 6.doc - 6.-Audición-y-Vuelo.pdf [Internet]. [Citado 15 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.semae.es/wp-content/uploads/2011/11/6.-Audici%C3%B3n-y-Vuelo.pdf>
31. Apuntes de Otorrinolaringología [Internet]. [Citado 6 de mayo de 2016]. Disponible en: [http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/otorrino/otorrino\\_a011.html](http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/otorrino/otorrino_a011.html)
32. Microsoft Word - Fisiologia Audicion Cap. 2.doc - fisiologia\_audicion\_.pdf [Internet]. [Citado 29 de noviembre de 2016]. Disponible en: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisiologia\\_audicion\\_.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-logo/fisiologia_audicion_.pdf)
33. - anatomia y fisiologia de la audicion.pdf [Internet]. [Citado 29 de noviembre de 2016]. Disponible en: [http://www.ceesordosjerez.es/form\\_profesorado/anatomia%20y%20fisiologia%20de%20la%20audicion.pdf](http://www.ceesordosjerez.es/form_profesorado/anatomia%20y%20fisiologia%20de%20la%20audicion.pdf)
34. LaDou J, Harrison R. Current occupational & environmental medicine. New York: McGraw-Hill; 2014.
35. Portada. - guía\_técnica\_ruido.pdf [Internet]. [Citado 25 de junio de 2017]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa\\_t%C3%A9cnica\\_ruido.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_ruido.pdf)

36. Portada. - guía\_técnica\_ruido.pdf [Internet]. [Citado 16 de julio de 2017]. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa\\_t%C3%A9cnica\\_ruido.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_ruido.pdf)
37. Untitled-6 - RUIDO.PDF [Internet]. [Citado 25 de junio de 2017]. Disponible en: [https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas\\_guias/RUIDO.PDF](https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_guias/RUIDO.PDF)
38. Colombia, Ministerio de la Protección Social, Pontificia Universidad Javeriana, Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales. Guía de atención integral de salud ocupacional basada en la evidencia para trabajadores expuestos a benceno y sus derivados GATISO-BTX-EB). Bogotá (Colombia: El Ministerio; 2008).
39. TESIS DOCTORAL - AMSB\_TESIS.pdf [Internet]. [Citado 13 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41999/3/AMSB\\_TESIS.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/41999/3/AMSB_TESIS.pdf)
40. NORMA TÉCNICA PARA EL CONTROL DE RUIDO DE AEROPUERTOS - PDF [Internet]. [Citado 7 de febrero de 2017]. Disponible en: <http://docplayer.es/18258155-Norma-tecnica-para-el-control-de-ruido-de-aeropuertos.html>
41. 15-marco-normativo.pdf [Internet]. [Citado 7 de febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/15-marco-normativo?download=267:propuesta-de-norma-de-ruido-de-aeropuertos&start=20>
42. APENDICE\_RAB\_36.pdf [Internet]. [Citado 16 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://www.dgac.gob.bo/PropuestaEnmienda/RAB\\_36%2021%2003%202013/APENDICE\\_RAB\\_36.pdf](http://www.dgac.gob.bo/PropuestaEnmienda/RAB_36%2021%2003%202013/APENDICE_RAB_36.pdf)
43. OBSA [Internet]. [Citado 16 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.obsa.org/PaginasOBSA/Navegacion/DetalleDirectorio.aspx?IDDiretorio=271>
44. Microsoft Word - S13-2652.DOCX - wp070\_es.pdf [Internet]. [Citado 16 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/WP/wp070\\_es.pdf#search=ruido](http://www.icao.int/Meetings/a38/Documents/WP/wp070_es.pdf#search=ruido)
45. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad - 0000199659ESes+Airports-+rev+cc.pdf [Internet]. [Citado 16 de marzo de 2017]. Disponible en: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/8d1f930048855843bf84ff6a6515bb18/0000199659ESes%2BAirports-%2Brev%2Bcc.pdf?MOD=AJPERES>

46. RUIDO Y SALUD - get\_file [Internet]. [Citado 16 de marzo de 2017]. Disponible en: [http://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824](http://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824)
47. 1 - INVE\_MEM\_2012\_133532.pdf [Internet]. [Citado 25 de junio de 2017]. Disponible en: [http://oa.upm.es/20345/1/INVE\\_MEM\\_2012\\_133532.pdf](http://oa.upm.es/20345/1/INVE_MEM_2012_133532.pdf)
48. APU .: Universidad CES [Internet]. [Citado 7 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com.bdigital.ces.edu.co:2048/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=aa438ba9-1dc4-4f86-9fc9-ef3948ac280f%40sessionmgr4010&hid=4205>
49. Occupational noise-induced hearing loss among workers at Jomo Kenyatta International Airport, Nairobi | Anino | East African Medical Journal [Internet]. [Citado 6 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.ajol.info/index.php/eamj/article/view/60599>
50. Occupational noise-induced hearing loss among workers at Jomo Kenyatta International Airport, Nairobi | Anino | East African Medical Journal [Internet]. [Citado 6 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.ajol.info/index.php/eamj/article/view/60599>
51. Rivera M, Carlos J. Ruido de aeropuertos : estudio del problema del ruido en el Aeropuerto Jorge Chávez, situación actual y propuesta de solución. 9 de mayo de 2011 [citado 4 de mayo de 2016]; Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/116>