

ESTIMACIÓN DEL RIESGO AUDITIVO POR LA EXPOSICIÓN A NIVELES
SONOROS ALTOS EN LOS ENSAYOS MUSICALES.

DINO LEANDRO TOVAR DIAZ

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA DE SONIDO
BOGOTÁ DC. COLOMBIA
2004

ESTIMACIÓN DEL RIESGO AUDITIVO POR LA EXPOSICIÓN A NIVELES
SONOROS ALTOS EN LOS ENSAYOS MUSICALES.

DINO LEANDRO TOVAR DIAZ
Estudiante de ingeniería de sonido

Proyecto de grado

Tutores
ALEXANDRA REYEROS
LUIS JORGE HERRERA

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA DE SONIDO
BOGOTÁ DC. COLOMBIA
2004

Dedicado a mi familia y a las personas que colaboraron en la elaboración de este trabajo sin esperar nada a cambio, analizando que el trabajo simplemente se realizara con la mayor facilidad. A los que se tomaron un poco de su tiempo para corregir y evaluar.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere expresar sus agradecimientos a:

Los integrantes de cada una de las agrupaciones musicales, Juan Manuel, Ronald, Rocky, Kgator (OCCISOR), Juan, Eder, Ricardo (Invader Path), Oscar, Briham, Diego, William (INCARNATED), a los integrantes de la agrupación de rock de la Universidad San Buenaventura y al trío musical del la USB. Por su colaboración y tiempo dedicado en el tiempo de las mediciones, a la estudiante de Fonoaudiología Juliana Castro. Un agradecimiento al profesor Luís Jorge Herrera por las recomendaciones y correcciones, además por tomar un poco de su tiempo a sabiendas de lo ocupado que es. Gracias a la Universidad San Buenaventura por aportar el equipamiento necesario y a todas aquellas personas que colaboraron pero se me escapan en este momento.

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO

INTRODUCCION	8
1. PLANTEAMIENTO	11
1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA	11
1.2. ELEMENTOS DEL PROBLEMA	12
1.2.1. Elementos explícitos	12
1.2.2. Elementos implícitos	12
1.3. JUSTIFICACION	13
1.4. OBJETIVOS	15
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	16
1.6. PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6.1. PROPÓSITO INTRAINSTITUCIONAL	17
1.6.2. PROPÓSITO INTER Y EXTRAINSTITUCIONAL	17
2. MARCO DE REFERENCIA	18
2.1. MARCO CONCEPTUAL	18
2.2. MARCO LEGAL	19
2.3. MARCO TEÓRICO	27
3. METODOLOGÍA	48
3.1. Enfoque de la investigación	48
3.2. Línea de investigación de la USB/línea de la facultad/campo temático del programa	48
3.3. Técnica de recolección de datos	49
3.4. Población y muestra	49

3.5. Hipótesis	50
3.6. Variables	51
3.6.1. Variable dependiente	51
3.6.2. Variable independiente	51
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
5. DESARROLLO INGENIERIL DEL PROYECTO	57
6. CONCLUSIONES	82
7. BIBLIOGRAFÍA	84
8. ANEXOS	85

ESTIMACIÓN DEL RIESGO AUDITIVO POR EXPOSICIÓN A NIVELES SONOROS ALTOS EN LOS ENSAYOS MUSICALES.

INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de estudio que abarca la acústica se comprenden algunas manifestaciones como lo son el análisis acústico de un recinto cerrado, la grabación, mezcla de un producto musical, los niveles adecuados de exposición al ruido que deberían tener todas las personas, entre otros. Lo concreto es que nunca se han preguntado en verdad cuánto perderán auditivamente si siguen con una rutina de exposición, la cual no es moderada y sobrepasa lo que su organismo resiste sin ocasionar daños.

La pérdida de audición técnicamente es llamada desplazamiento del umbral de audición y lo que se quiere con esta investigación es llegar a un estudio en donde se discrimine la verdadera disminución (medida en decibeles), que el músico puede llegar a tener si continuara constantemente expuesto a niveles altos en sus ensayos musicales. Es por eso, que no se quiere llegar a un análisis subjetivo, el cual diga únicamente que el individuo esta quedando sordo; más que eso, lo ideal es poder informarle a la persona cuanto está perdiendo, directamente con las mediciones y los análisis correspondientes, para que el mismo paciente sea juez de lo que está ocurriendo con su audición. Para el desarrollo de los datos se usarán análisis estadísticos ya determinados basados en la norma ISO1999, algunos ejemplos realizados por ingenieros argentinos y la teoría aprendida a lo largo de los estudios de acústica practicados en clase. Por lo tanto el proyecto no se enfocará en como se realizó la norma, sino de que manera podemos aplicarla. Como segunda intención del proyecto, cuando se encuentre terminado será, de

gran utilidad, convertirlo en un manual y así mismo toda persona ya sea músico o trabajador recurra a ella y conozca los riesgos auditivos que le generan sus actividades.

Por otra parte la constante exposición a niveles de presión sonora muy altos, lleva a la pérdida prematura de la audición. Aquellas personas que pertenecen a bandas, orquestas y otros grupos musicales, se exponen a sonidos por encima de los 90 dB en más de dos horas de sesión, ocasionando pérdidas irreparables en su oído.

Con la toma de mediciones y algunos datos obtenidos bibliográficamente que al ser graficados demuestran la pérdida de audición con diferentes SPL y en determinado tiempo, se facilita la comparación con algunas personas que fueron encuestadas, permitiendo verificar experimentalmente los perjuicios que hasta el momento han tenido por su constante rutina. Dentro de los encuestados se encontrarán intérpretes de rock pesado como músicos de tendencias más suaves, esto con el fin de analizar los problemas que en particular cada género conlleva.

Las mediciones se realizan en las instalaciones de la Universidad de San Buenaventura, con los grupos musicales que existen y fuera de ella con otras agrupaciones musicales. La encuesta consiste en preguntar a los músicos el número de veces que ensayan a la semana y cuánto tiempo tocan por sesión; con el fin de elaborar una estadística y demostrarles los daños que presentan o pueden llegar a tener.

Una de las causas más importantes de la pérdida de audición es la edad, por tanto, la pérdida de la misma es consecuencia natural del envejecimiento. La capacidad para oír comienza a deteriorarse entre los 30 y 40 años, cuanto más se envejece mayor es el problema auditivo. Sin embargo, algunos estudios sugieren que más de la mitad de las personas con deficiencias de audición están en edad laboral.

Otra causa común de pérdida de audición es la exposición al ruido. El ruido puede provenir del lugar de trabajo o de la exposición voluntaria al mismo. Pero algunos individuos que en particular se dedican a la música, ignoran los perjuicios que su constante labor les puede llegar a ocasionar.

Este proyecto consiste en una evaluación cuantitativa basada en la norma ISO 1999, que permita verificar datos obtenidos por medio de la práctica y compararlos con información ya establecidos por leyes en vigencia, y así mismo sugerir al músico del uso de protectores auditivos.

1. PLANTEAMIENTO

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Cuando es analizada la situación de aquellas personas que han estado expuestas a diversas manifestaciones de ruido, se comprende que las causas más comunes para sufrir un trauma acústico son inconmensurables, no obstante el proyecto se direccionará a una causa en particular; la cual es la pérdida auditiva por la constante exposición a los ensayos musicales, causa primordial que conlleva la falta de información acerca del riesgo causado, por tanto se puede denominar como causas menores:

1. El no uso de protectores auditivos.
2. Falta de información de normas vigentes.
3. Exceso de nivel sonoro en los ensayos musicales.
4. Exagerada rutina y tiempo de exposición.

El problema tiene como consecuencia malestar emocional, estrés y algunas degradaciones auditivas, las más comunes son:

1. Anacusia (oído derecho, oído izquierdo), o pérdida total de la audición, evaluada mediante un examen que determina el nivel de audición (audiometría).
2. Hipoacusia: que es la pérdida parcial de la escucha generada por el desplazamiento el umbral auditivo debido a una exposición peligrosa a una emisión acústica

3. Tinnitus: (Estado de oscilación del canal auditivo): El tintineo, es la sensación de escuchar un tono constante debido al deterioro de las células neuronales involucradas con las escucha.
4. Presbiacusia o pérdida de audición por el deterioro degenerativo del oído, o sea es una enfermedad relativa a la edad de la persona.

Por lo anterior nos centraremos a responder en este proyecto, ¿Cuál será el desplazamiento del umbral de audición de un grupo de personas que se encuentran constantemente expuestas a niveles sonoros altos, debido a sus ensayos musicales con amplificación?

1.2. ELEMENTOS DEL PROBLEMA

1.2.1. Elementos explícitos

1. Técnicas de medición.
2. Tipos de enfermedades que se adquieren.
3. Implementos necesarios.

1.2.2. Elementos implícitos

1. Norma acústica a utilizar ((ISO 1999).
2. Audiometría en algunos músicos.
3. Protección auditiva adecuada.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Se considera que es de importancia el conocer la pérdida auditiva que se tiene por la exposición a niveles sonoros muy altos, además es importante tener un recurso; que en este caso es un documento escrito, en donde cualquier persona puede llegar a investigar.

El interés depende del campo de acción de la persona. Este documento se encuentra enfocado hacia los músicos que ensayan constantemente y para algunos asistentes a los ensayos. No obstante los resultados obtenidos deben ser considerados por aquellas personas que se encuentran expuestas a niveles sonoros elevados; como lo pueden ser obreros, personas con que trabajan con maquinaria y otros.

La originalidad del proyecto se debe que en Colombia no hay normas preestablecidas, además ningún estudiante de ingeniería de sonido se ha encargado de analizar objetivamente estos temas, es decir nadie ha dado resultados de mediciones, solamente estimaciones subjetivas.

Se considera de gran utilidad para quienes tengan una agrupación musical y quieran de alguna manera evitar riesgos auditivos conociendo ejemplos de otros grupos y utilizando la protección adecuada.

En Colombia es difícil encontrar documentos concernientes al tema, se ha realizado la correspondiente averiguación de “papers” y documentos, y lo que se encuentra son normas acerca de ruido laboral; siendo estas muy superficiales y erróneas en algunos datos los cuales no caben relevar en estos momentos. Es necesario recurrir a otros países como Chile y Argentina y de alguna manera

aplicar sus normas para la continuidad del proyecto.

1.4. OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar cuantitativamente la pérdida auditiva sobre un grupo de músicos quienes están constantemente expuestas a niveles sonoros altos a partir de la norma ISO 1999.

Objetivos específicos:

Como objetivos se tendrán:

1. Llevar a cabo un análisis cuantitativo sobre la pérdida auditiva en un grupo de músicos enfocados en el rock.
2. Referenciar los diferentes tipos de daños y analizar sus causas (análisis cualitativo).
3. Explicar a un grupo de personas las precauciones a tomar para evitar traumatismos acústicos.
4. Recopilar la información teórica – práctica (datos medidos e información) y convertir el paper en un trabajo explicativo, donde se muestren los tiempos recomendados de niveles de SPL a los que se deben encontrar expuestos.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

El impacto que se quiere para con este proyecto, es crear una conciencia de protección, lo cual se logrará mediante una guía, en donde se especifique los problemas auditivos que se generará a causa de una constante exposición al ruido. El proyecto tiene la importancia de prevenir a muchísimos músicos que ensayan a niveles sonoros exagerados y que no encuentran la manera de proteger sus oídos.

LIMITACIONES

Una de las dificultades es adquirir el equipamiento de medición, ya que es necesario el sonómetro y su utilización fuera de la universidad en horas de la noche; esto debido a que la mayoría de las bandas ensaya de 7:00 PM en adelante. Otra limitación que se puede encontrar en el trabajo, es la elaboración de las audiometrías a algunos músicos, ya que este es un procedimiento que requiere un personal adecuado para su desarrollo y es de un costo elevado.

1.6. PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito de la investigación es llegar a elaborar una guía informativa de la pérdida auditiva que se generará en los músicos de las agrupaciones encuestadas y que pertenecen a las tendencias musicales más conocidas del momento. Mostrando ejemplos y los resultados obtenidos en las mediciones se elaborará dicho manual.

1.6.1. PROPÓSITO INTRAINSTITUCIONAL

En la Universidad San Buenaventura, específicamente en la facultad de Ingeniería de Sonido, la mayoría de sus estudiantes se encuentran relacionados con agrupaciones musicales; específicamente de rock, ya sea como sus integrantes o como asistentes. En los ensayos los músicos no tienen la precaución de proteger sus oídos ya sea utilizando protección auditiva o bajando el nivel de amplificación. Por tal razón, al mostrar ejemplos de agrupaciones las cuales se encuentran en circunstancias similares y que llegarían a presentar problemas auditivos, se pretende concienciar, mediante los resultados de mediciones acerca de los cuidados que deben tener con sus oídos.

1.6.2. PROPÓSITO INTER Y EXTRAINSTITUCIONALES

En Bogotá, en otras universidades y en cualquier entidad interesada en el tema, se encuentra la posibilidad de dar charlas, conferencias y talleres, del debido cuidado que se debe tener con las exposiciones a niveles sonoros altos por los ensayos musicales principalmente, u otros factores relacionados con el ruido si se requiere.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

Una de las primeras cosas que la gente se pregunta cuando se le informa que el ruido constituye un estímulo degenerativo es ¿cuánto ruido hace falta, realmente, para afectar negativamente al ser humano?

La respuesta no es sencilla, dado que los efectos del ruido involucran múltiples aspectos de la salud y el bienestar.

El ruido se puede definir como cualquier estímulo acústico que interfiere con las actividades y el descanso del ser humano, cualquier nivel de ruido afecta a las personas (sino, no sería ruido). Sin embargo, a menudo el ruido se tolera mejor cuando se lo considera inevitable. El ruido de la lluvia, por ejemplo, resulta mucho más aceptable que el de las gotas que caen de una canilla que gotea. En general los ruidos repetitivos son más molestos que los aleatorios.

Pero cuando se consideran los efectos cuantificables, las investigaciones han revelado que existe una fuerte correlación entre la intensidad física del estímulo y la magnitud del efecto. Esto es particularmente cierto en relación con la disminución auditiva. Durante décadas se han investigado ampliamente diversos grupos de operarios industriales y se desarrollaron diversos criterios de valuación de situaciones específicas.

Un término importante a tener en cuenta es el umbral de audición, el cual significa el mínimo nivel sonoro audible.

QUE ES AUDIOMETRIA?

Es una prueba que intenta comprobar cuánto somos capaces de oír.

Se puede realizar de dos formas:

1. Vía aérea: Se llama de esta forma cuando se mide la capacidad para oír sonidos o ruidos recibidos a través del aire. Se usan unos auriculares para presentar los sonidos.
2. Vía ósea: Mide la capacidad para oír sonidos o ruidos a través de los huesos de la cabeza. Se usa un altavoz especial que emite vibraciones.

En una audiometría normal se presentan sonidos o ruidos que van desde los 250 Hz a los 8000Hz de frecuencia. El habla se emite en estos niveles, por eso son los más importantes para medirlos.

2.2. MARCO LEGAL

ISO 7029 (1999)

Terminología

A los efectos de la Norma, se utiliza la siguiente terminología y simbología:

1. L_{pA} Nivel de presión sonora compensado A (nivel sonoro A). La compensación A consiste en un filtro que atenúa las componentes más graves (baja frecuencia) y más agudas (alta frecuencia) antes de la medición propiamente dicha, bajo la hipótesis de que su efecto es menos perjudicial.
2. $L_{Aeq,T}$ Nivel de presión sonora compensado A continuo equivalente (nivel sonoro continuo equivalente). Es el nivel sonoro promediado durante un tiempo T.

3. $L_{EX, 8h}$ Nivel de exposición a ruido referido a 8 horas. Es el nivel sonoro de un ruido constante durante 8 horas que produce el mismo efecto que el ruido dado durante el tiempo efectivo en que éste tiene lugar.
4. H Desplazamiento del umbral auditivo debido a la edad.
5. N Desplazamiento del umbral auditivo debido al ruido.
6. H' Desplazamiento del umbral auditivo debido a la edad y al ruido.
7. Q Fractil (fracción de la población con peor audición que una dada).

El parámetro que permite medir o expresar el grado de deterioro auditivo es el *desplazamiento del umbral*, es decir, el incremento del mínimo nivel de presión sonora audible. Este desplazamiento del umbral depende de la frecuencia, y puede depender además de multitud de factores. A los fines de esta Norma, los factores que se consideran son el sexo, la edad y la exposición al ruido.

Desplazamiento permanente del umbral debido al ruido

Consideremos ahora el desplazamiento del umbral debido a la exposición sistemática al ruido. En este caso se consideran dos factores: la intensidad de la exposición, expresada a través del nivel de exposición referido a 8 horas, $L_{EX, 8h}$, y su extensión, en años. Es interesante destacar que se efectúa aquí la abstracción de suponer que el intervalo es independiente de la edad. Luego se indicará cómo tener en cuenta simultáneamente el efecto del ruido y de la edad.

Si bien la Norma ISO 1999 se refiere con detenimiento a la determinación de $L_{EX, 8h}$, aquí mencionaremos solamente que dicho nivel puede obtenerse directamente con un sonómetro integrador en caso de que la duración de la jornada laboral sea de 8 horas, restando 3 dB por cada disminución a la mitad de la jornada o exposición semanal (sobre una base de 5 días por semana). Así, en el caso de un disk jockey que trabaja expuesto a 102 dBA durante 4 horas los días viernes y sábado y durante 2 horas los domingos, dado que está expuesto la cuarta parte

del tiempo nominal (10 horas semanales en lugar de 40), debe restarse 3 dB dos veces, obteniéndose un nivel de exposición de $102 - 6 = 96$ dBA

Al igual que antes, puede obtenerse la mediana $N_{0,5}$, ahora en función de la frecuencia, la edad y el nivel de exposición $L_{EX, 8h}$. N_Q no depende del sexo.

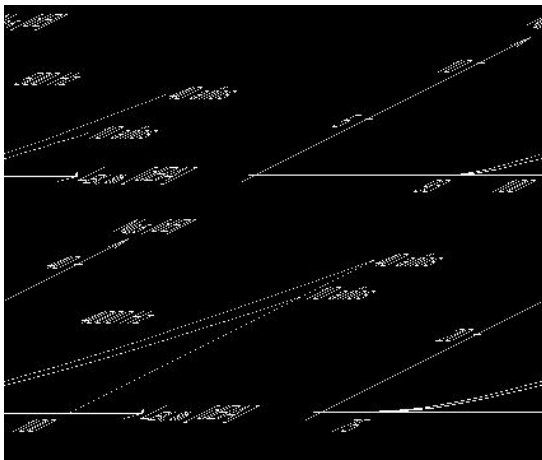


Figura 1. Mediana del desplazamiento temporal debido al ruido como función del nivel de exposición $L_{EX, 8h}$ y el tiempo de exposición, para dos frecuencias.

Las curvas anteriores demuestran que las frecuencias cercanas a 4000 hz. Son afectadas mucho más rápidamente que las bajas frecuencias. También muestran que a mayor tiempo de exposición mayor el deterioro. Finalmente, se observa que para cada frecuencia existe un nivel de exposición "seguro", es decir que por debajo de él la percepción de dicha frecuencia no se verá afectada (o lo que es lo mismo, el umbral no experimentará desplazamientos. Así, por debajo de 93 dBA, no existen efectos perjudiciales sobre los 500 Hz. Pero habrá que descender hasta los 75 dBA para evitar deterioro en la región de los 4000 Hz.

Igual que para el caso de H, la Norma ISO 1999 prosigue describiendo un método de cálculo para determinar los desplazamientos del umbral correspondientes a

otros fractiles, que omitiremos. En la práctica es posible recurrir a las tablas consignadas en el Anexo E. A modo de ejemplo, en la Tabla 2 se incluyen los valores correspondientes a las frecuencias 1000 Hz, 2000 Hz Y 4000 Hz. Para exposiciones durante 10 y 40 años y fractiles 0,90, 0,50 y 0,10 cuando $L_{EX, 8h} = 90$ dBA, es decir la exposición que toleran las reglamentaciones de muchos países, entre ellos la Argentina.

Tabla 1. Desplazamiento del umbral debido al ruido, N_Q , en dB, para diversas frecuencias, exposiciones y fractiles, siendo $L_{EX, 8h} = 90$ dBA.

Frecuencia [Hz]	Duración de la exposición [años]					
	10			40		
	0,90	0,50	0,10	0,90	0,50	0,10
1000	0	0	0	0	0	0
2000	0	2	6	4	6	10
4000	7	11	15	11	15	20

Vemos, por ejemplo, que un 10% de los individuos expuestos durante 40 años a 90 dBA de carácter laboral desarrollarán un desplazamiento permanente del umbral de 20 dB o más en la frecuencia 4000 Hz. (Sin tener en cuenta aún el efecto de la edad).

Desplazamiento permanente del umbral debido al ruido y a la edad

Llegamos finalmente a la combinación de los dos efectos: el de la edad y el del ruido. Podría pensarse que simplemente se suman, y de hecho es lo que sucede para desplazamientos del umbral pequeños. Para desplazamientos considerables, esta aproximación no es válida y entonces debe aplicarse la fórmula siguiente:

Que para un fractil Q dado se convierte en

El término $HN/120$ tiene en cuenta que para desplazamientos grandes, el efecto ulterior de un agravante (como lo es el ruido) no es tan importante como cuando el desplazamiento es relativamente menor.

	Edad años					
	40			60		
frecuencia (hz,)	0,9	0,5	0,1	0,9	0,5	0,1
1000	-5	2	11	-2	7	19
2000	-6	3	15	-1	12	29
4000	-4	8	23	7	28	25

Tabla 2. Tabla de tiempo de exposición vs. Frecuencias.

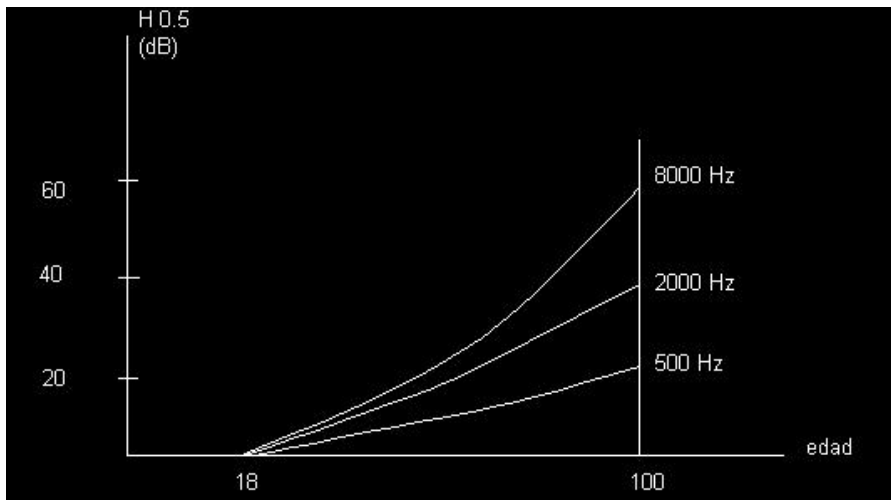


Figura 2. Desplazamiento del umbral de audición debido a la edad por frecuencias.

A manera de ejemplo, supongamos una población de varones de 60 años expuestos laboralmente desde los 20 a 90 dBA. Nos interesa saber cuál es la mediana del desplazamiento y el desplazamiento correspondiente al fractil 0,1. Considerando que esta población acumulará una exposición de $60 - 20 = 40$ años, en el primer caso podemos escribir:



Y en el segundo



Es decir, un 50% de los individuos expuestos al régimen citado tendrá una pérdida de alrededor de 40 dB en la frecuencia 4000 Hz, mientras que un 10 % de tales individuos habrán perdido 66 dB.

Comentarios finales

Debemos tener en cuenta que esta Norma no establece un criterio específico en cuanto a aceptabilidad de un determinado desplazamiento del umbral. En ese sentido, no permite obtener directamente la proporción de individuos afectados ante determinada intensidad y extensión de exposición a ruido, ya que no define qué significa "afectado". Se limita, por consiguiente, a establecer la distribución estadística de los desplazamientos auditivos correspondientes a dicha exposición sin pretender valorarlos.

Existen, desde luego, tales criterios, algunos sostenidos por legislaciones u otros por sociedades científicas, pero no forman parte de la Norma Internacional ISO 1999, la cual deja explícitamente libertad al usuario para seleccionar el criterio que más le convenga.

Un criterio que goza de bastante aceptación es el que considera hipoacúsico a un individuo que exhibe un desplazamiento del umbral promedio de 25 dB entre las frecuencias 500 Hz, 1000 Hz Y 2000 Hz, Ya que este criterio concuerda bastante bien con el de hipoacusia funcional respecto a la inteligibilidad de la palabra.

Con este criterio es posible determinar el fractil de la población que puede considerarse hipoacúsico ante una exposición de características dadas. La diferencia entre los fractiles correspondientes al efecto combinado de la edad y el ruido y al efecto sólo de la edad se denomina *riesgo de deterioro auditivo debido al ruido*. (3)

Legislación en relación al ruido

NPSeq [dB (A) lento]	Tiempo de Exposición por Día		
	Horas	Minutos	Segundos
80	24.00		
81	20.16		
82	16.00		
83	12.70		
84	10.08		
85	8.00		
86	6.35		
87	5.04		
88	4.00		
89	3.17		
90	2.52		
91	2.00		
92	1.59		
93	1.26		
94	1.00		
95		47.40	
96		37.80	
97		30.00	
98		23.80	
99		18.90	
100		15.00	
101		11.90	
102		9.40	
103		7.50	
104		5.90	
105		4.70	
106		3.75	
107		2.97	
108		2.36	
109		1.88	
110		1.49	
111		1.18	
112			56.40
113			44.64
114			35.43
115			29.12

Tabla 3. Tabla de nivel de presión sonora vs. Tiempo de exposición por día.

2.3. MARCO TEÓRICO

Anatomía y Fisiología del Oído.

El oído es uno de los órganos sensoriales que nos permite percibir los estímulos a distancia, es decir, acceder a la información procedente del medio ambiente que llega a nosotros como ondas sonoras producidas por una gran variedad de fuentes, entre ellas: maquinaria, artefactos, vehículos, objetos, instrumentos musicales, la voz humana, entre otros.

En muchas ocasiones, gracias a la audición, podemos proteger nuestro cuerpo de diversas agentes nocivas, generando conductas de alerta o evitación ante un sonido que nos indica el peligro. Además de interaccionar de manera más eficiente con nuestro entorno, la audición nos facilita crear relaciones interpersonales con nuestros semejantes; nos permite la comunicación, proporcionando un canal de entrada para el lenguaje oral, así como la retroalimentación de nuestra propia producción de habla. Por estas razones, resulta de suma importancia la indemnidad tanto del órgano de la audición, como la de estructuras del sistema nervioso central que permiten la interpretación de los estímulos sonoros.

Topográficamente, el oído humano se subdivide en:

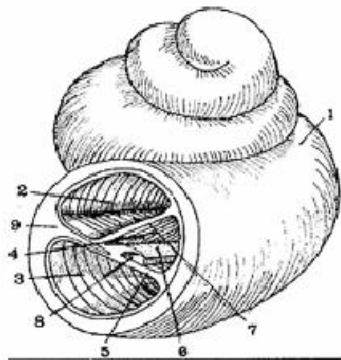
Oído externo: Constituido por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo. El pabellón auricular, funciona como un receptor de sonidos, los concentra y los dirige hacia el conducto auditivo externo. El conducto auditivo externo, se encuentra ubicado entre la excavación del pabellón auricular y la superficie externa de la membrana timpánica, actúa como un resonador, aumentando la concentración de las ondas sonoras que provocan cambios en la presión aérea que ingresa al conducto auditivo externo.

Oído medio: Se encuentra ubicado entre el oído externo y oído interno. Está formado por las celdas mastoideas y una cavidad (caja timpánica) que contiene en su interior la membrana timpánica (que limita con el oído externo); la cadena de huesecillos denominados martillo, yunque y estribo, los cuales se articulan y se encuentran dispuestos de exterior a interior en el mismo orden; y los músculos del martillo y del estribo. Cuando la onda sonora se desplaza desde el oído externo, provoca cambios en la tensión y la forma de la membrana timpánica y se comporta como un resonador, vibrando y desplazando a la cadena de huesecillos que transmite el movimiento sobre la ventana oval, funcionando como un sistema de palancas. En la pared lateral interna, se encuentran la ventana oval (mencionada anteriormente) y la ventana redonda. Además en la cavidad timpánica se encuentra el orificio de salida de la trompa de Eustaquio, que comunica a la caja del tímpano con la nasofaringe.

Oído interno: Está situado en el espesor del peñasco del hueso temporal, constituido en su región anterior por el órgano auditivo o coclear y en su región posterior, por el órgano del equilibrio o vestibular. El órgano auditivo que involucra al órgano de Corti (ver Fig. 1. A y B) se encuentra alojado dentro de la cóclea o caracol desde el ápice hasta la base, específicamente en el piso del conducto coclear sobre la membrana basilar y está formado por células nerviosas llamadas células ciliadas que se disponen en cuatro filas; tres de células ciliadas externas, ubicadas lateralmente al túnel formado por los pilares de Corti y cuyos estereocilios contactan con la membrana tectoria; y una de células ciliadas internas con ubicación medial al mismo túnel. En torno a la base de las células ciliadas, se encuentran terminaciones dendríticas de las neuronas bipolares cuyo cuerpo se encuentra en el ganglio espiral ubicado en el interior del modiollo. (4)

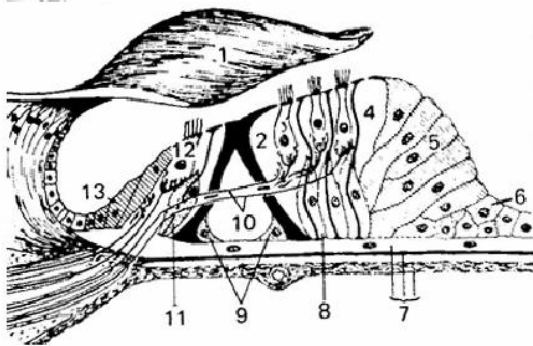
Figura 3. El órgano de Corti

A. Ubicación del órgano de Corti.



1. caracol
2. Rampa vestibular
3. Rampa timpánica
4. Conducto coclear
5. Membrana basilar
6. Membrana tectoria
7. Membrana de Reissner
8. Órgano de Corti
9. Modiolo

B. Corte transversal del órgano de Corti.



1. Membrana tectoria
2. Espacio de Nuel
3. Cel. Ciliada externa
4. Túnel externo
5. Cél. De Hensen
6. Cél. De Claudio
7. Membrana basilar
8. célula falángica externa
9. Células basilares
10. Fibras nerviosas
11. célula falángica interna
12. célula ciliada interna
13. célula Marginal.

(Adaptado de Otorrinolaringología y Afecciones Conexas. Diamante. 1992). (4)

Los movimientos del estribo contra la ventana oval producen ondas en los líquidos del oído interno, provocando la deflexión de las membranas, entre ellas la membrana basilar, entonces se produce un movimiento que dobla los cilios de las células ciliadas internas, siendo ellas las que transducen la estimulación mecánica en impulsos eléctricos y generan el potencial de acción en el nervio auditivo.

A medida que la onda viajera asciende por la cóclea, aumenta su tamaño al máximo y luego disminuye rápidamente, la distancia desde la base al ápice de la cóclea en que alcanza esta altura máxima varía dependiendo de la frecuencia de la vibración que inicia la onda. Los sonidos de tonos altos generan ondas que alcanzan altura máxima cercanos a la base y los de tono bajo, lo hacen cerca del ápice.

La vía auditiva es el recorrido de la información acústica desde que abandona el oído interno hasta llegar a la corteza cerebral donde esta información es interpretada como sonido, música, habla, etc. Los axones de las neuronas bipolares forman la rama auditiva del nervio vestíbulo coclear, y terminan en los núcleos cocleares dorsal y ventral del bulbo raquídeo (núcleos bulbo protuberanciales). Posteriormente se dirige a los núcleos olivares superiores, ya sea contra laterales o del mismo lado, para luego continuar hacia arriba formando el lemnisco lateral, allí se divide en un fascículo ipsilateral y otro contralateral o cruzado. El lemnisco lateral termina en el cuerpo geniculado interno o medial, desde donde parten haces hacia la corteza auditiva primaria ubicada en el fondo de la cisura de Silvio (áreas de Heschl) y hacia las áreas auditiva de asociación que la rodean.

Audición Normal.

La capacidad auditiva contempla un rango de intensidades que van desde los 0 dB a los 140 dB. El nivel mínimo de audición (0 dB) ha sido determinado mediante procesos de normalización, lo que quiere decir, que la mayoría de las personas que no presentan patologías auditivas, escuchan como mínimo a dicha intensidad. Sin embargo, pueden existir personas más sensibles, que poseen la capacidad de escuchar estímulos sonoros a intensidades menores que 0 dB. Se considera normal, además, según criterios clínicos, todo aquel umbral de audición que se encuentre bajo 20 dB para todas las frecuencias.

Por otro lado, es sabido que existe una disminución de los umbrales auditivos normales a medida que aumenta la edad, en este sentido se han formulado normas como la ISO 7029 (2000) que contempla el paso del tiempo y el descenso normal de los umbrales.

(Adaptado de Otorrinolaringología y Afecciones Conexas. Diamante. 1992). (4)

Sonido, Ruido y Música.

Sonido, en términos amplios, es el fenómeno mediante el cual una onda mecánica longitudinal, que se origina en un foco sonoro emisor, viaja a través de un medio elástico (aire, gas o agua) para generar sensación auditiva en el hombre. Esta sensación auditiva se da en ondas con frecuencias comprendidas entre 16 Hz y 20 KHz. Cuando una onda sonora tiene frecuencias menores o mayores a las mencionadas, no pueden ser captadas por el oído humano y se denominan infrasonidos y ultrasonidos respectivamente.

Es posible separar dos aspectos en torno al concepto de sonido: El puramente físico y el psicoacústico o subjetivo. Desde el punto de vista físico pueden mencionarse las características de frecuencia y amplitud. La frecuencia considera los fenómenos de compresión y rarefacción de las moléculas del medio en que se propaga la onda dando lugar a variaciones periódicas de presión. Estas

variaciones se dan de forma cíclica y al ser medidas en el tiempo, la unidad de medida corresponde a los ciclos por segundo o Hertz (Hz). La amplitud se relaciona con la energía que transporta la onda, siendo ésta el desplazamiento máximo de una molécula en el medio conductor. La unidad de medida es el decibel (dB), que por medio de una escala logarítmica otorga una medida física relativa de la intensidad.

En términos psicoacústicos, al sonido pueden atribuírsele tres cualidades: Intensidad, tono y timbre. Todas estas cualidades se relacionan con las características físicas mencionadas, sin embargo, lo que predomina para hacer su definición son las percepciones del oyente.

La intensidad es percibida como la sonoridad. Un sonido puede ser fuerte o débil, lo que dependerá de la amplitud de la onda, sin embargo, la percepción del oído no es proporcional a la magnitud física. Existe por un lado la unidad de intensidad física llamada dB, y por el otro la unidad de sensación sonora, cuya característica es ser invariable subjetivamente y muy variable físicamente en toda la gama de frecuencias, el Fon. Sólo en la frecuencia 1000 Hz ambas coinciden, es decir la magnitud física coincide con la subjetiva, pero en frecuencias bajas, se requiere gran potencia física para generar una débil sensación sonora. Un ejemplo claro se da a los 100 Hz en que 50 dB producen solo 10 fones de sonoridad. Cada frecuencia, por lo tanto, tiene una determinada forma de percibir la intensidad.

La frecuencia es percibida como tonalidad, diferenciándose cualitativamente en tonos graves, medios y agudos. Como en la intensidad, la percepción de tono no siempre es proporcional a la frecuencia de la onda. Esto se da principalmente en frecuencias muy altas o muy bajas en que la intensidad afecta la percepción del tono. El timbre es la respuesta perceptual a las ondulaciones resultantes de la suma de varios movimientos periódicos correspondientes a tonos puros superpuestos a una frecuencia fundamental. Estos tonos son armónicos de esta última, es decir, sus frecuencias son múltiplos de la fundamental. El timbre es, por ejemplo, para quien escucha, el que otorga las cualidades distintas al sonido de

las voces de cada persona, aún siendo que éstas son emitidas en la misma frecuencia. El ruido es definido en oposición a lo que es un sonido periódico, es decir, un conjunto indeterminado de frecuencias sin existir un patrón dado de proporciones. Subjetivamente ha sido descrito como un sonido cuya percepción es desagradable para un sujeto, sin ser lo necesariamente para otro.

La música, en oposición al ruido, es una sensación compleja proveniente de una sucesión o combinación agradable de diferentes tonos y el ordenamiento de tales tonos para formar una estructura de melodía, armonía y ritmo aceptables.

Es importante destacar que a pesar de que los conceptos de música y ruido son opuestos, esta oposición se da mayormente en el plano subjetivo, y que nuestro estudio utiliza técnicas objetivas para medir los efectos de la música en la audición de las personas, bajo la consideración teórica de que no por ser la música del agrado de quien la ejecuta, va a ser inofensiva para el aparato auditivo en condiciones en que efectivamente se reconoce que esa persona ha estado sometida a niveles riesgosos de energía sonora.

El ruido puede ser medido por un aparato especialmente diseñado para este fin, el sonómetro. Dicho aparato cuenta con una diversidad de componentes electrónicos, sin embargo solo se destacarán dos: El *micrófono*, ya que su sensibilidad determina la calidad de la señal captada, y el *ponderador, amplificador o atenuador* que es el componente que da las características requeridas en relación a los objetivos de la medición.

Existen variadas maneras de medir el ruido, por lo tanto, debe realizarse una elección adecuada de los parámetros que se utilizaran en la medición. De la gama de posibilidades existentes, son de nuestro interés: el “*Nivel de presión sonora global (L_p)*” que mide el nivel de presión sonora global sin ponderación en particular, en el margen de frecuencias audibles; El “*Nivel de presión sonora ponderada A, $L_p(A)$* ”, que incorpora filtros eléctricos que asemejan la respuesta

del sonómetro a la respuesta del oído humano, (existen también otras redes de ponderación B, C y D que modifican la señal filtrando la señales medias, altas y graves respectivamente); y El “*Nivel sonoro equivalente (Leq, A)*”, que utiliza la red de ponderación A, pero además representa los niveles de sonido continuo que existirían con el total de energía fluctuante medida durante un periodo de tiempo. Aunque sólo se han mencionado tres, existen otros parámetros que consideran, por ejemplo, las fluctuaciones de ruido durante los distintos momentos del día y los niveles de contaminación acústica. En otros casos más complejos el sonómetro es utilizado para mediciones en aeropuertos o barrios urbanos en relación al tráfico vial.

Pérdida Auditiva

La pérdida auditiva se define como el aumento del umbral tonal, por sobre de lo que se considera como normal, vale decir, para los efectos de este estudio, los valores considerados sobre la norma estandarizada (ISO 7029, 2000) que será revisada más adelante. Para este aumento en el umbral existen diversas etiologías, como también distintos grados de pérdida, lo que se ha denominado hipoacusia. Las hipoacusias se pueden clasificar de distintas formas, en relación a la zona de la lesión (conductiva, sensorial, neural o mixta), referente al estadio del lenguaje (prelocutiva, postlocutiva), evolutivamente al tiempo de aparición del cuadro (congénita o adquirida), en grado de severidad (leve, moderada, severa o profunda), en la condición del oído afectado (unilateral, bilateral), en el tipo de curva presentada (ascendente, descendente, plana, en meseta o en batea), y por último en la relación existente entre las curvas de ambos oídos (simétrica o asimétrica).

Para revisar la etiología de las hipoacusias, debemos describir las patologías que afectan a los distintos segmentos del oído.

Entre las patologías más conocidas que provocan hipoacusia de conducción podemos encontrar: patologías congénitas, entre estas cabe destacar la microtia, la atresia de conducto auditivo, la agenesia de conducto y pabellón auditivo, ausencia de la cadena de huesecillos, deformación o fusión de alguno de los huesecillos. Las patologías adquiridas que se pueden observar son: la obstrucción del conducto auditivo externo, la otitis externa, los crecimientos óseos del conducto (osteatoma y exostosis), la otitis media serosa, otitis media aguda, la otitis media crónica y la perforación de la membrana timpánica.

La etiología de las hipoacusias sensorineurales es de variada índole, pudiéndose apreciar patologías de tipo genético o congénito, dentro de las que se observan las de causas virales, la toxoplasmosis, incompatibilidad sanguínea Rh, la sífilis congénita y las lesiones tóxicas. Otro tipo de hipoacusia sensorineural son las de carácter neonatal, perinatal y postnatales, donde la lesión puede ser producida por ictericia neonatal, traumatismos obstétricos, anóxia cerebral, prematuridad, infecciones, medicamentos ototóxicos y enfermedades metabólicas. Existen otras patologías que provocan hipoacusia, de carácter adquirido, y que se clasifican en dos grupos: el primer grupo incorpora las patologías de etiología desconocida, tales como la enfermedad de Ménière y la hipoacusia súbita. Y el segundo grupo corresponde a las patologías de origen conocido, como la presbiacusia, la ototoxicidad, el trauma acústico de origen mecánico y la pérdida auditiva por exposición a ruido de alta intensidad. Es en este último en el que centraremos nuestra atención, ya que corresponde al motivo de nuestro estudio y será analizado más adelante.

Pérdida Auditiva por Exposición a Ruido.

La pérdida auditiva por exposición a ruido se define como el daño que se produce a nivel de la cóclea después de que un sujeto ha estado en contacto con ruido o sonidos a intensidades muy elevadas.

El ruido puede afectar la audición de distintas formas. A niveles bajos (50 dB. aproximadamente), puede interferir con la comunicación sin causar daños en el sistema auditivo, mientras que a intensidades mayores el ruido puede causar pérdidas temporales en los umbrales de audición, normalizándose éstos poco tiempo después del cese de la exposición. Si la intensidad del ruido alcanza niveles críticos, puede causar daño en las estructuras internas de la cóclea, causando descensos permanentes en el umbral auditivo, y además, puede producir daño a nivel de los mecanismos periféricos como en la membrana timpánica y en la cadena oscicular. En algunos casos también puede existir un daño en niveles más centrales del sistema auditivo.

El daño producido por exposición a ruido se relaciona con la intensidad de la señal y la duración de ésta principalmente. La naturaleza del ruido, el espectro de éste y la presencia de ototóxicos también juegan un papel importante.

Existen tres tipos de cambios en la audición que pueden ocurrir tras la exposición a ruido. Estos cambios estén definidos como: Cambio temporal de umbral inducido por ruido, cambio permanente de umbral producido por ruido y trauma acústico.

El cambio temporal de umbral inducido por ruido es lo que normalmente se considera como fatiga auditiva, dándose como características una reducción de la sensibilidad, sensación de oídos tapados y tinitus. Los síntomas pueden durar desde una hora hasta varias horas o incluso días. Las células ciliadas se ven afectadas en cuanto a su metabolismo, sin poder mantener su función, éstas se edematizan, con lo que puede ocurrir un cambio en la orientación de su estereocilio en relación con la membrana tectoria. La recuperación de la audición en este tipo de cambio de umbral inducido por ruido, se logra con un “reposo auditivo” con lo que las células se “desinflan” volviendo a su posición original. En cuanto a la pérdida auditiva permanente inducida por ruido, ésta se produce histológicamente por la ruptura del penacho ciliar, torsión y desaparición de los cilios, fusión de los estereocilios con formación de macrocilios, lesión en el soma de las células ciliadas externas, internas y de sostén, con acumulación de lisozima

intracelular, edematización mitocondrial, alteraciones en el retículo endoplásmico con atrofia y torsión de los cuerpos celulares. Si el daño es progresivo, puede derivar en una degeneración de las fibras del nervio auditivo e incluso provocar cambios a nivel del sistema auditivo central.

Estudios han demostrado que el espectro de frecuencias de la señal de ruido afecta principalmente a la banda de frecuencia siguiente, es conocido que el oído externo es un resonador natural para las frecuencias 2000 y 3000 Hz amplificando 10 o más dB la intensidad de dichas frecuencias, por lo que las frecuencias comprendidas entre 2000 y 3000 Hz llegan al oído interno con mayor intensidad que las frecuencias más altas o más bajas, lo que daría como resultado un daño a nivel de las frecuencias 4000 y 6000 Hz. Además, la asimetría del movimiento de la membrana basilar, la restricción de su movimiento en su extremo más basal al ser más corta y más gruesa, y la falta de amplificación de los sonidos de más de 4000 Hz Y menos de 1000 Hz se unen para producir la máxima amplitud del movimiento del órgano de Corti a unos 10 mm. De la ventana oval, que es la zona donde se ubican los receptores correspondientes a los 4000 Hz Esto, junto al hecho de que en esta zona la vascularización coclear es más pobre, hace que sea el lugar donde las lesiones son más intensas. Si bien es cierto, existe un reflejo de protección acústica que se produce a nivel de los músculos del oído medio, con lo que se logra una atenuación de aproximadamente 10 dB., es del todo cuestionable, porque su tiempo de latencia no impide la llegada de las ondas sonoras al órgano de Corti, y debido a su fatigabilidad no sería eficaz en los sonidos continuos y repetitivos. Otro reflejo de protección es el que se produce en las células ciliadas externas, moderando la amplitud de movimiento del desplazamiento de las estructuras cocleares, pero su tiempo de latencia y su fatigabilidad es significativamente menor.

El llamado trauma acústico es el que se produce por la exposición a un ruido de altísima intensidad, una sola vez y de forma repentina, como puede ser una explosión. Esto provoca un daño directamente en la cóclea, siendo éste

permanente. Sin embargo, el trauma acústico, también puede causar daño en la membrana timpánica, y fracturar la cadena de huesecillos.

En la exploración funcional de la pérdida auditiva permanente por exposición a ruido se han descrito cinco estadios audiométricos en relación a la audiometría liminar tonal:

1. Acostumbramiento: la audiometría suele ser normal, pero si se practica tiempo después del estímulo nocivo se puede apreciar un aumento del umbral en alrededor de 10 dB., sobre todo en las frecuencias cercanas a 4000 Hz.
2. Sordera latente: aparece un aumento en el umbral tonal, sensorial, sobre la frecuencia 4000 Hz alrededor de los 30 dB. Que puede traducirse en trastornos de la audición en ambiente ruidoso y fenómenos de distorsión al escuchar música, pero por lo general pasa desapercibido por el paciente.
3. Sordera debutante: la pérdida auditiva se profundiza, extendiéndose a las frecuencias vecinas. Subjetivamente el paciente nota el déficit, encontrando dificultad de comprensión en las conversaciones en ambientes ruidosos.
4. Sordera confirmada: la pérdida auditiva se extiende a las frecuencias 1000 y 8000 Hz aumentando su umbral en más de 30 dB. Los acúfenos son frecuentes y la dificultad en la inteligibilidad es evidente, originando graves problemas en la comunicación.
5. Sordera severa: todas las frecuencias se ven alteradas, dificultando la percepción y comprensión de la palabra.
6. La discriminación de la palabra se muestra normal en los dos primeros estadios audiométricos, y en el resto de los estadios refleja rendimiento típico de las afecciones cocleares (56% a 88%). La impedanciometría descarta la presencia de patología de oído medio y confirma la presencia de reclutamiento. Los potenciales evocados de tronco cerebral son de utilidad en el diagnóstico diferencial con las lesiones retrococleares al encontrarse estos alterados.

7. La evolución de este tipo de patología depende del nivel sonoro al que está expuesto, la duración de la exposición y la edad del sujeto expuesto. Cabe destacar que no existe un tratamiento médico ni quirúrgico en este tipo de afección.

UMBRAL DE AUDICIÓN

Uno de esos criterios, correspondiente a la Norma Internacional ISO 1999, comienza definiendo el "déficit auditivo" o *hipoacusia* como un aumento permanente del umbral auditivo (el mínimo nivel sonoro audible) suficientemente importante como para afectar la inteligibilidad de la palabra, este aumento resulta ser de alrededor de 25dB para los tonos de frecuencias medias. El siguiente paso es utilizar una tabla de doble entrada que permite evaluar el riesgo porcentual de experimentar déficit auditivo al exponerse a ruidos de carácter laboral (8 horas diarias durante 5 días por semana) de cierto nivel sonoro promedio durante una cantidad determinada de años:

dBA	Años de exposición								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	4	10	14	16	16	18	20	21	15
95	7	17	24	28	29	31	32	29	33
100	12	29	37	42	43	44	44	41	35

105	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	36	71	83	87	84	81	75	64	47

Tabla 4. Tabla de años de exposición vs. Nivel de presión sonora

NOTA: dBA es el símbolo del decibel A, unidad de medida del nivel sonoro a los efectos de estos criterios.

Por cada disminución a la mitad de las horas totales trabajadas el criterio se aplica restando 3dB al nivel sonoro real.

A modo de ejemplo, consideremos el caso de un disk jockey que trabaja en un night club 3 días por semana, expuesto durante 4 horas a un nivel sonoro promedio de 106 dBA. Dado que se trata de la mitad de días y la mitad de horas diarias, deben restarse dos veces 3dB. Supongamos, además, que el joven permanece en este trabajo desde los 15 años hasta los 30, es decir, una exposición a lo largo de 15 años.

Bien, la tabla revela que el riesgo de experimentar incapacidad para la comunicación oral asciende al 37%, es decir que casi 4 de cada 10 personas en estas condiciones tendrá, a los 30 años, dificultades para comprender una conversación normal.

Las legislaciones laborales, normalmente permiten exposiciones a niveles de 85 dBA o hasta de 90 dBA, pero obligan a los empleadores a realizar exámenes periódicos a sus empleados, de modo de cambiar las funciones de aquellos que resulten más susceptibles de sufrir pérdidas irreversibles. (1)

Pero según la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (EPA, Environmental Protection Agency), un valor promedio de 70 dBA durante 24 horas diarias o de 75

dBA durante 8 horas diarias protege virtualmente a toda la población contra daño auditivo. Durante intervalos cortos, 90 dBA serían aceptables con el mismo fin. Ahora bien, dado que no se trata sólo de preservar la audición, existen límites menores, recomendados para diversas situaciones, que varían desde valores tan bajos como 30 dBA para lograr una excelente inteligibilidad de la palabra hasta 55 dBA de día en exteriores

Una inspección más cuidadosa de la tabla revela que a un nivel de 80 dBA el riesgo es de 0% cualquiera sea la duración de la exposición. ¿Esto significa que los 80 dBA constituyen el "techo" seguro? De ninguna manera, debido a que en la definición de "riesgo" hay otro elemento que por simplicidad no se mencionó antes. Dado que la tabla pretende cuantificar el riesgo de una exposición de carácter *laboral*, previamente se ha restado el porcentaje de la población que sufre hipoacusia por envejecimiento, es decir, Presbiacusia.

Ahora bien, existen varios estudios que muestran que la presbiacusia no sería realmente presbiacusia sino *socioacusia*, es decir, hipoacusia debida a la exposición al ruido social o comunitario.

En la década de los 70, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) fue comisionada por el Congreso para proveer *"información sobre los niveles de ruido ambiental requeridos para proteger la salud y el bienestar públicos, con un adecuado margen de seguridad"*. La tarea no fue fácil, dado que a pesar de que había abundante información referida a exposición de carácter laboral disponible, existían muy pocos datos publicados sobre exposiciones no laborales. El enfoque fue, por lo tanto, el de extrapolar los datos disponibles bajo algunas hipótesis razonables. El resultado fue publicado por la EPA en 1974, en un famoso trabajo apodado "el documento de los niveles".

El criterio de la EPA en lo referente a la conservación de la audición afirma que para proteger virtualmente a toda la población (es decir, incluyendo a los individuos más susceptibles) el nivel sonoro promediado durante las 24 horas del día no debería ser mayor de 70 dBA. En forma equivalente, no debería exceder

los 75 dBA durante una jornada laboral de 8 horas, siempre y cuando el resto del tiempo el nivel de exposición se mantenga bastante por debajo de ese valor.

Este criterio difiere substancialmente del de ISO, dado que considera que se ha producido un déficit auditivo cuando el umbral de audición aumenta sólo 5 dB y no 25dB. Es, por lo tanto, un criterio mucho más estricto.

Es de notar que el límite de la EPA es un valor promedio, lo cual significa que normalmente se toleran bien niveles muchos mayores durante periodos cortos de tiempo. En efecto, por cada reducción a la mitad de la exposición, el nivel seguro puede aumentarse en 3 dBA. Así, durante 4 horas diarias serían admisibles 78 dBA, durante 2 horas 81 dBA, durante 1 hora 84 dBA, y así sucesivamente. Sin embargo, la exposición a niveles superiores a los 100 dBA no es recomendable ni siquiera durante lapsos muy cortos, dado que algunos individuos muy susceptibles podrían experimentar daño auditivo irreversible.

Tal como se puede observar, los límites laborales tienden a ser mucho más permisivos que los ambientales. La razón de ello es que aparte del factor de la seguridad y el bienestar se tienen en cuenta otros factores, como el técnico o el de la factibilidad económica de reducir la emisión de ruido en el puesto de trabajo.

Finalmente, el documento de la EPA no sólo aborda la cuestión del deterioro auditivo, sino también el de la interferencia con las actividades y las molestias a nivel comunitario. En este caso se plantean niveles mucho más bajos, recomendándose en exteriores un nivel promedio de 55 dBA durante el día y de 45 dBA durante la noche, y en el interior de las viviendas, 45 dBA y 35 dBA respectivamente.

Las ordenanzas sobre ruido tienden, sin embargo, a ser más permisivas, admitiendo por lo general correcciones que contemplan niveles mayores cuando, por ejemplo, la fuente ha estado presente durante muchos años, o cuando se trata del ruido de vehículos, que por pasar durante un lapso muy breve de tiempo por

cada lugar, no pueden ser sancionados cuando la responsabilidad es del conjunto de los vehículos.

La Norma ISO 1999 tiene dos ediciones, de las cuales, como sucede siempre, la que tiene vigencia es la más reciente (1990). La diferencia entre ambas es que en la edición original (1975) se establecía un criterio para valorar el riesgo auditivo, es decir, se proporcionaba una definición de pérdida auditiva global en función de las características de la exposición. Ello implica tomar ciertas decisiones en cuanto a lo que se considera aceptable. Así, un criterio permisivo consideraría que una pérdida promedio de 30 dB no implica deterioro de la audición, mientras que un criterio más exigente podría imponer un límite de 10 dB en todas las frecuencias. La nueva edición, en cambio, se limita a decir cuál es el desplazamiento del umbral esperable ante determinadas condiciones de exposición, dejando a cada usuario la responsabilidad de definir cuánto se considera aceptable y cuánto no.

(2)

Audiogramas

Los audiogramas muestran los diferentes niveles de audición:

1. Audición "normal" (hasta 25 dB. No hay problemas para oír y entender).
2. Pérdida de audición mediana (hasta 26-45 dB). Tienen algunos problemas para escuchar y entender si les hablan a cierta distancia (algo lejos) o un poco bajo. Son capaces de oír conversaciones de una en una si pueden ver la cara y están cerca del que está hablando. Escuchar conversaciones en lugares con mucho ruido es difícil para ellos.
3. Pérdida de audición moderada (46-65 dB). Tienen problemas para entender conversaciones aunque no haya ruido de fondo. Intentar escuchar conversaciones en lugares ruidosos es casi imposible.
4. Pérdida de audición severa (66-85 dB). Tienen dificultades (problemas) para escuchar siempre. Sólo escucha a una persona si le habla muy alto y muy cerca.

5. Pérdida de audición profunda (más de 85 dB). No oyen aunque se les grite o haya ruidos muy fuertes cerca de él.

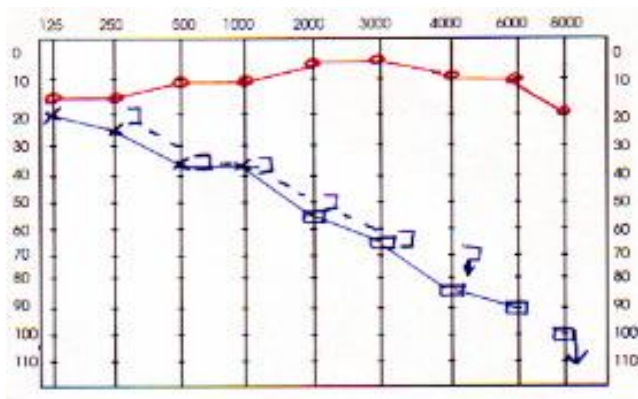
SIGNOS AUDIOMÉTRICOS

-  : Vía aérea del OD
-  : Vía aérea del OI
-  : Vía ósea del OD (OI enmascarado)
-  : Vía ósea del OI (OD enmascarado)
-  : Vía ósea del OD (sin enmascarar OI)
-  : Vía ósea del OI (sin enmascarar OD)
-  : Vía aérea del OD con OI enmascarado
-  : Vía aérea del OI con OD enmascarado
-  : Umbrales de disconfort.
-  : Ausencia de umbral.

EJEMPLOS

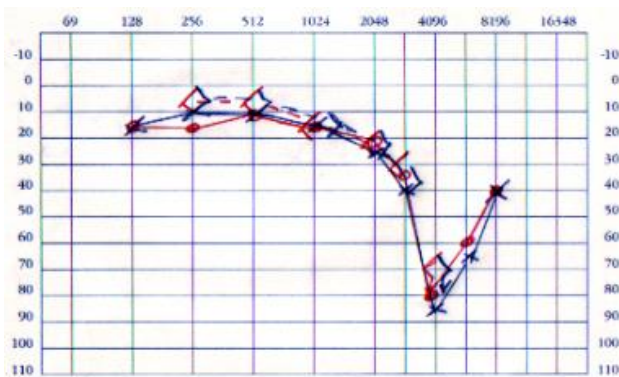
Los ejemplos que a continuación se presentan son falencias auditivas en diferentes casos, como personas de edad avanzada, con pérdida absoluta en alguno de sus oídos o en ambos.

FIGURA 4. HIPOACUSIA SENSORIONEURAL DEL OÍDO IZQUIERDO



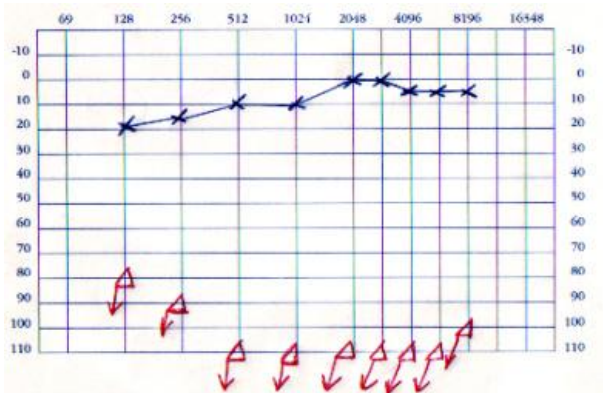
En este audiograma observamos audición normal del OD. En el OI existe una pérdida de la misma magnitud tanto de la vía ósea como de la aérea; en este caso importan las pruebas supraliminales para objetivar la presencia de reclutamiento y/o fatiga auditiva patológica en caso de tratarse de una cortipatía o una lesión retrococlear. Nótese en el OD la presencia de LDL + (cortipatia).

FIGURA 5. TRAUMA ACUSTICO BILATERAL



En el trauma acústico es característico el escotoma que se produce en las frecuencias agudas del 3000, 4000 y 6000 Hz, con recuperación en la frecuencia de 8000Hz. En estos casos encontraremos positivos los Test de reclutamiento como el LDL, SISI y Fowler.

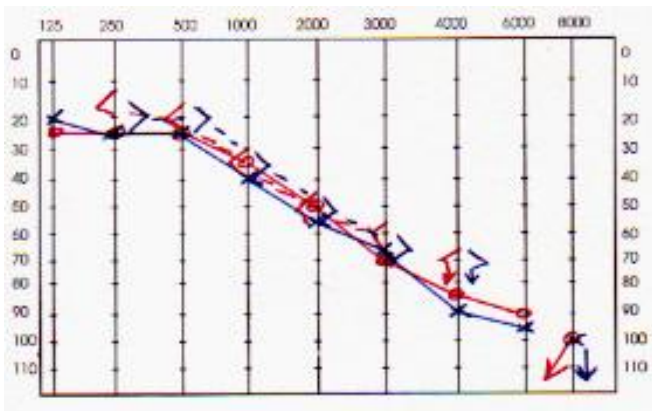
FIGURA 6. ANACUSIA DEL OD



Grafica de anacusia del oído derecho

Podemos observar audición normal del OI y en el OD una ausencia total de umbrales, lo que se transcribe como flechas hacia abajo. En estos casos es de suma importancia utilizar las mejores técnicas para enmascarar, además la logaudiometría de la palabra que en el oído anacúsico debe ser nula.

FIGURA 7. HIPOACUSIA SENSORIONEURAL DESCENDENTE SIMÉTRICA



Audiograma más característico de las presbiacusias, donde se puede apreciar un decrecimiento simétrico en cada una de las frecuencias. La zona de mayor daño para una persona de edad avanzada es la que se encuentra dentro de los 1000 a 8000 Hz.

Retomado de Bartual, J; Pérez, N. . (1999) Traumatismos acústicos. El sistema vestibular y sus alteraciones .Tomo II .Barcelona. Editorial Masson. (5)

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

La investigación que se realizara será una investigación critico-social ya que se recurrirá a teorías, métodos y encuestas, para la medición, recolección y análisis de los datos.

3.2. Línea de investigación de la USB/ línea de la facultad/ campo temático del programa.

La línea de la investigación de la USB que se pretende plantear para este trabajo es la de tecnologías actuales y sociedad, ya que el tema que se tratará necesita de la intervención de una población, que en este caso se encuentra ocupada por jóvenes músicos. Se necesita analizar las causas y consecuencias que sobre este grupo se generará si se exponen a un nivel de exposición alto y constante, para esto se emplearan elementos como los son el sonómetro, audiómetro y artículos o normas vigentes y actuales que sean referentes al caso.

La línea de la facultad a seguir será el de la acústica y el campo temático del programa es de la parte fisiológica. Es necesario el conocimiento de la estructura auditiva del ser humano, ya que al ser estudiado el desplazamiento del umbral auditivo se necesita conocer que partes fisiológicas del oído serán afectadas por aquellos niveles sonoros altos.

3.3. Técnica de recolección de datos

Los pasos que se emplearon para desarrollar el proyecto se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Búsqueda de las agrupaciones musicales.
2. Encuesta practicada a cada uno de los músicos donde se especifiquen algunos antecedentes familiares con problemas otológicos, cantidad de horas de ensayo, utilización de protectores auditivos y frecuencia a lugares donde se tenga un nivel de exposición altos.
3. Medición de nivel de presión sonora que generan las agrupaciones musicales mediante el sonómetro.
4. Medición por banda de octava del nivel de presión sonora recibido en cada integrante de la agrupación.
5. Búsqueda de la norma ISO 1999 (Desplazamiento del umbral de audición).
6. Cálculos de desplazamiento del umbral de audibilidad en cada integrante.
7. Tipos de pérdida de audición dependiendo del desplazamiento de umbral.
8. Audiometría realizada a 5 integrantes de la agrupación musical de heavy metal.

3.4. POBLACION Y MUESTRA

Las personas a tratar serán 23 sujetos entre 20 – 31 años de edad, que vivan en la ciudad de Bogotá, expuestos a música amplificada, con una frecuencia mayor de una hora de ensayos a la semana y con un año como mínimo de dedicación a la música. La muestra se determino usando una agrupación musical representativa para cada uno de los géneros del rock pesado.

3.5. HIPÓTESIS

Los músicos que utilizan amplificación en la música rock, llegaran a presentar una caída en el umbral de audición en la frecuencia de 4 KHz a partir de los 10 años de exposición.

3.6. VARIABLE

3.6.1. Variable dependiente

Desplazamiento del umbral de audición en la frecuencia de 4KHz a partir de los 5 años de exposición a ensayos musicales, lo que se ha considerado como una variación de 0 a 10 dB en el desplazamiento del umbral de audición.

3.6.2. Variables independientes

1. Intensidad sonora de exposición: Son los datos en dB que surgen de la medición, tomados por medio de un sonómetro ponderado en A donde se toma el ruido generado en el ensayo de los músicos.
2. Tiempo de exposición a la música: Se ha tenido en cuenta el tiempo total que el músico dedica a ensayar según la información que el mismo nos brinde. Es decir, corresponde al producto de la multiplicación de las horas de ensayo semanal. Las semanas que aproximadamente ensayan al año y los años que llevan tocando o perteneciendo al conjunto musical.
3. Son consideradas de forma mínima, otras actividades que el músico lleva a cabo como lo son la pertenencia a otra agrupación musical y la asistencia a lugares donde se pueda exponer a niveles sonoros altos.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Objetivo 1. Llevar a cabo un análisis cuantitativo y cualitativo sobre la pérdida auditiva en un grupo de músicos enfocados en el rock.

Tabla 5. Desplazamiento de umbral de audición para 10 y 40 años de exposición en cada uno de los músicos.

BANDAS	INSTRUMENTO	NIVEL DE EXP.	NIVEL CONVE.	DESPLAZAMIENTO EN 10 AÑOS dB	DESPLAZAMIENTO EN 40 AÑOS dB
PUNK	BAJO	92	86	6	9
	GITARRA	92	86	6	9
	BATERIA	96	90	11	15
H. METAL	BATERIA	99	93	16	20
	BAJO	100	94	16	20
	GITARRA1	99	93	15	26
	GITARRA2	101	95	19	26
	VOZ	101	95	19	3
TRIO	VOZ	89	80	2	2
	SAXO	86	77	1	-
	PIANO	85	76	-	-
OCCISOR	BATERIA	103	97	24	32
	BAJO	97	91	13	16
	GITARRA1	100	94	17	24
	GITARRA2	100	94	17	21
INCARNATED	BATERIA	97	91	12	21
	BAJO	98	92	13	17
	GITARRA	98	92	13	17
	VOZ	101	95	19	26
INVA. PATH	BATERIA	89	83	5	7
	GITARRA	85	79	-	-
	VOZ	86	80	-	-
	BAJO	87	81	2	3

En la tabla se observa el desplazamiento que cada uno de los músicos puede llegar a obtener según el nivel de presión sonora al que se encuentran expuestas.

Objetivo 2. Explicar a un grupo de personas las precauciones a tomar para evitar traumatismos acústicos.

Este objetivo se desarrolló durante el proceso de medición y recopilación de datos. En la toma de medidas de SPL por músico, se realizaba inmediatamente una conversión de datos entre tiempo y nivel de presión sonora permitido durante este tiempo. Es decir, se tomo la tabla de legislación en relación al ruido y se les explico el tiempo que ellos como músicos deben permanecer bajo este rigor. Más adelante se encontrará el tiempo recomendable de exposición para cada integrante de las agrupaciones musicales. Como la mayoría de los músicos no usaban protección auditiva se les recomendó el uso de los mismos. Aunque parezca lo contrario, muchos de ellos desconocen lo que pueden llegar a perder en su audición, además a muchos no les importa.

*Objetivo3. Referenciar los diferentes tipos de daños y analizar sus causas.
(TIPO DE PÉRDIDA CUALITATIVA)*

PREDICCIÓN DEL TIPO DE PÉRDIDA AUDITIVA SEGÚN LOS RESULTADOS GRÁFICO-TEÓRICOS PARA 10 y 40 AÑOS DE EXPOSICIÓN DE LOS 23 SUJETOS

Tabla 6. Los siguientes datos son basados en las gráficas realizadas con la norma ISO 1999, a partir de los resultados arrojados por los planos cartesianos se determinará el tipo de pérdida auditiva que los músicos llegarán a tener para 10 años de exposición a los niveles ya medidos.

Pérdida	Acostumbramiento (0 – 10 dB)	Mediana (26 – 45 dB)	Moderada (46 – 65 dB)	Severa (66 -85 dB)	Profunda Más de 85 dB
N	9	14	-	-	-
%	39.13	60.86			

Tabla 7. Tipo de pérdida auditiva que llegarán a tener en cuarenta años de exposición.

Pérdida	Acostumbramiento (0 – 10 dB)	Mediana (26 – 45 dB)	Moderada (46 – 65 dB)	Severa (66 -85 dB)	Profunda Más de 85 dB
N	9	14	-	-	-
%	39.13	60.86			

Como es posible verificar en las dos tablas, la cantidad de personas que presentan acostumbramiento son del 39.13 % de la población encuestada y la población con pérdida de audición mediana es del 60.86 %, estos datos son iguales para 10 y 40 años de exposición, sin embargo, el umbral aumenta considerablemente dentro de los rangos preestablecidos para cada tipo de pérdida.

DESCRIPCION DE LOS 23 SUJETOS SEGÚN CARECTERÍSTICAS RELACIONADAS CON SU AUDICIÓN

Tabla 8. Porcentaje de sujetos que presentan características que pudieran influir en su audición

Características	Si	%	No	%	Total	%
Enfermedades otológicas	4	17,39	19	82,6	23	100
Otra actividad con exposición.	18	78,26	5	21,73	23	100
Pariente con hipoacusia sensorial	2	8,69	21	91,3	23	100

Según la tabla 18 el 17 % de los sujetos que equivalen a 4 personas presentan riesgo de enfermedades otológicas, el poseer un pariente con hipoacusia sensorial es el de menor frecuencia entre los casos con un 8.69 % que equivale a 2 personas y un 78.26 % de los sujetos se encuentran expuestos a niveles que no corresponden a su agrupación musical.

Tabla 9. Porcentaje de sujetos según hábitos de uso de protector auditivo

Uso de protector auditivo	Si	%	No	%	A veces	%	Total	%
		5	21,73	14	60,87	4	17,4	23

Una cuarta parte del grupo utiliza protección auditiva en todos sus ensayos, mientras el 60.87 de los sujetos nunca los usa. Aproximadamente el 18 % los usa ocasionalmente.

Tabla 10. Porcentaje de los músicos según asistencia a discotecas

frecuencia de asistencia a discotecas	0_1	%	2_3	%	4_5	%	6 o más	%
		1	4,34	9	39,13	10	43,47	3

Un 4.34 % de los sujetos no asiste o asiste una vez por mes a discotecas, el 39.13 % lo hace de 2 a 3 veces. Aproximadamente la mitad de los músicos asiste entre 4 y 5 veces, mientras 3 personas asisten entre 6 o más ocasiones a estos lugares.

AUDIOMETRÍA EN LA BANDA DE HEAVY METAL (5 INTEGRANTES)

Tabla 11. Comparación entre sujetos que se encuentran en la norma y bajo la norma audiométrica ISO 1999 del oído derecho

Oído derecho	1000		2000		3000		4000		6000		8000	
	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN
N	3	2	4	1	5	0	5	0	1	4	3	2
%	60	40	80	20	100	0	100	0	20	80	60	40

En la tabla 21 se puede observar los porcentajes de sujetos que se encuentran en la norma y bajo la norma audiométrica de la norma ISO 1999. Vemos que en las frecuencias de 1000, 2000, 3000, 4000 y 8000 Hz la mayoría de sujetos se encuentran normales, sin embargo en la frecuencia de 6000 Hz 4 de los 5 músicos se encuentran bajo la norma.

Tabla 12. Comparación entre sujetos que se encuentran en la norma y bajo la norma audiométrica ISO 1999 del oído izquierdo

Oído izquierdo	1000		2000		3000		4000		6000		8000	
	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN	N	BN
N	3	2	4	1	4	1	3	2	1	4	3	2
%	60	40	80	20	100	0	100	0	20	80	60	40

Al igual que en el oído derecho la tabla 22 muestra que en las frecuencias de 1, 2, 3, 4 y 8 KHz la mayoría de los sujetos se encuentran normales, mientras que en la frecuencia de 6000 Hz 4 de los 5 sujetos se encuentran bajo la norma.,

5. DESARROLLO INGENIERIL DEL PROYECTO

Estas son las mediciones que se realizaron con los músicos. Se ubicó el sonómetro a un costado del músico; mientras tocaba, se tomaban registros cada cinco segundos, por el tiempo que duraba la canción que la banda ejecutaba, estos datos fueron promediados con el fin de obtener un solo valor de SPL.

Los datos fueron tomados músico por músico. La razón de esto y de no tomar un valor general de ruido se debe a las diferencias de niveles que existen entre cada instrumento. En las siguientes mediciones se podrán afirmar, cómo el nivel de intensidad de un instrumento, como la batería, supera a otros instrumentos. Por lo tanto no sería lógico promediar un solo valor de ruido teniendo en cuenta que unos músicos se encuentran en mayor riesgo que otros de su misma agrupación.

CONVERSION DE LOS DATOS

La siguiente tabla relaciona el nivel de intensidad sonora que el músico está recibiendo con el tiempo de exposición. La conversión consiste en restar 3 dB cada vez que se disminuye a la mitad la jornada, que según la norma se encuentra en cuarenta horas.

BANDAS	INSTRUMENTO	T. DE EXPO.(hrs.)	NIVELDEEXP.	NIVELCON.
PUNK	BAJO	10	92	86
	GITARRA	10	92	86
	BATERIA	10	96	90
H. METAL	BATERIA	10	99	93

	BAJO	10	100	94
	GUITARRA1	10	99	93
	GUITARRA2	10	101	95
	VOZ	10	101	95
TRIO	VOZ	5	89	80
	SAXO	5	86	77
	PIANO	5	85	76
OCCISOR	BATERIA	10	103	97
	BAJO	10	97	91
	GUITARRA1	10	100	94
	GUITARRA2	10	100	94
INCARNATED	BATERIA	10	97	91
	BAJO	10	98	92
	GUITARRA	10	98	92
	VOZ	10	101	95
INVA. PATH	BATERIA	10	89	83
	GUITARRA	10	85	79
	VOZ	10	86	80
	BAJO	10	87	81

Tabla13. Tabla de tiempo de exposición y nivel de exposición relacionada con el músico.

BANDA DE PUNK

La primera medición se realizó con una agrupación musical de punk, conformada por tres integrantes, donde se encontraba la batería, la guitarra y el bajo, se midió desde la posición de cada integrante para verificar el Nivel de Presión Sonora que cada músico recibiría. La medición se realizó por bandas de octava.

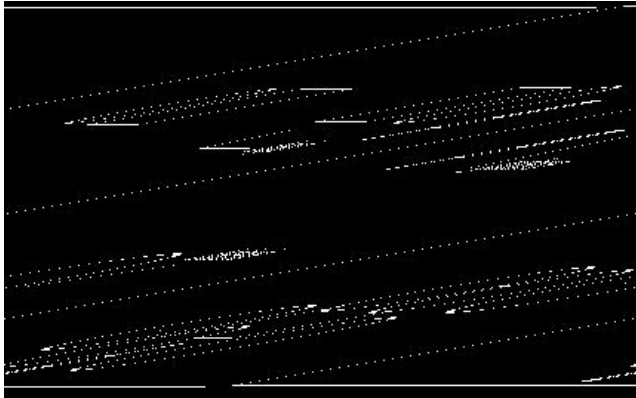


Figura 8. Ubicación espacial de los músicos en la sala de ensayo

Equipos utilizados por los músicos:

- Guitarra Ibanez. Amplificador Marshall de 60 Watts.
- Batería Mapex de 5 piezas.
- Bajo Samik. Amplificador Create de 30 Watts.

TABLA 14	dBA Eq
Bajo	92
Guitarra	92
Batería	96
Posic.1	91
Posic.2	96
Posic.3	89
Posic.4	90

Tabla 15. Tiempo de ensayo:

lunes	miércoles	viernes	total	Semana al año	Horas anuales de ensayo
4 horas	4 horas	2 horas	10 horas	36	360 horas

Aumento de umbral de audibilidad de cada músico.

Bajo: El bajista recibe durante la sesión 92 dBA Eq. Aplicando la norma, la cual dice que por cada disminución a la mitad de la jornada se le restarán 3 dBA, por lo tanto:

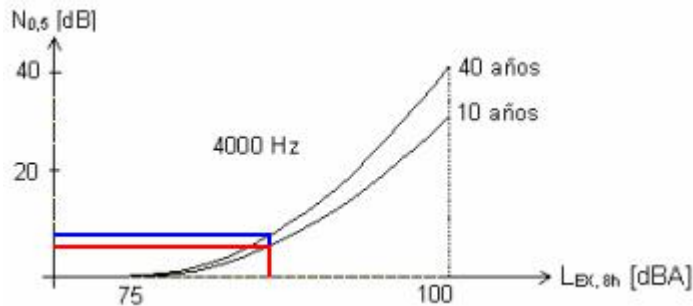


Figura 9. La grafica nos muestra que en vista el bajista tendrá un desplazamiento en el umbral de 6 dBA, (línea roja) para 10 años de exposición y de 9 dB para 40 años de exposición. El músico durante la sesión recibió 92 dB lo cual solo está permitido 2 horas al día. Sin embargo al ensayar la cuarta parte de la jornada permitida por la norma, el nivel medido disminuye en 6 decibeles. Esto permite que el desplazamiento no sea considerable para diez años de exposición.

Guitarra:

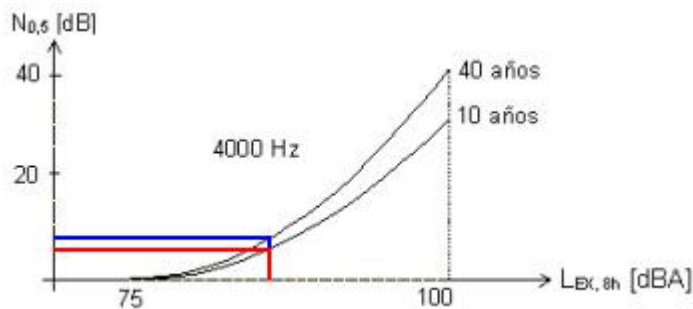


Figura 10. Al parecer el guitarrista tendrá un aumento del umbral en 6 dBA aprox. Para una exposición de 10 años y de 9 dB para una exposición de 40 años. Las condiciones que presenta este músico son similares al sujeto anterior.

Baterista:

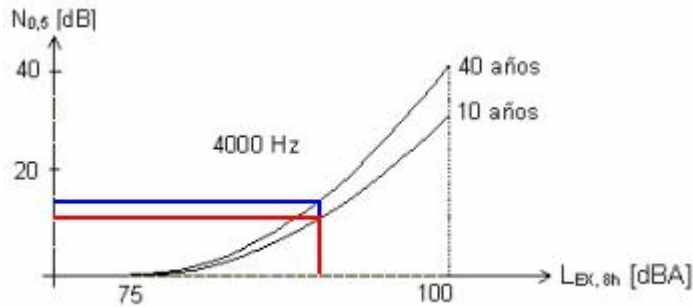


Figura 11. La gráfica muestra que el baterista si continua con esta exposición, en 10 años habrá perdido 11 dB en la frecuencia de 4KHz y para 40 años de exposición perderá 15 dB. Los 96 dB que el músico recibe por sesión solo están permitidos durante 37 minutos por día, de igual manera al hacer la conversión (restar los 6 dB) el sujeto recibe 90 dB lo cual solo debe recibirla durante 2.52 horas al día. Esto demuestra que los ensayos que mantendrían los días lunes y miércoles serían los perjudiciales para sus oídos ya que son jornadas de cuatro horas lo cual permitiría 88 dB para no presentar daño alguno.

El resultado permite confirmar su validez al ser comparado con los resultados generales de la ISO 1999 (ver tabla 1 en el marco teórico), donde muestra que evaluará un riesgo del 10 % de la pérdida en su audición. Esto quiere decir que una de cada diez personas que se encuentran en estas mismas condiciones presentarán problemas en su comunicación Si se requiere ver en cifras el desplazamiento del umbral de audición para la frecuencia de 4KHz se puede ir a la tabla 2 del marco teórico, donde es posible ver que 5 de cada 10 sujetos que se encuentran expuestos durante 10 años a 90 dB tendrán una desplazamiento en el umbral de audición de 11 dB.

Frecuencias alrededor de los 500 hz., No son dañinas para el oído si se encuentran por debajo de los 93 dBA, pero es necesario bajar hasta los 75 dB o 80 dB si se quiere evitar un daño en los 4KHz.ya que ahí se encuentra la parte más sensible del oído (2). Lo anteriormente dicho es posible confirmarlo con las

curvas de Fletcher y Munson quienes dicen que el oído es más sordo a bajas frecuencias.

AGRUPACION DE HEAVY METAL

Segunda medición realizada a una agrupación de Heavy metal que consta de un vocalista, dos guitarras, bajo y batería, los instrumentos y demás equipos empleados por la agrupación son:

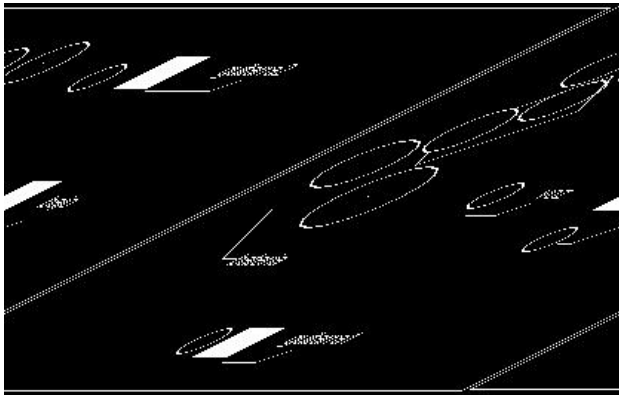


Figura12. Ubicación espacial de los músicos en la sala de ensayo.

Equipos utilizados por los músicos:

- Guitarra 1: Amplificador FENDER Brx de 75 watts, guitarra Stage.
- Guitarra 2: Amplificador FENDER 25r de 75 watts, guitarra Ibanez Ex.
- Batería BYSCAINE de 5 piezas y 2 juegos de platos.

Tabla 16	Eq dBA
Batería	99
Bajo	100
Guitarra1	99
Guitarra2	101
Voz	101

Grupo de heavy metal:

En la esta agrupación se puede apreciar el gran nivel al que están expuestos los músicos. Se encuentran expuestos a niveles superiores a los 100 dB los cuales son de alto riesgo para llegar a presentar daño auditivo.

Tabla 17. Tiempo de ensayo:

lunes	martes	jueves	sábados	total	Semanas aprox. De ensayo por año.	Horas de ensayo aprox. anual
2horas	2horas	2 horas	3horas	10 horas	32	320 horas

Aumento del umbral de audibilidad en cada músico

Batería: durante sesiones de 2 horas el baterista recibe 99 dBA. Aproximamos las 9 horas a 10 horas.

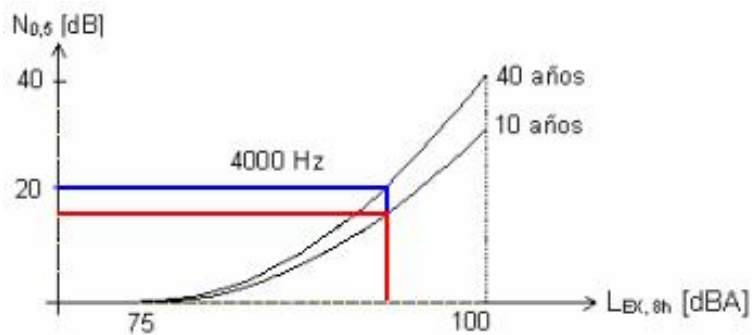


Figura 13. El baterista en un lapso de 10 años tendrá un aumento del umbral de audibilidad de 16 dB aprox. y de 20 dB para 40 años. El músico presenta un nivel de exposición de 99 dB lo cual solo es permitido que se reciba durante 19 minutos por día, si embargo al realizar la conversión, el nivel de exposición real es de 93 dB, nivel que sigue siendo peligroso, ya que solo es posible recibirlo durante 1.26 horas por día.

Guitarra 1:

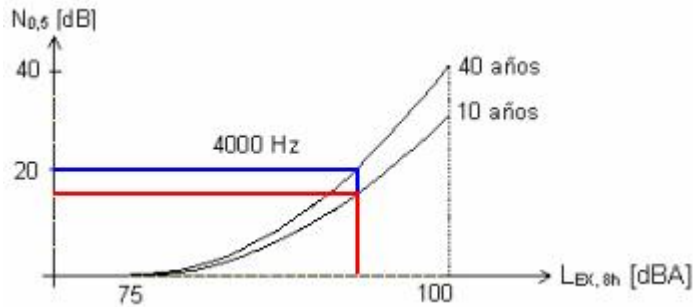


Figura 14. El guitarrista en un lapso de 10 años tendrá un aumento del umbral de audibilidad de 16 dB aprox. y de 20 dB par 40 años. Si mantienen las condiciones presentes durante los próximos diez años, los riesgos auditivos que presentará el guitarrista serán similares a los del baterista.

Guitarrista 2:

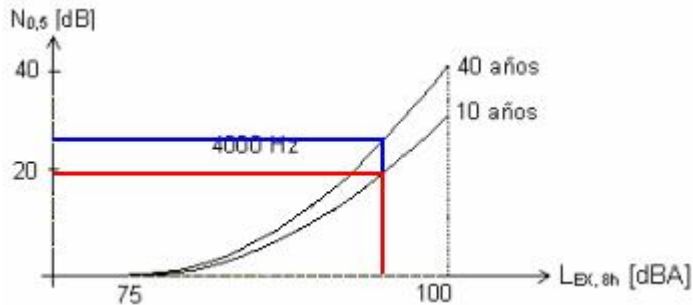


Figura 15. Para una exposición a 95 dB, existirá un desplazamiento de 19 dB aprox. Para 10 años y de 26 dB para 40 años de exposición. Los 101 dB de exposición solo están permitidos durante 12 minutos diarios; el sujeto se encuentra expuesto de 2 a 3 horas diarias. Realizando la conversión el sujeto se encuentra expuesto a 95 dB, nivel que solo permite una exposición de 47.40 minutos por día.

Voz:

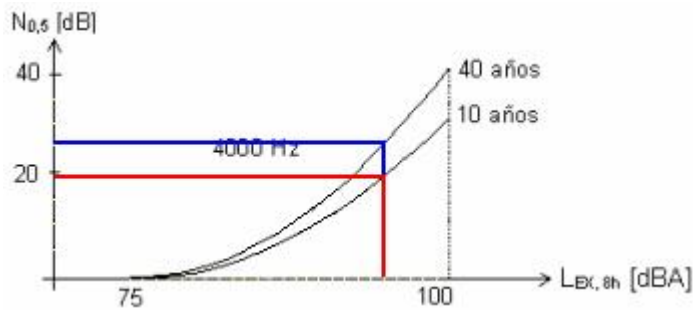


Figura 18. Al igual que la guitarra 2 el vocalista de la agrupación tendrá un desplazamiento de 19 dB aprox. Para 10 años y de 26 dB para 40 años de exposición. Las condiciones que presentará este sujeto serán similares a las del anterior músico, ya que el nivel de exposición es de 95 dB.

TRIO DE MÚSICA CLÁSICA

Tercera medición realizada sobre un trío musical que consta de piano, saxofón y voces. El equipo empleado por la agrupación fue:

- Synth YAMAHA DGX 300
- Saxofón Yamaha.

La agrupación no utiliza amplificación externa, solo lo emitido por los instrumentos. Esta medición se quiso realizar con el fin de demostrar que los grupos que ensayan sin amplificación, no se encuentran expuestos a ningún riesgo auditivo.

Tabla 19	Eq dBA
Voz	89
saxo	86
piano	85

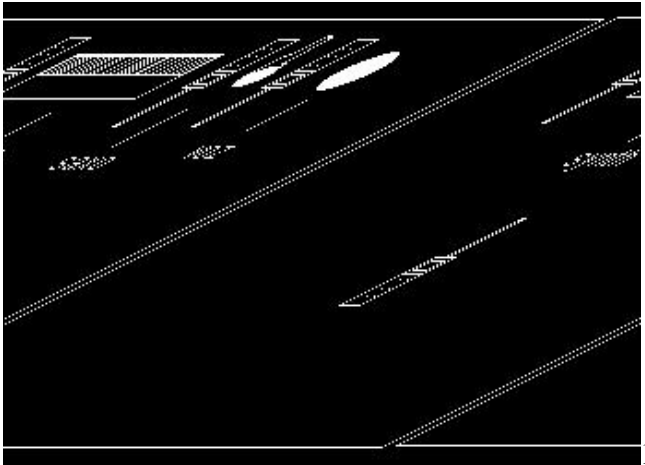


Figura 17. Ubicación espacial de los músicos en el recinto de ensayo.

Tabla 20. Trío musical:

lunes	viernes	total	Semanas de ensayo al año	Horas de ensayo anuales
3horas	2horas	5horas	24	120 horas

Aumento de umbral de audibilidad en cada músico

Voz:

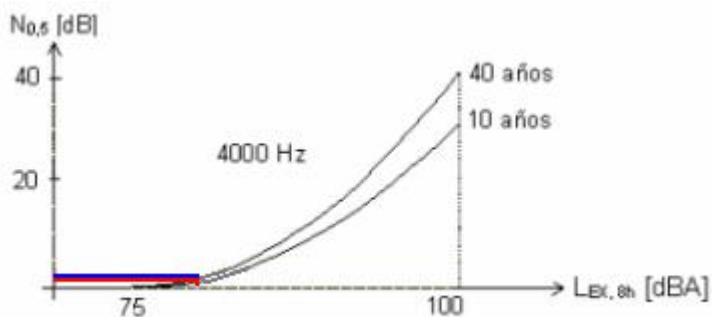


Figura 18. El desplazamiento para 10 años de exposición solo alcanza en 2 dB. Para 10 años de exposición y de 3 dB para 40 años. Para 89 dB la legislación dice

que debe permanecer como máximo a 3.17 horas diarias. El grupo ensaya 3 horas, por lo tanto el nivel al cual están expuestos no les puede generar daño alguno, además a realizar la conversión de datos el nivel real da como resultado 80 dB, nivel al cual pueden durar las 24 horas sometidos.

Saxo:

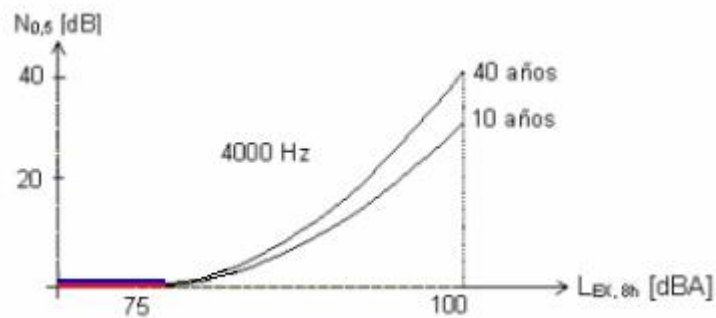


Figura 19. El saxofonista tendrá un desplazamiento de umbral de audibilidad de 1 dB aprox. Para 10 años de exposición y de 2 dB para 40 años de exposición. No presenta daño alguno, ya que se encuentra por debajo del nivel de protección. El sujeto puede mantener este nivel durante las 24 horas del día, 5 días a la semana y no llegará a tener problemas por sus ensayos musicales.

Piano:

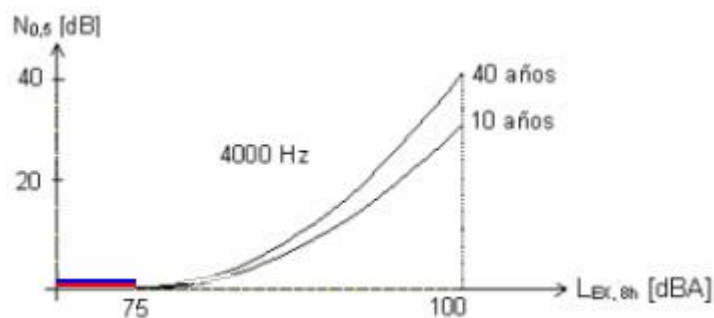


Figura 20. El pianista mantiene un nivel de exposición de 85 dB nivel permitido para el nivel de exposición de 8 horas diarias, por lo tanto al mantener ensayos de 3 horas a este nivel, no habrá riesgo de recibir daño alguno.

Cuarta banda OCCISIOR

Tabla 21	Eq dBA
Baterista	103
Bajo	97
Guitarra 1	100
Guitarra 2	100

Tabla 22. Tiempo de ensayo

martes	miércoles	viernes	sábados	total	Semanas aprox. De ensayo por año.	Horas de ensayo aprox. anual
2horas	2horas	2 horas	3horas	10 horas	32	320 horas

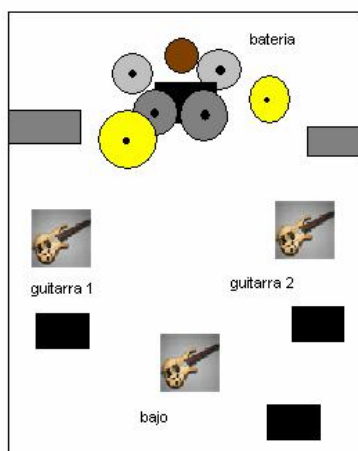


Figura 21. Ubicación espacial de los músicos en el recinto.

Aumento de umbral de audición en cada músico

Baterista:

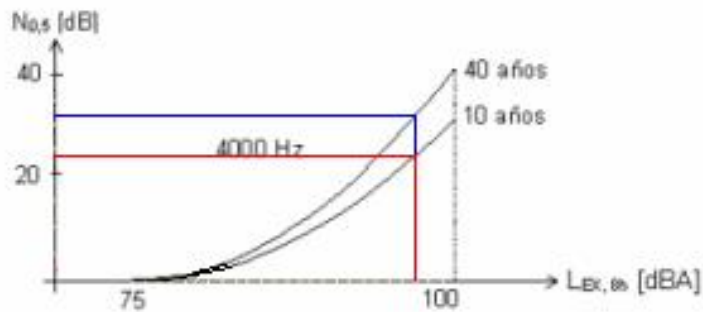


Figura 22. Al recibir un nivel de exposición de 97 dB, llegará a tener un desplazamiento en su umbral de audición de 24 dB en la zona de los 4KHz para 10 años de exposición. Para 40 años de exposición el sujeto llegara a tener un desplazamiento de 32 dB en la zona de los 4KHz. El sujeto recibe por sesión 103 dB, este nivel solo esta permitido durante 7.50 minutos, el músico lo recibe este nivel de 2 a 3 horas en la semana, significando un riesgo para su audición. De igual manera al realizar la conversión del nivel de exposición semanal y obteniendo como resultado 97 dB, se puede observar que dicho nivel es permitido durante 30 minutos diarios, por lo tanto sigue sobrepasando los límites permitidos.

Bajo:

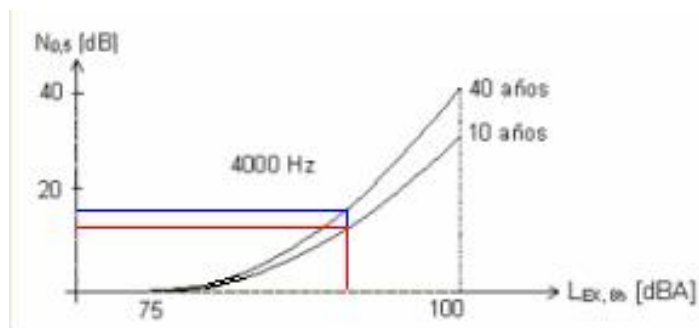


Figura 23. El bajista tiene un nivel de exposición de 91 dB, si continua con este nivel durante los próximos 10 años el sujeto llegará a tener un desplazamiento de 13 dB en su umbral de audición, si mantiene este mismo nivel durante 40 años de exposición el sujeto llegará a tener un desplazamiento de 16 dB en la zona de 4KHz. El nivel real de exposición que mantiene el bajista durante cada ensayo es de 97 dB, nivel que solo es permitido recibir durante 30 minutos.

Sin embargo al realizar la conversión el nivel es de 91 dB, cifra que se permite durante 2 horas. Esto quiere decir que para los días martes, miércoles y viernes no existirían problemas, pero en el ensayo de los sábados se puede generar algún riesgo auditivo.

Guitarra 1:

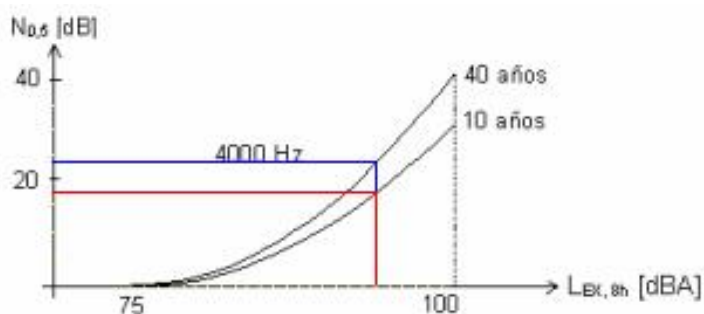


Figura 24. El guitarrista líder de la banda presenta un nivel de exposición de 94 dB, lo cual significa que para diez años de exposición tendrá un desplazamiento en su umbral de audición de 17 dB. Si el músico mantiene esta exposición durante cuarenta años llegara a tener un desplazamiento de 24 dB aprox. En la frecuencia de 4KHz.

El nivel de exposición real del músico es de 100 dB, cifra que solo es permitida durante 15 minutos y al realizar la conversión de datos los 94 dB reales, a los que está expuesto el músico se recomiendan durante una hora, por lo tanto esta expuesto a recibir daño alguno si continua con la rutina.

Guitarrista 2:

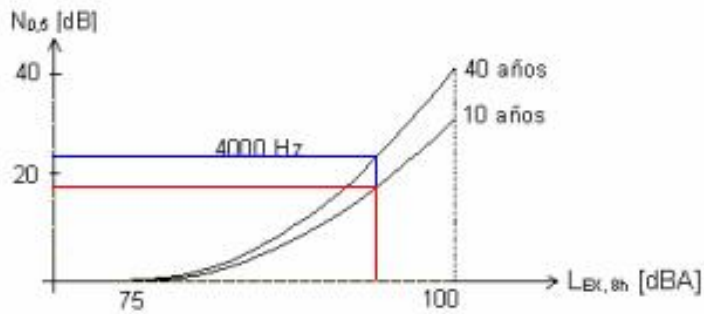


Figura 25. El guitarrista rítmico de la agrupación presenta un nivel de exposición de 94 dB, lo cual significa que para diez años de exposición tendrá un desplazamiento en su umbral de audición de 17 dB. Si el músico mantiene esta exposición durante cuarenta años llegara a tener un desplazamiento de 24 dB aprox. En la frecuencia de 4KHz. El nivel de exposición real del músico es de 100 dB, cifra que solo es permitida durante 15 minutos y al realizar la conversión de datos los 94 dB reales, a los que está expuesto el músico se recomiendan durante una hora, por lo tanto esta expuesto a recibir daño alguno si continua con la rutina.

Grupo de metal llamado INCARNATED

Esta es una agrupación musical conformada por cuatro integrantes. Los sujetos presentan las siguientes condiciones:

Tabla 23	Eq dBA
Batería	97
Bajo	98
Guitarra	98
Voz	101

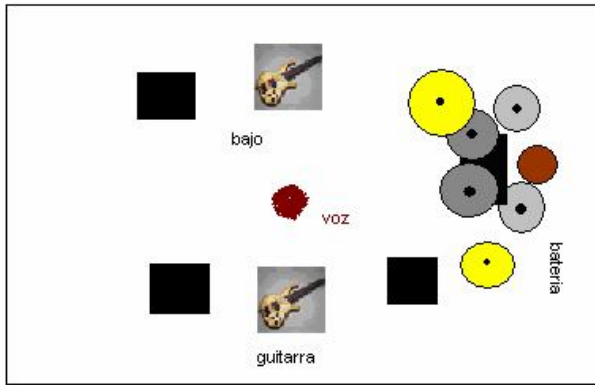


Figura 26. Ubicación espacial de los músicos en la sala de ensayo.

Tabla 24. Tiempo de ensayo

lunes	jueves	viernes	total	Semanas aprox. De ensayo por año.	Horas de ensayo aprox. anual
3horas	3horas	4 horas	10 horas	27	270 horas

Esta banda, es una agrupación de metal que comenzó a formarse en las instalaciones de la universidad de San Buenaventura, está constituida por cuatro integrantes. La jornada de ensayos es la cuarta parte de la jornada de exposición, por lo tanto se restará dos veces la mitad del tiempo, es decir 6 dB. Los resultados fueron los siguientes.

Batería:

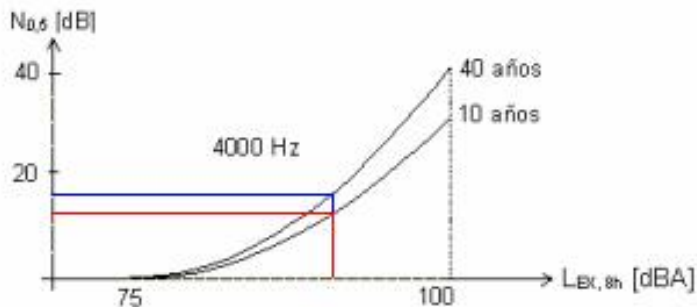


Figura 27. El baterista tiene un nivel de exposición de 91 dB, si el músico continua con el esta cifra, dentro de diez años tendrá un desplazamiento de 12 dB en la frecuencia de 4KHz, y para cuarenta años de exposición existirá un desplazamiento de 21 dB. El tiempo al que se puede exponer teniendo un nivel de 91 dB es de 2 horas máx. El nivel inicial, sin realizar la conversión es de 97 dB, nivel que solo es permitido durante 30 minutos, por lo tanto se encuentran expuestos a correr el riesgo de presentar daños auditivos.

Bajo:

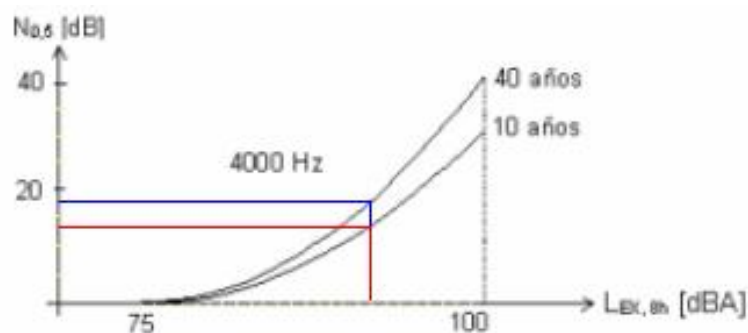


Figura 28. El bajista tiene un nivel de exposición de 92 dB, si el músico continua con el esta cifra, dentro de diez años tendrá un desplazamiento de 13 dB en la frecuencia de 4KHz, y para cuarenta años de exposición existirá un desplazamiento de 17 dB. El tiempo al que se puede exponer teniendo un nivel de 93 dB es de 1.26 horas máx. El nivel inicial, sin realizar la conversión es de 98 dB, nivel que solo es permitido durante 23.80 minutos, por lo tanto se encuentran expuestos a correr el riesgo de presentar daños auditivos, ya que están expuesto a un tiempo mayor al recomendado.

Guitarra:

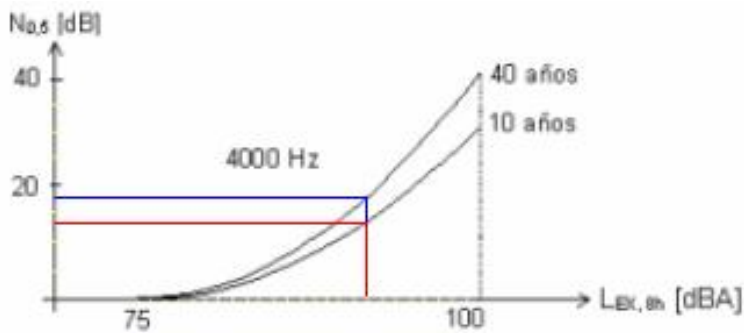


Figura 29. El guitarrista tiene un nivel de exposición de 92 dB, si el músico continua con esta cifra, dentro de diez años tendrá un desplazamiento de 13 dB en la frecuencia de 4KHz, y para cuarenta años de exposición existirá un desplazamiento de 17 dB. El tiempo al que se puede exponer teniendo un nivel de 93 dB es de 1.26 horas máx. El nivel inicial, sin realizar la conversión es de 98 dB, nivel que solo es permitido durante 23.80 minutos, por lo tanto se encuentran expuestos a correr el riesgo de presentar daños auditivos, ya que están expuesto a un tiempo mayor al recomendado.

Voz:

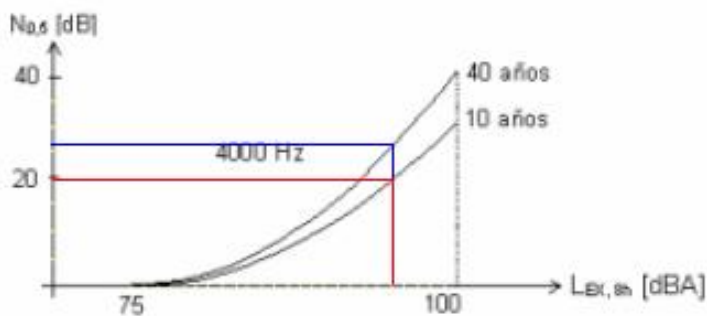


Figura 30. El vocalista para diez años de exposición tendrá un desplazamiento en el umbral de audición de 19 dB y para cuarenta años de exposición tendrá un

desplazamiento de 26 dB en la zona de 4KHz. Los 95 dB están recomendados para 47.40 minutos los 101 dB que realmente reciben los músicos (sin hacer la conversión) son permitidos para 11.90 minutos, por lo tanto se encuentran el zona de riesgo.

INVADER PATH

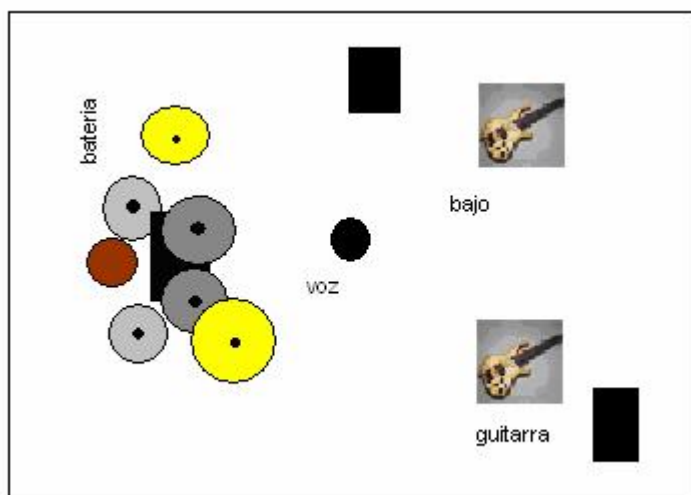


Figura 30. Ubicación espacial de los músicos en el recinto.

Tabla 25	dB eq.
Batería	89
Guitarra	85
voz	86
Bajo	87

Tabla 26. Tiempo de ensayo

Martes	miércoles	sábado	total	Semanas aprox. De ensayo por año.	Horas de ensayo aprox. anual
3horas	3horas	4 horas	10 horas	23	230 horas

Esta agrupación musical se encuentra conformada por alumnos de la Universidad de San Buenaventura. El recinto de ensayo es la habitación de uno de los músicos, esta es la razón por la cual el nivel de SPL no se encuentra demasiado elevado. Los resultados para cada integrante serán:

Batería:

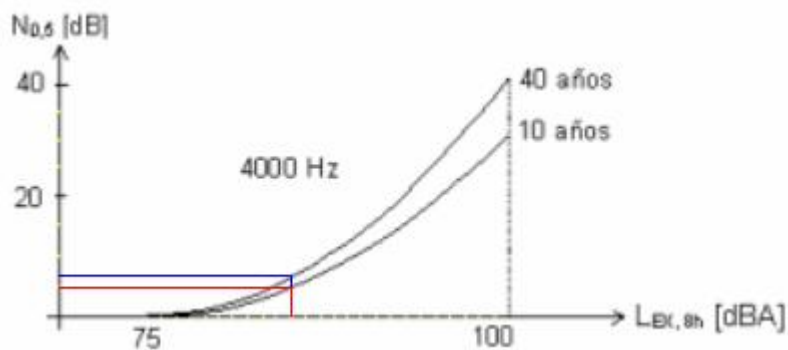


Figura 31. El baterista tiene un nivel de exposición de 83 dB, valor obtenido tras haber realizado la conversión de los datos, o sea, haber restado 6 dB ya que el tiempo de permanencia bajo este ruido es la cuarta parte del tiempo preestablecido por la norma. Para 10 años de exposición el baterista llegará a tener un desplazamiento de 5 dB en el umbral de audición en la zona de 4KHz y para 40 años de exposición llegará a tener 7 dB aprox. Los 83 dB de exposición al cual los músicos se encuentran expuestos son permitidos durante 12.70 horas y los 89 dB iniciales se permiten durante 3.17 horas, por lo tanto el tiempo y el nivel al que se encuentran no generan ningún riesgo en la audición.

Guitarra:

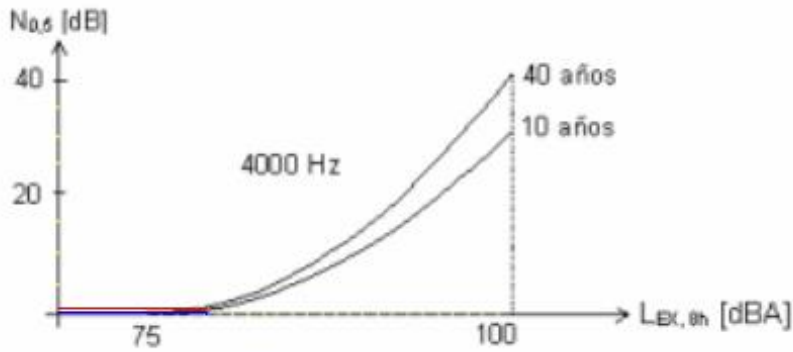


Figura 32. Al parecer por la gráfica, el nivel al cual se encuentran expuestos no generan ningún daño en la audición del músico, ya que los 79 dB pueden ser recibidos las 24 horas del día y los 85 dB iniciales pueden ser recibidos durante 8 horas diarias.

Voz:

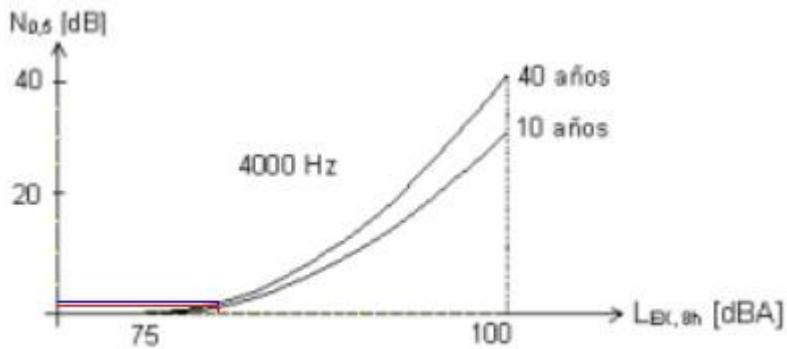


Figura 33. Los 80 dB que el vocalista recibe no afectan significativamente en su audición. Si vamos a la tabla 4 del marco teórico nos daremos cuenta que los 8 dB pueden ser recibidos las 24 horas sin problema alguno.

Bajo:

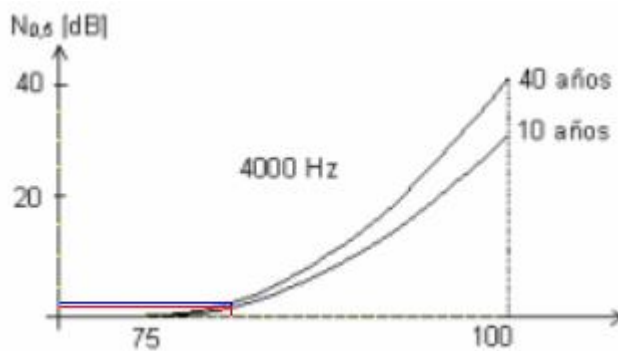


Figura 34. Para 10 años de exposición el baterista llegará a tener un desplazamiento de 2 dB en el umbral de audición en la zona de 4KHz y para 40 años de exposición llegará a tener 3 dB aprox. Los 81 dB de exposición al cual los músicos se encuentran expuestos son permitidos durante 20.16 horas y los 87 dB iniciales se permiten durante 5.04 horas, por lo tanto el tiempo y el nivel al que se encuentran no generan ningún riesgo en la audición.

AUDIOMETRÍA PRACTICADA A LA BANDA DE HEAVY METAL

La agrupación evaluada es una banda de HEAVY METAL la cual lleva desde 1995 tocando, tienen la costumbre desde hace 4 años de usar protección auditiva y algunos de los músicos tienen otras actividades paralelas donde se exponen a niveles sonoros altos.

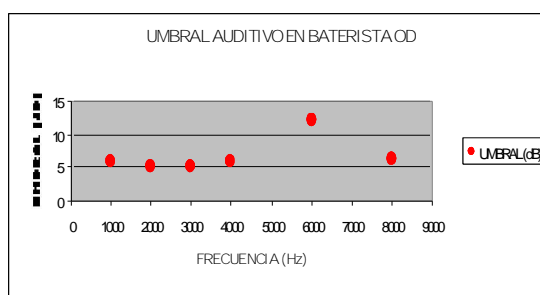
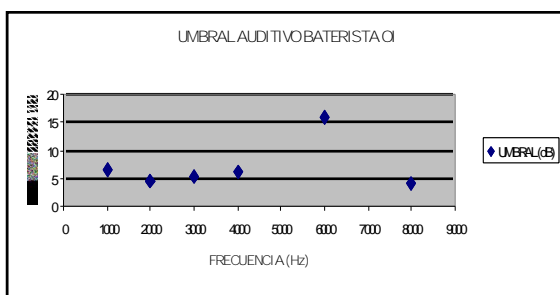
Procedimiento para la obtención de los datos

El primer paso para llevar a cabo la audiometría, fue elaborar una encuesta sencilla, donde los datos fueron registrados de forma escrita en los espacios asignados para ello. La segunda parte consistió en determinar los umbrales auditivos de cada uno de los músicos. Dicha labor se realizó en la casa de uno de los músicos con la ayuda de una de las alumnas de la Universidad Manuela

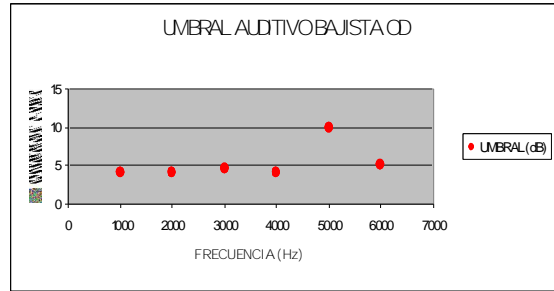
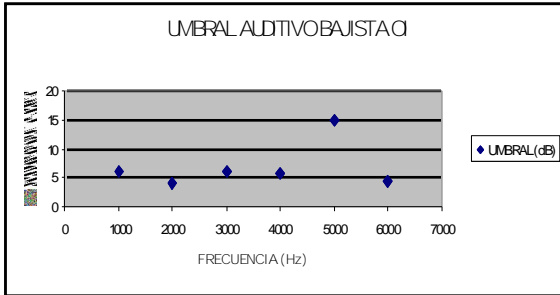
Beltrán mediante una audiometría tonal en las frecuencias de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 KHz. Se utilizó un audiómetro marca Interacoustics modelo AC33 y audífonos de respuesta plana. El procedimiento comenzó revisando el canal auditivo de cada uno de los músicos mediante una otoscopia, luego se le entregaron las explicaciones correspondientes para la evaluación. El registro de los datos comenzaba en 40 dB disminuyendo la intensidad a intervalos de 5 dB hasta que el músico dejara de dar respuesta, lo cual se efectuaba mediante la mano correspondiente al lado del oído. Para registrar los datos, se utilizó un protocolo convencional, donde los datos son dispuestos en un eje de coordenadas en que las abscisas corresponden a la frecuencia tonal evaluada y las ordenadas al umbral tonal encontrado. Este proceso se realizó igual para cada oído. Es de importancia mencionar que el sujeto debe presentar un reposo auditivo como mínimo de 10 horas.

Datos audiométricos de cada uno de los músicos

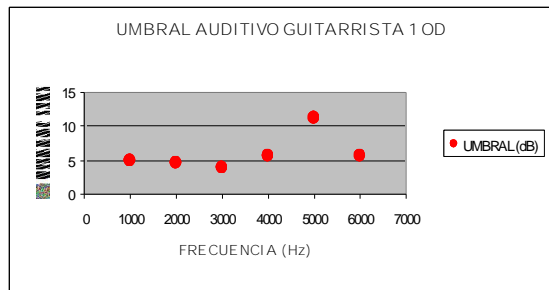
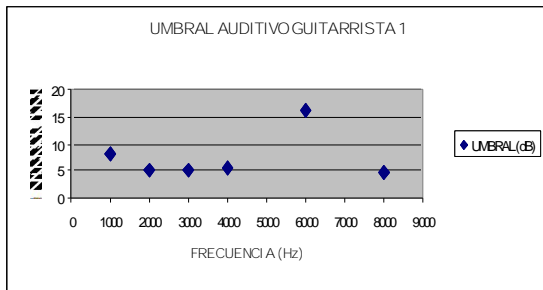
Baterista



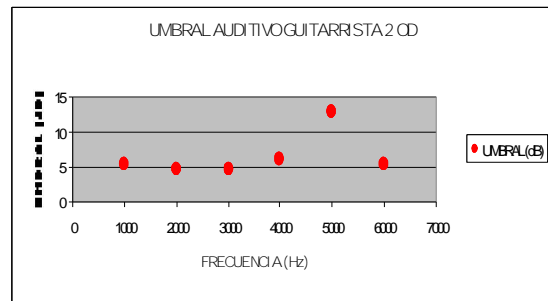
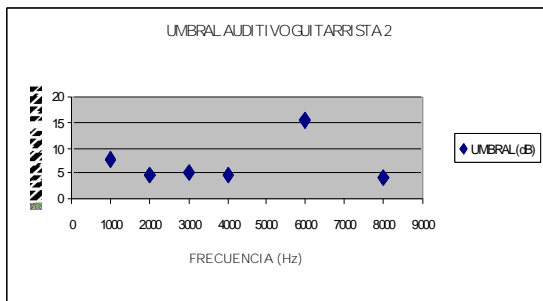
Bajista



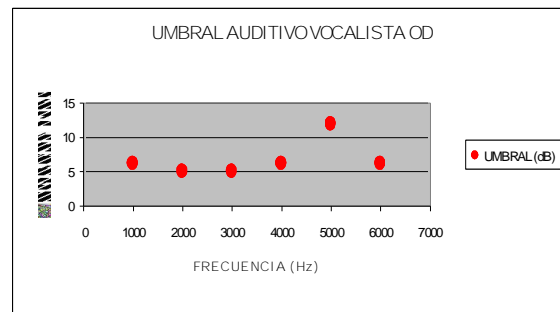
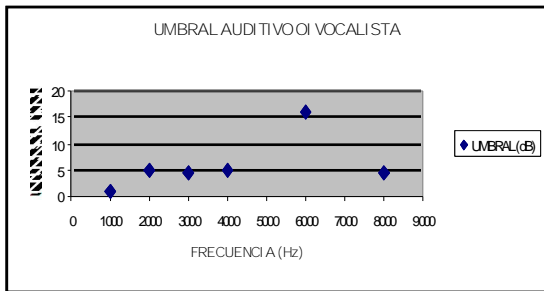
Guitarrista 1



Guitarrista 2



Vocalista



6. CONCLUSIONES

1. Al finalizar el trabajo y una vez que los objetivos fueron resueltos, se puede concluir que al estimar la intensidad sonora aproximada, se puede observar que el promedio a cual están expuestos los músicos con amplificación es de 94 dB, nivel que según la legislación solo se encuentra permitido durante 1 hora diaria. Por lo tanto este valor queda muy por encima de los 85 dB establecido por la norma.
2. Al describir las características audiométricas del grupo estudiado, fue posible apreciar que en la frecuencia de 6000 Hz, hay un desplazamiento considerable en comparación con otras frecuencias, lo cual significa que la pérdida auditiva se puede atribuir, a las altas intensidades que se encuentran en dicho campo espectral. Esto resultó sorprendente, ya que de parte del realizador de este trabajo se esperaba un mayor desplazamiento en la frecuencia de 4000 Hz.
3. El desplazamiento del umbral de audición realizado gráficamente muestra únicamente lo que el músico llegaría a perder si se expone a la emisión de su agrupación musical, sin embargo otros factores como lo son salidas a discotecas, conciertos y otras actividades que generen riesgo no pueden ser tenidos en cuenta para dicho análisis.
4. La dosis de ruido a la que los músicos se encuentran expuestos es demasiada alta, por lo que muchos de ellos solo pueden encontrarse bajo este rigor durante una hora, por lo tanto si se combinan otros factores

tomados en las encuestas, es muy probable que su umbral de audición se desplace en un corto plazo.

5. Es de importancia relevar que no basta solo con informar a la gente, más bien se debe crear conciencia real del problema, ya que por más medidas de higiene auditiva que se enseñen y que se den a conocer, el resultado positivo de éstas sólo dependerá de la disposición que tengan los sujetos por adquirir estos hábitos, lo que será más fácil de lograr si el sujeto ha comprendido que se le está hablando de un problema que podría afectar su salud y en muchos casos, al ejercicio de su profesión.

RECOMENDACIONES

1. La primera recomendación que deben tener los músicos quienes fueron objeto de estudio, es la de no exponerse al tiempo recomendado por la ley, es decir, es necesario que sigan la relación entre tiempo y nivel de exposición.
2. Para la practica o los ensayos con sus instrumentos es obligación por parte de los sujetos el uso de protección auditiva ya sean auriculares o tapones.
3. Existen factores de riesgo como los son aquellos ruidos impulsivos que encontramos, sea en una discoteca, en la calle, en una construcción, en un concierto (feed back), etc. Que son difíciles de evitar, ya que nos atacan de forma desprevenida. La recomendación para este tipo de males que nos acechan, es la de evitar estar tan cerca de los parlantes, o fuentes emisoras para evitar los campos cercanos que estos cubren, y mas bien ubicarnos en los que a nuestro criterio consideremos los campos lejanos o reverberantes.
4. Según las mediciones, los músicos que más protección auditiva necesitan, son los bateristas, ellos con la ayuda de su instrumento llegan en la mayoría de los casos a niveles superiores a los 100 dB.
5. Con respecto a los ejecutantes de cuerdas y vocalistas deben evitar la ubicación cercana a los amplificadores y a las paredes. La ubicación en las paredes para evitar algún tipo de resonancia que generara sobre atenuación en frecuencias bajas que son dañinas para los oídos y para el organismo. Esto dependiendo del material de las paredes.

BIBLIOGRAFIA

- (1)ISO 1999:1990 (E. "Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment". International Organization for Standardization, Geneva, Suiz, 1990.
- (2)ISO 7029:1984 (E). "Acoustics – Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons". International Organization for Standardization, Geneva, Suiz, 1984.
- (3)Federico Miyara
- Rosario, Argentina, agosto de 1997
- E-mail: fmiyara@fceia.unr.edu.ar
- (4). Diamante, V.1992 Otorrinolaringología y afecciones conexas .Buenos Aires: Editorial Promedicina.
- (5). Retomado de Bartual, J; Pérez, N. . (1999) Traumatismos acústicos. El sistema vestibular y sus alteraciones .Tomo II .Barcelona. Editorial Masson.
- ROUVIERE, H.; DELMAS, A. (1999). Anatomía Humana, Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo I . Cabeza y cuello. Barcelona: Editorial Masson

ANEXOS

FORMATO DE ENCUESTA PRACTICADA

1. Antecedentes Médicos:

- ¿Ha recibido tratamiento por alguna de las siguientes enfermedades?

- Infecciones Renales Si () No ()

Cuándo

- Tuberculosis Si () No ()

Cuándo

- Cáncer (Quimioterapia) Si () No ()

Cuándo

- Ha padecido alguna de las siguientes enfermedades?

- Diabetes Si () No ()

Tipo_____ Desde cuándo_____

- Meningitis Si () No ()

Cuándo

- Accidente vascular encefálico Si () No ()

Cuándo

- Tumores de cráneo Si () No ()

- Traumatismos encéfalo craneanos Si () No ()

- Enfermedades auto inmunes Si () No ()

Cuáles

Desde cuándo

- ¿Tiene o ha padecido alguna enfermedad en el oído? Si () No ()

- Si su respuesta anterior fue Si, indique cuál(es) y cuándo.

2. Antecedentes Laborales

- Cuándo ensaya, lo hace:

Amplificado: _____

No amplificado: _____

- Utiliza protectores auditivos: Si () A veces () No ()

- Cuanto tiempo semanal (en horas) dedica a sus ensayos?

- ¿Cuántos años lleva dedicado a la música usando amplificación?

- ¿Ha tenido o tiene alguien de su familia una pérdida auditiva?, ¿Quién?, ¿Por qué?

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS PARA EL SEGUNDO PUNTO

Los siguientes resultados corresponden al segundo punto de la encuesta. El análisis del primer punto se encontrará en la descripción y análisis de resultados específicamente en la descripción de los 23 sujetos según características relacionadas con su audición

		sujetos	1	2	3	4	5
PUNK	BAJO	1	Ampl.	No	10	6	No
	GUITARRA	2	Ampl.	No	10	3	No
	BATERIA	3	NO Ampl.	No	10	4	No
H. METAL	BATERIA	4	NO Ampl.	No	10	3	No
	BAJO	5	Ampl.	No	10	5	No
	GUITARRA 1	6	Ampl.	No	10	5	No
	GUITARRA 2	7	Ampl.	No	10	5	No
	VOZ	8	Ampl.	No	10	5	No
TRIO	VOZ	9	NO Ampl.	No	5	0	No
	SAXO	10	NO Ampl.	No	5	0	No
	PIANO	11	NO Ampl.	No	5	0	No
OCCISOR	BATERIA	12	NO Ampl.	Si	10	10	No
	BAJO	13	Ampl.	Si	10	10	No
	GUITARRA 1	14	Ampl.	Si	10	10	No

	GUITARRA 2	15	Ampl.	Si	10	5	No
INCARNATE D	BATERIA	16	NO Ampl.	No	10	4	No
	BAJO	17	Ampl.	No	10	5	No
	GUITARRA	18	Ampl.	No	10	3	No
	VOZ	19	Ampl.	No	10	5	No
INVA. PATH	BATERIA	20	NO Ampl.	No	10	5	No
	GUITARRA	21	Ampl.	No	10	4	No
	VOZ	22	Ampl.	No	10	5	No

La encuesta aplicada tenía como fin conocer algunos antecedentes otológicos en los músicos; es decir, tener en cuenta que tipo de enfermedades ha tenido el sujeto o que enfermedades han sufrido algunos familiares y que pueden llegar a ser hereditarios afectando su audición de forma acelerada.

Modelo del audiograma aplicado

