

11258

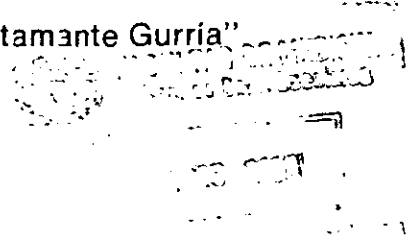
1

SECRETARIA DE SALUD



INSTITUTO NACIONAL DE LA COMUNICACION HUMANA

"Dr Andrés Bustamante Gurriá"



"DETECCION DE DAÑO AUDITIVO INDUCIDO POR MUSICA AMPLIFICADA EN EMPLEADOS DE DISCOTHEQUE"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MEDICO ESPECIALISTA EN: COMUNICACION, AUDIOLOGIA,

OTONEUROLOGIA Y FONIATRIA

P R E S E N T A N :

DRA. MARIA ISABEL BARRADAS HERNANDEZ

ASESORES: MTRO. EN C. SANTIAGO JESUS PEREZ RUIZ  
DRA. ANA ISABEL RON MARTINEZ



MEXICO, D. F.

S. S.  
INSTITUTO NACIONAL DE LA COMUNICACION HUMANA  
"DR. ANDRÉS BUSTAMANTE GURRIÁ"  
JEFATURA DE ADMINISTRACION

2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.


INSTITUTO NACIONAL DE LA COMUNICACION HUMANA.

“DR. ANDRES BUSTAMANTE GURRIA”.

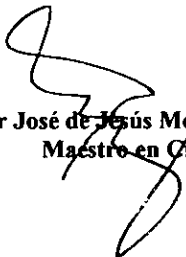
“DETECCION DE DAÑO AUDITIVO INDUCIDO POR MUSICA  
AMPLIFICADA EN EMPLEADOS DE DISCOTHEQUE”



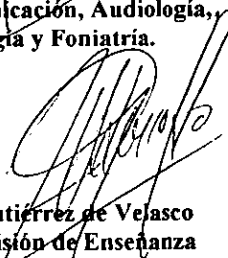
Asesor de Tesis  
Santiago Jesús Pérez Ruíz  
Maestro en Ciencias



Asesor  
Dra Ana Isabel Ron Martínez  
Médico en Comunicación, Audiología,  
Otoneurología y Foniatria.



Dr José de Jesús Morales Martínez  
Maestro en Ciencias



Dra Araceli Gutiérrez de Velasco  
Jefe de la División de Enseñanza



Maestro en Ciencias Yolanda R. Peñalosa López.  
Subdirector de Enseñanza e Investigación

México, D. F. Febrero de 2001.

A Dios, por la vida y una bella familia

A mis Padres por su amor, confianza e invaluable  
apoyo.

A mis hermanos: Jacqueline, César y Saúl por su  
cariño y compañía.

A José, que físicamente no estas, pero sigues vivo en  
mi mente y corazón como alguien tan especial  
e inolvidable, que siempre me acompaña.

Mi agradecimiento sincero a mis asesores de tesis y,  
a mis maestros de especialidad, que estuvieron  
involucrados en mi formación.

## I N D I C E.

1.- INTRODUCCION .....	3
2.- MARCO TEORICO	
Aspectos Históricos.....	5
Generalidades .....	10
Definición y Clasificación .....	17
Anatomía patológica.....	26
Fisiopatología.....	28
Cuadro Clínico.....	29
Mediciones del Nivel de Ruido.....	32
Mediciones del Nivel de Ruido Ambiental.....	35
Metodología de Medición empleada en Discotheques.....	53
3.- HIPOTESIS .....	56
4.- JUSTIFICACION .....	57
5.- OBJETIVOS .....	58
6.- CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION DE PACIENTES	59
7.- MATERIAL .....	60
8.- METODO .....	62
9.- RESULTADOS.....	72
10.- DISCUSION.....	77
11.- CONCLUSIONES.....	79
12.- BIBLIOGRAFIA.....	80

## **INTRODUCCION.**

Como sabemos la comunicación humana requiere de la participación dinámica de diferentes sistemas sensoriales, motores y de integración dentro del sistema nervioso.

La Medicina de la Comunicación humana es una disciplina que surge de cuestionamientos, eventos fisiológicos y sus alteraciones que respaldan procesos por medio de los cuales los seres humanos establecen contacto a un nivel superior con sus semejantes y; es la encargada del estudio de sistemas que llevan a cabo funciones vitales, tales como la del aparato audiovestibular. El oído es uno de los órganos sensoriales complejo e importante encargado de la audición, el cual recibe las ondas sonoras, discrimina sus frecuencias y, finalmente trasmite información auditiva hacia el sistema nervioso central.

Recientemente se ha adquirido un amplio conocimiento en los procesos fisiológicos relacionados con la audición, así como también se han incrementado los métodos auxiliares de diagnóstico que proporcionan evidencias objetivas de las condiciones normales y patológicas del aparato auditivo.

En los últimos años, los cambios culturales por la música han originado un problema nuevo respecto a la hipoacusia inducida por ruido, a saber, el relacionado con la música “rock”, de los grupos “pop” y la música de

discotheques, incrementándose así los niveles de presión acústica a tal grado que se ha excedido la capacidad biológica de adaptación del oído y, por ende, se esperaría encontrar con mayor frecuencia alteraciones en la audición inducidas por música amplificada o por exposición prolongada al ambiente ruidoso; sin embargo esto no es así.

Además debe considerarse que los empleados de clubes de música, discotheques, etc tienen alto riesgo para desarrollar pérdida auditiva inducida por ruido, debido a exposición crónica de este, y por rebasar en forma considerable los niveles de presión acústica de seguridad, así como por el uso infrecuente de protectores auditivos como medidas preventivas.

Los médicos especialistas en comunicación humana, ingenieros en acústica, legisladores, educadores, investigadores e incluso los padres de familia estamos involucrados en la búsqueda de posibles soluciones a dicho problema.

## **ASPECTOS HISTORICOS.**

La primera referencia conocida de las alteraciones auditivas inducidas por ambiente ruidoso, corresponde a Ramazzini, quién en 1700 atribuye al ambiente laboral la pérdida de la audición en un herrero.

En el siglo XIX se inician los estudios formales tendientes a explicar las alteraciones auditivas entre los herreros y, con la introducción de las máquinas de vapor y la pólvora, entre los obreros y militares pero sólo como curiosidad médica. A fines de este siglo, Barr y Habermann realizan estudios formales entre los herreros y, Majutin en los trabajadores de telares.

Al inicio del siglo XX Wittmaack y Siebenmann inician los estudios en animales de experimentación expuestos a altos niveles de ruido, basado en la observación de cócleas.

A partir de 1930, con el uso del audiómetro clínico, las investigaciones tanto en animales de experimentación como en los individuos sometidos al ambiente ruidoso laboral intenso se incrementa y se inicia su formalización.

En 1948 a 1959 la hipoacusia por exposición ocupacional o riesgo a ruido se estableció como una incapacidad susceptible a indemnización en los Estados Unidos (Catlin, 1986) (29, 21, 22).



En nuestro país desde 1960 se difundieron trabajos de Deutsch, Hernández Orozco, Savin, Guerrero, Mojica y otros, en el departamento de fisiología de la Universidad Autónoma de México y en Instituto Nacional de la Comunicación Humana de la Secretaría de Salud sobre el efecto acumulativo del ambiente ruidoso, los efectos teratogénicos, la influencia del ambiente laboral, social y urbano, así como los efectos típicos en áreas laborales de la población urbana (18, 31).

Los criterios de riesgo para el daño han sido formulados por la Academia Nacional de Ciencias, el Comité del Consejo de Investigación Nacional, Bioacústica y Biomecánica para ruido de impacto y estado estable (Kryter 1965, 1970; Kryter y colaboradores 1966; Ward 1968) (29).

En 1970 se emitió el Acta de Salud y Seguridad ocupacional (Occupational Safety and Health Act) debido al gran número de trabajadores que sufrían hipoacusia relacionada con el trabajo. Los criterios de exposición al ruido se especificaron después en las modificaciones para la Conservación de la audición (Hearing Conservation Amendments - HCA) de 1981 (HCA 81) y 1983 (HCA 83). Estas regulaciones establecieron estándares para máxima exposición permisible al ruido ocupacional, procedimientos para reducir niveles excesivos de ruido y vigilancia de la audición del empleado (4, 3).

En la guía para la Conservación de la Audición en el ruido (1969), el Comité para la Conservación de la Audición de la Academia Americana de Oftalmología y Otorrinolaringología han recomendado que se realicen controles de exposición a ruido y pruebas de audición si los individuos están expuestos regularmente a ruido fijo a niveles de 90 dB o más con mediciones en la escala A de la medición del nivel de sonido.

En 1970 se crea la Comisión de Salud y Seguridad Ocupacional en 1970 y, la Comisión de Control de ruido en 1972, secundario a quejas por daño en 1950 y 1960 por el desarrollo de aviones supersónicos con motor (29).

En 1971 la ISO (Organización Internacional de Normas) publicó también el desarrollo de procedimientos para estimar la pérdida auditiva inducida por exposición a ruido, la cual cuenta con una edición en 1999, de la estimación por exposición a ruido ocupacional con propósitos para la conservación de la audición (1, 2, 16).

En México, la Ley Federal del Trabajo establece la tabla de valuación de incapacidades permanentes, dentro de ésta, las sorderas e hipoacusia profesionales (17).

En 1976 se publicó en el Diario Oficial de la Federación un proyecto de reglamento para la prevención y contaminación ambiental originada por la emisión de ruido (32).

En 1982 se publicó en el diario Oficial de la Federación el nuevo reglamento para el control de la contaminación ambiental por emisión de ruido, que entró en vigor en febrero de 1983.

En 1983 en el Instituto Nacional de la Comunicación Humana se realizó un trabajo en una industria ruidosa, encontrándose que los niveles de ruido están por arriba de lo establecido en el nuevo reglamento de protección del ambiente, así como el porcentaje de trauma acústico encontrado en la muestra de estudio fue del 44%, correlacionándose ésta con el nivel de ruido a que esta expuesto, con la antigüedad en el trabajo y con la ocupación anterior (32).

En 1991, se realiza otro estudio en el Instituto Nacional de la Comunicación Humana sobre trauma acústico en integrantes de una orquesta Sinfónica, concluyéndose que el trauma acústico crónico o pérdida auditiva inducida por ruido se puede encontrar en pacientes que han permanecido expuestos a medios ambientes sonoros por periodos prolongados; siendo mayor el porcentaje entre los instrumentos de cuerdas; y presentándose con mayor frecuencia trauma acústico grado I (33).

En un estudio realizado en 16 discoteques Británicas, durante el mes de enero a abril de 1994, cuyo objetivo fue cuantificar la exposición a ruido (música amplificada) en los empleados del bar, empleando un dosímetro en aquellas discoteques donde lo permitían y un micrófono fijo donde no

permitían el acceso; se concluyó que los niveles medidos fueron mayores con la dosimetría que los obtenidos usando un micrófono de posición fija, siendo la diferencia promedio de 2.8dB (A). Además de obtenerse un nivel de exposición promedio del  $93.8 \pm 2.1$  dB (A) para un intervalo de confianza del 95% (36).

## **GENERALIDADES.**

### **EXPOSICION A RUIDO EN TIEMPO LIBRE DE ADOLESCENTES Y ADULTOS JOVENES.**

Hay información considerable hoy en día acerca del ruido, sus efectos dañinos sobre la cóclea y como prevenir la hipoacusia inducida por ruido (NIHL). Se ha hecho un esfuerzo considerable durante las pasadas 4 décadas para abatir el ruido industrial incluyendo programas de conservación de la audición, nuevos y mejores protectores auditivos, uso frecuente de los mismos y programas de abatimiento de ruido técnico. Estos progresos ciertamente han resultado en una mejor situación de la audición que antes. Sin embargo, mientras que hay una percepción general de que las exposiciones al ruido industrial se dirigen hacia una dirección más prometedora, puede considerarse que la situación para las actividades de recreo es probablemente todo lo contrario, particularmente para adolescentes y adultos jóvenes.

### **Algunas de las actividades de recreo ruidosas más comunes.**

Música:

Discotheques.

Conciertos de Pop/ Rock.

Altoparlantes de carros.

Deportes de Motor:

Autos de carreras.

Motocicleta.

Aeroplanos.

Cruceros de motor.

Tractor.

Cacería con escopeta.

Práctica de tiro.

Práctica de tiro en servicio militar.

Juegos.

Fuegos artificiales

Juegos de arcada

Juguetes de armas de fuego.

Silbato, silbar.

## **ACTIVIDADES MUSICALES.**

### **2.1 CONCIERTOS POP ROCK Y DISCOTHEQUES.**

De particular preocupación últimamente han sido los muy altos niveles a los que los adolescentes y adultos jóvenes están expuestos durante conciertos Pop y Rock. Los niveles de sonido en las discoteques pueden ser de 105 – 115 dB (A). Los sistemas de amplificación electrónica han mejorado ampliamente durante los años y, los sonidos pueden ahora ser extensivamente amplificados sin distorsión. Mientras que los amplificadores de 20,000-30,000 watts se usaban en los conciertos de Rock hace 10 años, las bocinas actuales están potenciadas eléctricamente para 100,000-500,000 watts. Los niveles de sonido de tal amplificación no sólo están claramente sobre el nivel de molestia para la mayoría de la gente, sino también implican un riesgo inmediato de trauma acústico con hipoacusia remanente.

Considerando el alto número de adolescentes y adultos jóvenes que se exponen a tales niveles de música, varios cientos de miles cada año, esperaríamos encontrar un número substancial de casos de hipoacusia. Sin embargo, este no es el caso. Ya sea que hay una sorprendente resistencia a este tipo de sonido alto o el tiempo de las exposiciones es limitado. Una probable capacidad de reserva buena del oído interno en los individuos jóvenes puede ser una explicación para la baja incidencia de casos conocidos de hipoacusia

después de tal exposición. Más aún, en la mayoría de los casos, los adolescentes probablemente atienden discoteques una o 2 veces a la semana, por a lo más 3 a 4 horas y, entre 5 y 10 conciertos de rock al año. Obviamente los músicos de pop y rock tienen una exposición marcadamente mayor a niveles de sonido alto que sus audiencias, tanto durante ensayos como en conciertos.

Un número de músicos como Pete Townshend, Rod Stward y Alex Van Halem, todos con muchos años de exposición, han admitido recientemente que han desarrollado hipoacusia y acúfeno, que sienten que fue causado por los niveles muy altos de sonido. Aunque una nueva organización HEAR (Educación auditiva y conciencia para rockeros), ha traído algún interés de los medios, evidencia substancial como resultados de exámenes de audición regulares en músicos de rock y audiogramas individuales son raramente encontrados en la literatura.

Durante investigaciones realizadas en la mitad de los 70, que incluyeron 83 músicos pop, entre ellos las 3 bien conocidas bandas de rock en inglés, Status Quo, Uria Heep y Roxy Music, mostraron una baja incidencia (13%) de hipoacusia. Un seguimiento de algunos de estos músicos de rock 6 o 7 años después mostró un muy pequeño incremento en la hipoacusia (15%). Se requiere obtener más información, preferentemente en estudios prospectivos entre los músicos de rock y sus audiencias.



En una conferencia reciente "Inter-Noise 1989" en los Angeles, diversas presentaciones fueron hechas sobre los conciertos de rock al aire libre. Interesantemente, se descubrió que fue posible tanto en Nueva Zelanda como en Inglaterra reducir los niveles de sonido considerablemente sin quejas de la audiencia y de los músicos.

En el estadio Wembley en Londres, a las bandas se les multa por exceder ciertos niveles establecidos. La experiencia de Wembley muestra que la audiencia estuvo satisfecha con muchos menores niveles que los reportados en conciertos de rock recientemente. No es necesariamente una demanda de la audiencia que los niveles de sonido sean extremadamente altos; esto puede ser de hecho una expresión de alguna clase de competición entre las bandas de rock y sus ingenieros de sonido sobre quién puede lograr la mayor amplificación y, los más altos niveles de sonido. Consecuentemente, puede haber una esperanza de que las actitudes acerca de los altos niveles de sonido pueden cambiar. No sólo los músicos de rock sino también sus audiencias pueden obviamente beneficiarse de un decremento de estos niveles.

Un elemento interesante es como la frecuente y duradera exposición a altos niveles de sonido influencia el comportamiento psicológico y el deterioro auditivo.

Otro aspecto de este problema es que no conocemos la incidencia exacta de hipoacusia sensorineural que es causada por estas actividades, debido a que

los casos reportados inmediatamente después de una exposición a ruido aguda son inusuales. Más aún no se sabe si los sonidos altos pueden conducir a daño por ruido sub - clínico con un riesgo incrementado de hipoacusia sensorineural más tarde en la vida. No sabemos que sucede con la audición en estos individuos al margen de seguir una profesión ruidosa, o como se desarrolla su audición a edades mayores.

Podemos esperar que la capacidad de reserva de un oído joven es tal, que puede soportar los muy altos niveles de sonido producidos por la música pop rock moderna o la música de discoteques.

Sabemos que el acúfeno es altamente prevalente en la población normal. Aproximadamente 15% de una selección aleatoria de la población adulta sufre de acúfeno continuamente. Parece que muchos casos, particularmente de trauma acústico agudo, pueden resultar en un acúfeno permanente e incluso sin mucho nivel de sonido. El acúfeno es tal vez un síntoma que debe recibir más atención en nuestra información a adolescentes.

Sorprendentemente, sólo un número muy limitado de casos son conocidos para los que la hipoacusia sensorineural podría estar conectada con la exposición a música, sin embargo parece que hay una sorprendente resistencia a estos elevados sonidos, por otra parte, la exposición es limitada para la mayoría de los adolescentes.

En resumen, hay una sorprendente contradicción entre el posible daño de niveles altos de sonido y los pocos casos de hipoacusia con los que se puede asociar.

Los consejos tales como “si no eres cuidadoso acerca del ruido alrededor de ti, puedes necesitar un Auxiliar Auditivo cuando tengas 67 años”, suena ridículo para la mayoría de los adolescentes y jóvenes adultos. La responsabilidad para cambiar actitudes está en gran parte en manos de los padres, los productores de aparato de sonido, legisladores ambientalistas, maestros, servicio militar, instructores de defensa del hogar y muchas otras autoridades.

Los comparativamente pobres resultados de nuestros consejos y tácticas de intimidación debe reconocerse y aceptarse. Podría ser mejor tratar de influenciar a la gente joven para que aprecie el maravilloso sentido de la audición (37).

## **DEFINICION.**

Se define al sonido como un movimiento vibratorio que tiene lugar al ponerse en movimiento ciertos cuerpos elásticos, láminas, varillas, membranas y cuerdas, y que se transmite por los cuerpos sólidos, los líquidos o los gases. (9).

**Los sonidos se clasifican desde el punto de vista espectral y variación temporal en:**

- **Sonidos puros** que corresponden a una forma de onda sinusoidal permanente; son estables en el tiempo y no contienen más que una sola frecuencia.
- **Sonidos complejos**, que contienen varias frecuencias, y se dividen en 2 categorías según su aspecto temporal:
- **Periódico** es decir, que su forma de onda se va repitiendo como es el caso de casi todos los sonidos musicales.
- **Aperiódico**, cuya forma de onda no se repite; varía sin cesar y, en la mayoría de los casos el contenido en frecuencia varía también en el tiempo, llamándose ruido.

Considerándose al ruido como sonidos desagradables, molestos e indeseables para el oído humano o como un sonido complejo aperiódico.

La mayoría de los ruidos industriales pueden ser clasificados ya sea como:

- **Ruido de impacto:** prensadoras, martilleo, perforadoras, etc.
- **Ruido estable:** motores diesel, tornos , etc (29).

### **Clasificación conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-40.**

La Clasificación se efectúa de acuerdo con las características de distribución de energía acústica respecto al tiempo y de acuerdo con la distribución de los componentes simples de dicha energía.

- **Ruido Estable:** Es aquel que se registra en una variación de su nivel de presión acústica no superior a  $\pm 2\text{dB}$ .
- **Ruido Inestable:** Es aquel que se registra con una variación de su nivel de presión acústica superior a  $\pm 2\text{dB}$ .
- **Ruido Sostenido:** Es un ruido estable no modificado.
- **Ruido Intermitente:** Es aquel ruido estable recurrente, cuyo nivel máximo se alcanza súbitamente y, después de sostener durante 1 segundo o más, desciende también súbitamente, seguido por una pausa.
- **Ruido Pulsatil:** Es aquel ruido estable recurrente, cuyo nivel máximo se alcanza súbitamente y, después de sostenerse durante menos de 1 segundo desciende súbitamente, siendo seguido por una pausa.
- **Ruido fluctuante:** Es aquel ruido inestable que se registra durante un periodo mayor o igual a 1 segundo.

- **Ruido Impulsivo:** Es aquel ruido inestable que se registra durante un periodo menor a 1 segundo.
- **Ruido Periódico:** Es aquel cuya emisión energética se distribuye isomórficamente en el tiempo en forma cíclica y a intervalos regulares.
- **Ruido Aleatorio:** Es aquel que no cumple con la definición de ruido periódico.
- **Ruido Blanco:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de +3dB/octava.
- **Ruido Magenta:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de -5dB/octava.
- **Ruido Morado:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de -6dB/octava.
- **Ruido Rojo:** Es aquel ruido de energía controlada cuyo espectro presenta una pendiente de -3dB/octava.
- **Ruido Rosa:** Es aquel ruido de energía controlado cuyo espectro presenta una pendiente de 0dB/octava (20, 31).

**Existen evidencias de que los efectos inducidos por ruido dependen invariablemente de:**

1. **Intensidad del ruido:** A mayor intensidad del ruido mayor severidad de la lesión.

2. **Frecuencias fundamentales del ambiente ruidoso:** Cuando el análisis espectrográfico del ambiente ruidoso indica predominancia de frecuencias entre 7.5 a 1KHz, los efectos son mayores que los registrados en otras frecuencias.
3. **Tiempo de Exposición:** A mayor tiempo de exposición mayor grado de lesión.
4. **Intermitencia del ruido:** El ruido continuo tiene menor efecto que el interrumpido. Este efecto parece depender de la falla en el sistema de protección del sistema muscular del oído medio, el cual puede desfasarse respecto al ruido y, por ende, se refuerza el efecto de presión acústica en lugar de amortiguarse.
5. **Periodo de Recuperación:** Cuanto mayor es el nivel de intensidad o de exposición al ambiente ruidoso se requiere de mayor tiempo para la recuperación de la función auditiva.
6. **Edad:** Estudios de campo indican mayor labilidad y fatiga en los oído jóvenes; sin embargo después de la 5<sup>a</sup> década de la vida, pueden asociarse factores como la Presbiacusia y lesiones degenerativas del ganglio espiral causados por la edad.

7. **Sexo:** No existen diferencias en el efecto del ambiente ruidoso con respecto al sexo. Sin embargo el tiempo de recuperación es ligeramente más corto en el sexo femenino con relación al masculino, lo que sugiere mayor resistencia en los oídos femeninos.
  
8. **Susceptibilidad individual:** Está relacionado con caracteres particulares de cada persona, así las personas con labilidad emocional alta o bajo condiciones de estrés son afectados con mayor intensidad.
  
9. **Enfermedades concomitantes:** Las enfermedades propias del oído como son: otitis media supurada, Otomastoiditis crónica, trastornos tubarios, la otoesclerosis disminuyen el efecto del ambiente ruidoso. Los padecimientos de tipo metabólico como: Diabetes Mellitus, albinismo, hiper e hipotiroidismo, así como las alteraciones cardiovasculares y de columna cervical, deben facilitar el efecto nocivo del ruido (31, 18, 30, 27).



## **CLASIFICACION.**

Tradicionalmente, el daño al sistema auditivo producido por ruido se divide en 2 grupos:

- 1. Traumatismo acústico (TA)** por exposición única y de alta intensidad al ruido.
- 2. Hipoacusia por exposición crónica al ruido (HECR)**, que es el producto de exposiciones repetidas de moderada intensidad, considerando que el tiempo de exposición y la intensidad del ruido tienen una función importante en el desarrollo del daño auditivo (8).

### **Alteraciones Histológicas reportadas en cada grupo:**

En el Trauma acústico se han señalado laceraciones en la membrana coclear con perforaciones de la lámina reticular, colapso de los vasos de la pared externa de la cóclea y degeneración capilar, edema de la estría vascular y mayor daño a las células ciliadas externas.

En la Hipoacusia por exposición crónica a ruido (HECR), se produce una disminución de la luz vascular a nivel de la pared lateral coclear, acumulación de glóbulos rojos en los capilares de la estría vascular, con el subsecuente edema de esta estructura, engrosamiento de las paredes capilares, procesos degenerativos de las células ciliadas externas del órgano de Corti y de las

células de soporte. En lesiones graves hay lesión de células ciliadas internas y externas, y aplanamiento o pérdida completa del órgano de Corti.

Por otro lado, sabemos que las frecuencias de alta intensidad lesionan estructuras de las porciones basal y media de la cóclea, y las de baja intensidad afecta elementos de la porción apical.

El área que más fácilmente se afecta por el ruido se encuentra localizada a unos 10mm de la ventana oval, en la región de los 4,000Hz (8, 30).

**Otra Clasificación es la de Larsen, de acuerdo a los estudios audiométricos en estos pacientes, y los divide en 3 grados:**

- 1. Primer grado:** Inicialmente no tienen trastornos auditivos y oyen bien la palabra hablada, pero el audiograma muestra una caída entre 20 y 30dB en el tono de 4,000Hz, que se recupera en el extremo tonal agudo.
- 2. Segundo grado:** El audiograma muestra mayor descenso del umbral, la hipoacusia es manifiesta, siendo la pérdida de unos 40dB y, aunque existe cierta recuperación en tonos más agudos, esta siempre es menor que en el primer grado.
- 3. Tercer grado:** La caída de la curva es acentuada, hay acúfeno y reclutamiento intenso, el umbral decrece hasta 60dB o más, abarcando gran extensión de la zona tonal. (8).

**Clasificación del Trauma Acústico en Medicina del trabajo, desde el punto de vista clínico y de Medicina del Trabajo:**

**1. Trauma Acústico Agudo:** Por acción sonora súbita, con lesión al oído medio y/o interno.

Clasificado como Accidente de Trabajo.

**2. Trauma Acústico Crónico:** Por exposición sonora prolongada, con lesión del oído interno.

Clasificado como Enfermedad laboral (32).

**Clasificación de las Hipoacusia por ruido:**

1. Muesca ligera a 4KHz (discriminación, 96%).

2. Aumento de amplitud y profundidad de la muesca de 4KHz (discriminación, 80%).

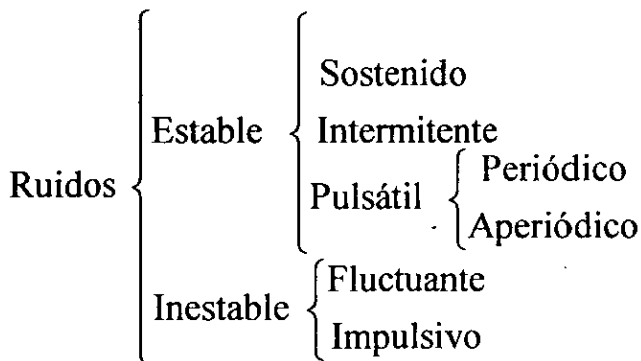
3. Hipoacusia importante a 5 o 6KHz (discriminación, 70%).

4. La pérdida se profundiza en un periodo de años, con inclinación a la izquierda (discriminación, 60%).

5. Pérdida completa de la percepción de frecuencias altas (discriminación, 30%) (10).

### **Clasificación del ruido según su distribución temporal.**

1. Un ruido puede ser estable o inestable, teniendo en cuenta la variación de su nivel de presión acústica durante el lapso que actúa.
2. Un ruido puede ser sostenido, intermitente o pulsar, si la variación de su nivel de presión acústica durante su registro, es pequeña (menor  $\pm 2\text{dB}$ ).
3. Un ruido puede ser fluctuante o impulsivo, sin la variación de su nivel de presión acústica es grande (mayor  $\pm 2\text{dB}$ ).
4. Un ruido puede ser periódico, o aleatorio, teniendo en cuenta la repetición sistemática de su emisión energética.
5. Un ruido intermitente, pulsátil, fluctuante o impulsivo puede ser a su vez periódico o aleatorio (20).



## **ANATOMIA PATOLOGICA DEL DAÑO AUDITIVO INDUCIDO POR RUIDO.**

Existen descripciones proporcionadas desde 1908 por Siebenmann y Yoshii (40) que reportaron cambios histológicos observados con microscopio de luz en la hipoacusia inducida por ruido experimentalmente. Dichos cambios tempranos ocurrieron en las células ciliadas externas, consistiendo en pérdida de estereocilios seguida por deformación, inflamación y desintegración del cuerpo celular. Las células de sostén, de Deiters y las células de Hensen se deterioraron con una severidad progresiva de la lesión. Finalmente las células ciliadas internas se afectaron y eventualmente se atrofiaron las neuronas cocleares.

Merkle en 1954 y Neubert y Wüstenfeld en 1955 (41), demostraron que el efecto en los núcleos de las células pilosas se relacionaba directamente con la intensidad y duración de la exposición a ruido.

En 1957 Mizukoshi y colaboradores y, Beck en 1959 (42) mediante técnicas de preparación de superficie con métodos histoquímicos mostraron disminución en el ácido ribonucleico de la células ciliadas, que fue proporcional a la intensidad del estímulo.

Misrahy y colaboradores en 1958 (43) encontraron que la tensión de oxígeno endolinfático aumenta después de la exposición a ruido, y posteriormente disminuye rápida y marcadamente.

En 1958 Vosteen (44) mostró que la enzima respiratoria, la deshidrogenasa succínica disminuye primero en los extremos del nervio y después en las células ciliadas externas posterior a exposiciones prolongadas de niveles de presión de sonido de 80 a 85sB. El efecto fue considerado menor cuando el estímulo fue interrumpido periódicamente.

En 1964 Igarashi y colaboradores; y McGill y Schuknecht en 1976 (45) encontraron pérdida de células ciliadas y células de apoyo en regiones de 9 a 13mm (29).

## **FISIOPATOLOGIA.**

### **Traumatismo Agudo.**

Como resultado de la exposición a un ruido agudo de alto nivel de intensidad pueden suceder varias cosas. Si es de gran intensidad (estallido o ruido de percusión) se produce ruptura de la membrana timpánica, en estos casos, la ruptura actúa como válvula de seguridad para evitar que de otro modo fuera mayor el daño para la cóclea. En el traumatismo acústico agudo sin rotura timpánica, las hipoacusias cocleares pueden ser totales, graves o moderadas.

En traumatismo agudo por exposiciones intensas y cortas, las alteraciones se deben a lesión mecánica causada por vibración excesiva del órgano de Corti, por niveles de ruido elevados, y consiste en lesión de células ciliadas externas de la espira basal, cerca de la ventana oval.

En exposiciones más largas se producirá destrucción total del órgano de Corti, con ruptura de la membrana de Reissner.

### **Hipoacusia crónica inducida por el Ruido.**

Aquí el mecanismo de una serie progresiva de excitaciones traumáticas da como resultado una amplitud de desplazamiento asimétrica de la membrana

basilar. La zona de 4KHz de la espira basal de la cóclea es el punto más vulnerable.

Según Lenhardt el fenómeno se debe al hecho de que estas regiones de la membrana basilar, cuyas frecuencias de vibración características son más altas que la frecuencia de tono estimulador, son sacudidas más vigorosamente que las zonas que tienen una frecuencia característica más baja; las del vértice coclear (29, 11).

## **CUADRO CLINICO:**

### **Traumatismo Acústico Agudo.**

La historia del paciente con traumatismo acústico agudo está bien definida cronológicamente. La aparición de la hipoacusia súbita y el acúfeno se relaciona con un accidente en particular o con un episodio breve, que puede ser la exposición a un ruido intenso y súbito, con onda explosiva o sin ella, o con traumatismo craneal o auditivo directo.

El vértigo puede mencionarse como un síntoma transitorio en el momento del accidente.



A la otoscopia se observa congestión vascular en la membrana timpánica, o perforación timpánica y posible lesión osicular y cocleovestibular cuando se asocia con lesión por estallido; pudiendo dar como resultado una fistula de la ventana oval o de la redonda, y se caracteriza por flujo perilinfático circundado por filamentos fibrosos.

Audiométricamente se observa una muesca a 4KHz a pérdidas mayores en todas las frecuencias por encima de 500Hz, la cual se acompaña de un deterioro del umbral de recepción del habla y del resultado de discriminación de la misma.

En algunos casos habrá hipoacusia total (anacusia), donde se indicará la exploración quirúrgica inmediata para localizar una posible fistula perilinfática de las ventanas redonda u oval, la cual de existir proporcionaría cierta ganancia auditiva la intervención quirúrgica reparadora.

Puede presentarse nistagmus espontáneo y existir respuestas electronistagmográficas muy disminuidas.

### **Hipoacusia Crónica inducida por Ruido.**

La Historia del paciente con esta hipoacusia inducida por ruido suele ser muy indefinida.

Es posible que aparezca el acúfeno y secundariamente la hipoacusia, lo cual es cierto en pacientes con una clásica muesca bilateral a 4KHz y audición relativamente buena en otras frecuencias.

El Vértigo es raro.

La otoscopia generalmente es normal, a menos que haya otra enfermedad otológica no relacionada.

Audiométricamente se encuentra: a) hipoacusia con muesca específica a 4KHz; b) cambios del umbral de recepción del habla; c) Reclutamiento de intensidad, y d) Diploacusia (29, 14).

## MEDICIONES DEL NIVEL DE RUIDO.

La medición de los niveles de ruido se realiza mediante el instrumento básico que es un medidor de nivel sonoro. El medidor se calibra de tal forma que el módulo ponderado (lineal) de los niveles de presión sonora (de 0 dB SPL) sean iguales a 20 $\mu$ Pa, este tipo de medidor usualmente está equipado con tres filtros de frecuencia o sistemas de ponderación de frecuencia que se designan con letras A; B, C y D. Estos sistemas de ponderación están diseñados bajo dos criterios:

- a) Que se puedan ajustar fácilmente.
- b) Que se aproximen a las características de respuestas del oído humano a los diversos niveles de sonido.

La escala de ponderación A disminuye la energía sonora en frecuencias altas y bajas hasta una magnitud que compara la curva de audibilidad humana (menores de 55 dB). Es la más usada.

La escala de ponderación B tiene atenuada una gama de frecuencias menor. Su uso no es frecuente.

La escala de ponderación C intenta representar percepción del nivel de intensidad sonora a elevadas intensidades (superiores de 85 dB), y es casi lineal (ligera filtración).

Algunos medidores pueden tener una escala de ponderación D, que se utiliza para medir la molestia que provoca el ruido de aeroplanos en zonas residenciales.

La escala de ponderación A es importante para encuestas sobre ruido, debido a que las normas mundiales (federales y estatales) para exposición permisible al ruido se especifican en dB de escala ponderada A.

La escala C es útil para decidir que protectores auditivos son apropiados (y para mediciones espectrales). Es posible lograr una rápida valoración espectral del ruido si se comparan lecturas dBA y dBC. Si no hay diferencia en las lecturas entre las escalas, el flujo de energía es bajo; a mayor diferencia, existe mayor energía de baja frecuencia.

El empleo correcto de estos sistemas puede dar una idea de la distribución de las frecuencias del ruido estudiado.

Los niveles de sonido obtenidos con un medidor A ponderado se expresan en dB A.

Ninguno de los métodos de medición mencionados toma en cuenta la duración de la exposición, que es uno de los factores más importantes para determinar los riesgos de pérdida auditiva provocada por ruido.

**Existen tres tipos de medidores para medir el ruido:**

- a) **Medidores de Nivel Sonoro:** Es el más usual, mide valores instantáneos y contiene los tres sistemas de ponderación en frecuencia: A, B y C, ya mencionados.
  
- b) **Analizadores de frecuencia:** Se emplean cuando es necesario conocer la distribución de la energía sonora en función de las frecuencias y, requiere el uso de analizadores que normalmente vienen equipados con filtros pasa banda con un ancho de una octava o fracción.
  
- c) **Dosímetros o Monitores de sonido:** Cuando se desean hacer intervenir la variable tiempo a fin de determinar la cantidad de dosis de exposición a ruido excesivo (32, 34).

## **MEDICIONES DE NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL.**

Las mediciones de campo pueden ser muy variables y en ocasiones esto puede ocasionar que una medición del ruido ambiental sea bastante inexacta, por lo que se debe determinar si el equipo o el ambiente causan dicha variabilidad.

Hay seis principales elementos que afectan la exactitud de una medición del ruido.

- 1) La naturaleza de la fuente del ruido.
- 2) El ambiente en donde se tomaron las mediciones, incluyendo topografía.
- 3) El tipo de medidor del nivel de sonido empleado de incidencia aleatoria o directa.
- 4) La calibración del medidor y las normas de desempeño.
- 5) La operación correcta del medidor (usuario y configuración apropiada).
- 6) Proceso de medición estadística.

## **NATURALEZA DE LA FUENTE DEL RUIDO.**

Deben realizarse mediciones preliminares para determinar si el sitio tiene un estado de ruido estable, o si hay algún tipo de modulación acústica que evite tomar una medición por simple promediación.

Muchos sitios tendrán múltiples fuentes de sonido que pueden estar a la vista u ocultas, lo que pueden implicar un problema para la medición adecuada de las emisiones de ruido.

Los sitios que tienen niveles de sonido modulantes pueden requerir un análisis de histograma, esto es una medición estadística basada en el tiempo que predice la probabilidad de exceder cierto nivel de sonido, frecuentemente llamado  $L_x$ , en donde  $x$  representa la probabilidad del factor de excedencia en porcentaje de tiempo.

Existen dos normas para evaluar la naturaleza temporal del sonido:

- a) ANSI S1.13-1995, indica lineamientos generales para clasificar y medir diferentes tipos de sonido en varios ambientes y desarrollar una estrategia de medición.
- b) ANSI S12.18-1994 constituye una guía para realizar dos tipos de mediciones (general y de precisión) e indica lineamientos y duración de la medición, con base en las características temporales del sonido. (Ver tabla).

<b><i>Duración de Mediciones sugeridas.</i></b>			
	<b>Rango Anticipado grandemente</b>		
Ruido natural Temporal	<10 dB	10-30 dB	>30 dB.
Ruido Estable	2 min.	N/A	N/A
Ruido Continuo Fluctuante	5 min.	15 min.	30 min.
Ruido Continuo impulsivo.	5 min.	15 min.	30 min.
Ruido Intermitente (todos tipos)	10 x 15 min.	10 x 15 min.	10 x 30 min.

Para verificar y validar las mediciones, se recomienda al menos tres mediciones separadas. En el caso de ruido intermitente, se hacen al menos 10 mediciones separadas y se realiza un análisis estadístico.

ANSI S12.9-1993/Parte 3 aborda las mediciones de sonido realizadas por un operador e indica lineamientos para la recolección de datos, precauciones al realizar las mediciones, análisis de los efectos del ruido de fondo y jerarquiza la compatibilidad de uso, así como utilizar una hoja de trabajo para las mediciones y el análisis de histograma.



ANSI S12.9-1993/Parte 3 provee una guía para evaluar los niveles de sonido de fondo y sus contribuciones a la medición de ruido total. La tabla siguiente presenta las correcciones a los niveles medidos de sonido de fondo. La línea  $\delta$ dB es la diferencia en decibeles entre el nivel de sonido de operación medido y el nivel de sonido de fondo. Logarítmicamente esto se puede expresar como:

$$L_p = 10 \text{ Log } [10^{(L_{p2}/10)} - 10^{(L_{p1}/10)}]$$

En donde  $L_p$  es el nivel de sonido ajustado,  $L_{p1}$  es el nivel de sonido de fondo y  $L_{p2}$  es el nivel de sonido total medido.

<i>Decibel (dB) Correcciones para los niveles de sonido de fondo.</i>								
$\delta$ dB	10	9	8	7	6	5	4	3
dB Ajustado	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.3	-1.7	-2.2	-3.0

## MEDIOAMBIENTE.

Para sitios abiertos se debe considerar el efecto del viento sobre la medición del sonido. Para esto se usan protectores que evitan la incidencia directa del viento sobre el micrófono, aunque también debe calcularse el efecto que tiene el viento sobre el protector en la medición. La Tabla siguiente muestra las correcciones de las mediciones que deben hacerse para compensar los efectos protectores de la humedad del aire a distintas frecuencias.

<b>Corrección para efectos protectores de la humedad del aire de 0° de incidencia para frecuencias seleccionadas.</b>											
Frec. (Hz)	1.5K	2K	3K	4K	5K	6K	7K	8K	9K	10K	12K
(dB)	0.0	1.5	2.5	2.0	2.2	2.2	1.5	1.2	1.0	0.5	0.0

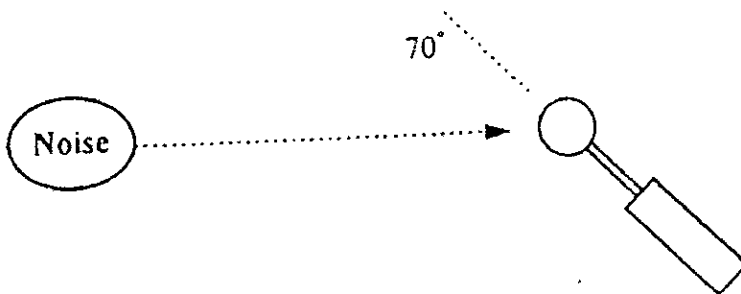
Los gradientes termale atmosféricos también causan resultados acústicos inusuales o inesperados durante las mediciones. Los gradientes de temperatura del aire caliente sobre el aire frío enfocan la onda acústica hacia abajo.

## **MEDIDORES DE NIVEL DE SONIDO Y SU EMPLEO.**

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI) han establecido 4 normas que gobiernan a los medidores de nivel de sonido (SLM): IEC 651, IEC 804, ANSI S1.4 y ANSI S1.43; todos especifican medidores de nivel de sonido tipo 1 o 2 (el tipo se refiere a la precisión; el tipo 1 es de laboratorio y el tipo 2 es de campo) con requisitos de desempeño casi iguales. IEC 651 y ANSI S1.4 son para los medidores viejos con circuitos tipo “RC” con constantes rápida, lenta y de tiempo de impulso. IEC 804 y ANSI S1.43 cubren los medidores nuevos digitales de integración de promedio.

Los estándares IEC y ANSI son similares con la excepción de como especifican la calibración de la sensibilidad del micrófono del medidor. IEC usa la incidencia directa del método de campo libre, mientras ANSI usa el método de incidencia aleatoria. La principal diferencia entre mediciones de nivel de sonido de incidencia aleatoria y directa ocurre por encima de los 1000Hz cuando el ruido ya no es omni-direccional y las frecuencias mayores sensibles a la dirección, pueden afectar las mediciones.

Los medidores ANSI están especificados para ambientes difusos omnidireccionales en donde el sonido puede estar distribuido o es posible múltiples trayectorias de sonido. El medidor nunca es orientado hacia la fuente del sonido en una condición de campo libre, ya que esto puede dar como resultado niveles de sonido artificialmente altos. El ángulo sugerido de incidencia y calibración es  $70^\circ$  del eje del micrófono. Así cuando se usa este tipo de medidor, se sostiene de modo que la dirección de la fuente de sonido este dentro de un ángulo cónico de  $\pm 22^\circ$  en un ángulo nominal de  $70^\circ$  de incidencia; como se muestra a continuación.



ANSI S1.4, S1.43 Angulo de Incidencia Nominal medidor del nivel de sonido.

5	Cambios sensibles (clima cálido) (dB)	0.3	0.5
6 <sup>a</sup>	Linealidad en rango primario (dB)	0.7	1.0
6b	Linealidad en rango extendido (dB)	1.0	1.5
7	Exactitud en la incidencia del sonido aleatorio (dB)	(1)	(1)
8	Error direccional ± 22.5° sin operador.	(1)	(1)
9	Error direccional para cualquier ángulo de incidencia. Sin operador presente.	(1)	(1)
10 <sup>a</sup>	Exactitud de tiempo exponencial de peso (2) (dB)	0.5	1.0
10b	Exactitud de tiempo exponencial de peso (3) (dB)	1.5	
11	Exactitud en mediciones de banda ancha	(4)	

El error total esperado es la suma de los atributos determinados por el usuario. Esto está basado en el ambiente y circunstancias de la medición. El total de error esperado se calcula para cada octava de banda con:

$$E = \pm (\sum T_i^2)^{1/2}$$

En donde  $T_i$  es el valor absoluto más grande de la tabla.

La selección de la exposición rápida o lenta afecta la sensibilidad del detector del medidor (vea elemento 10 de la tabla anterior). Con medidores análogos, lento fue el único método para obtener una integración a ojo y obtener una

El mantener el medidor de nivel de sonido correctamente es tan crítico como operarlo correctamente. El individuo que sostiene el medidor se vuelve una parte de la medición y, por tanto debe tener cuidado de minimizar errores causados por el reflejo del sonido sobre él. Si el operador mantiene el medidor en frente de él, los niveles medidos en el rango de 300Hz a 1000Hz se ven afectados por la reflexión del cuerpo de 2 a 3 dB. La forma correcta de sostener el medidor es enfrente y a un lado del cuerpo. Para mediciones críticas, el medidor debe estar en un tripié y el operador al menos 2 pies (60cm) atrás y a un lado del medidor.

### **ESPECIFICACIONES PARA MEDIDORES DE NIVEL DE SONIDO. ANSI S1.4-1983.**

El ANSI S1.4-1983 provee una tabla del resumen del total de errores permisibles esperados en las mediciones.

<b>Error en las Mediciones.</b>			
Características de la medición del nivel de sonido y Tipo:		Tipo 1	Tipo 2
1	Exactitud (dB)	0.7	1.0
2	Atmósfera Ambiental (dB)	0.3	0.5
3	Temperatura Ambiental (dB)	0.5	0.5
4	Humedad Ambiental (dB)	0.5	0.5

medición promedio. Para un estado de ruido constante, ANSI S1.4-1983 establece que la diferencia del nivel de sonido no debe ser mayor que 0.1dB con promedio de tiempo de ponderación lento o rápido. Sin embargo, eventos de ruido transitorios y aleatorios, o estallidos tonales en el rango de duración de un milisegundo, siempre afectan una medición. Es decisión del operador seleccionar el mejor método basado en la observación del medidor. La configuración de medidor sugerida para medidores de tipo no-integrador es la siguiente. Si los niveles observados fluctúan menos de 3 dB con lenta, escoger lenta; si el nivel fluctúa más de 3 dB, seleccionar rápida. Aunque esta selección es frecuentemente hecha por el operador, ANSI S1.13-1995, provee alguna guía para tomar esta determinación.

## **ANALIZADORES DE SEÑAL.**

El emplear un analizador digital integrador de señales en tiempo real, para las mediciones y análisis del nivel de sonido, es una práctica común. Desafortunadamente, no todos los usuarios están al tanto de lo que un proceso Transformada rápida de Fourier (Fast Fourier Transform - FFT) puede hacer a una medición de sonido. Con el advenimiento de equipos con un procesamiento FFT en tiempo real, surgen ciertos problemas que deben ser compensados y están más allá del alcance de este documento. Las “funciones ventana” fueron desarrolladas para corregir estos problemas y tienen nombres

familiares tales como Hanning, Hamming flat-top y rectangular. Los dos más comúnmente usados son ventanas Hanning y rectangular.

La ventana Hanning se usa para incrementar la definición del espectro pero a expensas de exactitud de amplitud. Para señales que no están cerca del centro de la ventana, es posible que exista un error de hasta 1.8 dB. En el modo de ventana rectangular, la exactitud de la amplitud se alcanza en detrimento de la resolución espectral. Cuando se estén intercambiando estas dos funciones, hay que recordar que ventana se usó durante la calibración. Todos los análisis o mediciones transitorias deben ser hechos sólo con una ventana rectangular, ya que ésta provee un peso igual a lo largo del periodo de medición.

Muchos analizadores FFT producen presentaciones de datos en banda de octava y una fracción de octava, sintetizando las bandas de la medición mediante bandas más angostas. Esto puede producir ligeras diferencias de banda que pueden no concordar con ANSI S1.11-1986 (R-1993).

## **MEDICIONES ESTADISTICAS.**

Para señales con variación de tiempo, implica que la medición debe tomarse con un enfoque estadístico con suficientes datos, para que de forma confiable, se puedan hacer juicios sobre la medición. Las señales variables en el tiempo o



ruido aleatorio son las variables clave, ya que las señales de estado constante o sonido no requieren de un análisis estadístico.

El periodo Dwell es el periodo de tiempo en el cual se mide el sonido y el de banda ancha esta normalmente predeterminada (por ejemplo, octava de banda, fracción de octava de banda, etc). Este método creó el conocido producto periodo por banda ancha (BT) y, un enfoque estadístico fue desarrollado para posibilitar a los usuarios el reclamo de cierta exactitud de medición dentro de ciertos límites de confianza. Para asegurar la medición exacta de un evento, se requiere de un periodo de Dwell suficiente para capturar totalmente las señales de tiempo variable. Por este argumento, la varianza del tiempo se considera suficientemente corta que el ancho de banda (B); es adecuada para capturar el evento, en donde  $t=1/B$ . Para varianzas de un periodo de tiempo más largo, se requiere un análisis de histograma ( $L_x$ ) en donde x representa un porcentaje del tiempo en el que el nivel del sonido excede o iguala a L. Este método registra los niveles de sonido medidos en un intervalo de tiempo; normaliza la distribución de los datos en términos del número de eventos contra el nivel de sonido y, presenta un estimado estadístico de los niveles de sonido esperado. Hoy, muchos de los nuevos medidores tienen la capacidad de realizar este análisis estadístico.

Las señales determinísticas de frecuencia f se ven afectadas principalmente por las partes electrónicas del medidor. La exactitud de amplitud de la señal medida se estabiliza dentro de  $\frac{1}{4}$  dB cuando se promedian al menos seis

periodos ( $1/f$ ). Así, es obvio que se requiere poco tiempo de medición para estos tipos de señales.

Para las señales variantes en el tiempo o aleatorias, el error es más complejo y la siguiente expresión, tanto para Randall y Piersol (46), describe la función de error aleatoria de una medición acústica como:

$$\varepsilon = \pm 1 / 2(BT)^{1/2}, BT \gg 1 \quad (3)$$

y en forma de decibel es

$$\varepsilon = \pm 4.24 / (BT)^{1/2} \text{ dB}, BT \gg 1 \quad (4)$$

En donde T es el periodo de tiempo promedio y la probabilidad de estar dentro de  $1\varepsilon$  es 68.3%,  $2\varepsilon$  es 95.5% y  $3\varepsilon$  es 99.7%.

La siguiente tabla muestra el error de ruido aleatorio Gaussiano para varios valores BT basada en Eq. (4). Nótese que esto es independiente de cualquier frecuencia diferente de B es el de banda ancha.

<b>Error del Ruido aleatorio Gaussiano, dB vs. Producto BT</b>									
<b>Producto BT</b>									
<b>Desviación Estándar</b>	<b>Nivel Confiable</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>110</b>	<b>220</b>	<b>330</b>
<b>1E dB (±)</b>	<b>68.3%</b>	<b>1.4</b>	<b>1.0</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.2</b>
<b>2E dB (±)</b>	<b>95.5%</b>	<b>2.8</b>	<b>2.0</b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>
<b>3E dB (±)</b>	<b>99.7%</b>	<b>3.2</b>	<b>3.0</b>	<b>2.4</b>	<b>2.1</b>	<b>1.8</b>	<b>1.2</b>	<b>0.9</b>	<b>0.7</b>

Muchos medidores sólo ofrecen una selección (integración) de periodos de tiempo para realizar una medición. La tabla siguiente lista los tiempos de integración y el producto BT basada en periodos de tiempo de integración comúnmente encontrados. Nótese que la tabla sólo esta parcialmente completada para los valores BT bajos de interés.

Producto BT para frecuencias centrales de octava de banda.											
Frec. (Hz)		16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1s		11	22	44	88	177	355	710	1420	2840	5680
5s		55	110	220	440	885					
10s		110	220	440	880						
20s		220	440	880							
30s		330	660								
60s		660									

Se está asumiendo que el tiempo de integración se aplica equitativamente a cada octava de banda, serialmente o en paralelo. Se muestra aquí que una duración de medición de 20 segundos es adecuada para propósitos estadísticos. Si se mide en la octava de banda de 16 Hz, 30 segundos son los adecuados. Nótese que un periodo de un segundo da como resultado un producto BT igual al de banda ancha nominal de la octava de banda. El substituir el producto BT en la Eq.(4) dará como resultado en la probabilidad correspondiente o nivel confiable.

Una revisión de las dos tablas previas muestran que un nivel confiable de 99.7% ( $\pm 0.7\text{dB}$ ) se obtiene fácilmente para la integración típica o periodos de tiempo de 30 segundos, si el  $BT \geq 330$ . ANSI 12.9-1999/Parte2 recomienda un nivel de confianza de 95% para mediciones de ruido ambiental, pero con

desviaciones estándares de  $\pm 3\text{dB}$  y  $\pm 5\text{dB}$ , dependiendo del tipo de investigación. También provee información para calcular límites de confianza de 90% y 95% basado en la distribución chi-cuadrado.

El trabajo citado también es aplicable para análisis en tiempo real digital (FF) cuando el BT es siempre la unidad. El producto BT efectivo se vuelve en  $N \cdot \text{BT}$  que se vuelve simplemente  $N$ , en donde  $N$  es el número de mediciones independientes hechas y  $N \gg 1$ ; típicamente 16, 32, 64, etc.

En el proceso FFT cada medición produce 2 grados libres, que no debe ser confundido con el número de mediciones,  $N$ . El total de grados libres en una medición es  $2N$  y muchas tablas y fórmulas usan el número de grados de libertad (dof) en lugar del producto  $\text{BT}$  o  $N$ . Una de las tablas anteriores provee un listado conveniente de errores aleatorios versus  $N$ , el número de mediciones independientes conducidos con un analizador de señal.

La siguiente tabla presenta las mediciones estadísticas chi-cuadrado de error de ruido aleatorio para  $N$  mediciones de Steele. Peterson (47), también da una presentación gráfica de una distribución chi-cuadrado, que es comparable la tabla siguiente, pero no provee un método para calcular valores.

<b>Chi-cuadrado de error de ruido aleatorio, dB vs N Mediciones.</b>							
Desviación Estándar	Nivel Confiable	N Mediciones					
		16	32	64	128	256	512
1ε	68.3%	+1.2	+0.8	+0.6	+0.4	+0.3	0.2
		-1.0	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2
2ε	90%	+2.0	+1.4	+0.9	+0.7	+0.4	+0.3
		-1.6	-1.2	0.9	-0.6	-0.4	-0.3
3ε	98%	+2.9	+1.9	+1.3	+0.9	+0.7	+0.5
		-2.3	-1.7	-1.3	-0.9	-0.6	-0.4

El producto BT y el número de mediciones N son intercambiables en estas tablas y es evidente que los medidores con periodos de integración o medición mayor o igual a 30 segundos, generalmente producen mediciones con resultados aceptables.

### **NUMERO DE POSICIONES DE MEDICION EN EL SITIO.**

El número de posiciones de medición alrededor de pieza de equipo o sitio es otra variable a considerar. Entre más posiciones de medición, más exactitud tendrá la medición, pero ¿qué número se considera adecuado?. Cuatro locaciones alejadas en intervalos de 90° alrededor del perímetro de una planta

no capturan ningún ruido en los puntos de intervalo de 45°. Este argumento puede seguir hasta que el perímetro del sitio este totalmente mapeado en intervalos de 1 metro, lo cual no es realista. ANSI 12.9-1992/Parte 2 estipula que para una límite de confianza de 95%, deben medirse al menos 42 posiciones en una planta industrial fija, pero para un límite de confianza de 90% sólo se requieren 9 posiciones. Así, debe incorporarse una varianza aceptable versus el número de locaciones medidas en el esquema de medición.

Cuando se mide en posiciones de lugares reducidos, se debe tener cuidado para inspeccionar las mediciones de datos en el campo y, determinar si necesitan medirse puntos adicionales. El método es predeterminar la varianza de decibeles aceptable o desviación estándar, tanto por octava de banda o en nivel general ponderado A. Si la desviación estándar de las mediciones del sitio es mayor que la varianza aceptable, entonces deben seleccionarse puntos de medición intermedios adicionales.

Esto se hace hasta que la desviación estándar de las mediciones del sitio sea igual o menor que la varianza aceptable. De esta manera, cualquiera de las áreas espaciales o zonas estarán dentro de la tolerancia de medición del nivel de sonido total del sitio dado el nivel de confianza. Esta metodología se describe en detalle en ANSI 12.9-1999/Parte 2 (35).

## **METODOLOGIA DE MEDICION EMPLEADA EN DISCOTHEQUES. VARIABLES QUE AFECTAN LA EXPOSICION A RUIDO.**

A continuación se mencionan algunas variables que afectan la exposición a ruido de los empleados de bar en una discoteque:

- Variación del nivel de ruido con la posición en la discoteque.
- Variación en el nivel de ruido en el transcurso de la noche.
- Variación en el nivel de ruido de noche a noche.
- Movimiento del empleado alrededor de la discoteque durante el transcurso de la noche.
- Variación en la exposición del sonido de diferentes empleados que nominalmente realizan la misma función.

La unidad de exposición a ruido generalmente aceptada es el nivel de exposición personal diario a ruido (LEPd).

Tomando en cuenta estas variables, la medida de un LEPd puede realizarse en dos formas:

- a) Método 1- Midiendo el LEPd directamente usando un medidor de exposición al ruido personal o dosímetro.



b) Método 2- Midiendo los niveles de ruido a los que la persona está expuesta, relacionándolos a la información acerca de la duración de exposición y entonces calculando el LEPd.

El método 1 puede incluir, en teoría todas las variables listadas anteriormente. Sin embargo durante el estudio los administradores de la discoteque no permitieron el uso de dosímetros por sus empleados, por lo que fue necesario adoptar el método 2 en estos establecimientos. Al conducir este tipo de medición, un enfoque para el investigador es sostener un medidor del nivel de sonido y seguir al empleado conforme trabaja. La naturaleza del trabajo de los empleados del bar, junto con el área confinada en que esto ocurre, imposibilita este enfoque. Por tanto es mejor usar un micrófono de posición fija. Dadas las obvias inexactitudes involucradas en este enfoque se recomienda realizar una evaluación de ambos métodos en aquellas discoteques que permitan el uso de dosímetro.

### **MEDICION DE POSICION FIJA DE LOS NIVELES DE RUIDO.**

La medición de posición fija también reduce información útil de la variación de los niveles de ruido a través del transcurso de la noche, por ejem. la segunda variable mencionada en la sección 2.1. Otras investigaciones (36) ha

indicado que la variación en el nivel de ruido en discoteques entre diferentes noches es de 1-2dB (A).

El micrófono se coloca tan cerca como sea práctico a la altura del oído del sujeto en el bar, pero en una posición tal que no interfiriera con su trabajo, sin que sea posible dañarlo. Por lo tanto el micrófono se puede colocar suspendido en el área del bar apenas por arriba de la altura de la cabeza. El micrófono se puede suspender utilizando su propia extensión de cable que lo conecte con un medidor de nivel de sonido de tipo grado 1. El medidor del nivel de sonido se encierra en un contenedor de protección y se coloca lejos del bar, en otro cuarto.

## **HIPOTESIS.**

Puesto que los niveles de sonido en las discoteques cada vez son más altos (37), es posible que los empleados estén sometidos a niveles altos de sonido, lo cual se podría traducir en un mayor número de hipoacusias registradas. Sin embargo esto parece no ser el caso, lo cual hace pensar que falta información acerca del daño auditivo asociado a música amplificada, así como la existencia de equipos y métodos para llevar a cabo una medición y así valorar los niveles de sonido existentes en las discoteques, y por ende; evaluar si se rebasan los niveles permisibles. También es posible suponer que los estudios audiológicos utilizados no sean lo suficientemente sensibles para revelar un daño auditivo en etapa incipiente. Por lo que analizaremos dicha situación, apoyándonos en estudios como la Audiometría, Logaudiometría, Impedanciometría y Emisiones otoacústicas por productos de distorsión, así como también valoración acústica del recinto, con sus respectivas mediciones de niveles para detectar si existe alguna relación entre la exposición a música amplificada en niveles altos, características de este tipo de recinto y daño auditivo.

## JUSTIFICACION.

Este estudio de investigación tiene como finalidad detectar si existe correlación entre el daño auditivo y la exposición a música amplificada en niveles altos en los empleados de Discotheque, con el apoyo de estudios audiológicos y evaluación acústica del recinto. Tomando en consideración las circunstancias particulares a que están sujetos los empleados de este tipo de trabajo, como son el que la exposición no es en forma continua, puesto que usualmente trabajan de 2 a 3 días a la semana y en horario de 5 a 6 hrs en promedio; además de que la mayoría de empleados no permanecen en una posición fija durante su jornada de trabajo, lo cual indicaría que no están sujetos al mismo nivel de sonido durante toda la jornada de trabajo.

Además es importante evaluar los niveles de intensidad de sonido a los que se exponen dichos empleados, con la finalidad de determinar si rebasan los niveles permisibles y, estimar el riesgo de daño auditivo acumulado (39).

Este trabajo contribuirá a proporcionar información que no existe, ya que como sabemos, en nuestro país no existe una evaluación periódica de los niveles de intensidad del sonido a los que se exponen tanto los empleados de la discotheque como los clientes que asisten y, sobre todo no cuentan con información acerca de los estudios existentes para valorar la función de uno de los sentidos más valiosos del ser humano, que es la audición.

## **OBJETIVOS.**

### **General.**

Verificar si existe daño auditivo inducido por música amplificada en empleados de discotheque.

### **Específicos.**

1. Verificar si la exposición continua a música amplificada en empleados de discotheque se relaciona a daño auditivo, y determinar el grado acumulado de éste.
2. Verificar si existe mayor susceptibilidad a daño auditivo en jóvenes de sexo masculino que en sexo femenino.
3. Describir los hallazgos en la Audiometría, Logaudiometría, Impedanciometría y en Emisiones Otoacústicas por productos de distorsión en los empleados.
4. Evaluación del nivel de exposición a música, características y calidad del recinto, y correlación con el comportamiento audiológico de los empleados.
5. Informar el riesgo de llegar a sufrir daño auditivo por la exposición continua a música amplificada en varios años, así como la importancia de controles audiométricos periódicos y el no sobrepasar los niveles de música permisibles.

## **CRITERIOS DE INCLUSION.**

1. Sujetos que laboren en discoteques y que deseen participar en el estudio.
2. Ambos sexos.
3. De 18 a 30 años de edad.
4. Con exposición a música amplificada de 4 años en adelante.
5. Sin patología audiológica ni exposición a ambiente ruidoso previos al trabajo actual.

## **CRITERIOS DE EXCLUSION.**

1. Cualquier tipo de patología auditiva.
2. Antecedentes de exposición a cualquier tipo de ruido fuera del trabajo actual.
3. Sujetos menores de 18 años o mayores de 30 años.
4. Con exposición a música menor de 4 años.

## **MATERIAL.**

Se visitaron 9 discoteques ubicadas en la Zona Rosa, de las cuales sólo hubo acceso restringido para medición a una de ellas; con el propósito de invitar a los empleados a participar en este estudio, informándose previamente de su finalidad.

### **Recursos Utilizados:**

#### **Materiales.**

- Historia Clínica específica.
- Otoscopio Welch Allyn y Rinoscopio.
- Lámpara frontal Welch Allyn.
- Hoja de registro estandarizada por ANSI.
- Cámara sonoamortiguada del INCH.
- Audiómetro Amplaidd 460 IEC 645 Hearing level in dB. ANSI S 3.6. ISO 389.
- Impedanciómetro Amplaidd 775 dB HL ISO 398, Type 2-IEC y ANSI S 3.39.
- Equipo para Emisiones Otoacústicas ILO 292 DPT. System Otodynamics Audiological.
- Sonómetro Modelo CAT NO: 33-2050, Marca Realistic.

- Grabadora de Mini Disc MZ-R 37.
- Mini Disc Digital audio, Sony de 74 minutos.
- Micrófono Stereo Sony Modelo ECM 717.
- Analizador de frecuencias Bruel&Kjaer 2133.
- Una Computadora personal.
- Programa de Análisis matemático MATLAB.

### **Recursos Humanos.**

- Maestro en Ciencias adscrito al Centro de Instrumentos de la UNAM.
- Médico Adscrito en Comunicación, Audiología, Otoneurología y Foniatria. Asesor.
- Médico Residente en Comunicación, Audiología, Otoneurología y Foniatria. Autor
- Empleados de la Discotheque.



## **METODO.**

Inicialmente se realizó un estudio de tipo observacional y descriptivo. Se valoraron a 32 de 37 empleados de una discoteque que cubrieron los criterios de inclusión; de los cuales 15 se desempeñan como meseros, 4 garroteros, 4 de bar, 7 de seguridad y 2 controladores de consola.

Estos sujetos acudieron al Instituto Nacional de la Comunicación Humana donde se les realizó una historia clínica específica, exploración física de otorrinolaringología, estudios de audiometría y logaudiometría en cámara sonoamortiguada y con el equipo: Audiómetro Amplaid 760, impedanciometría con Impedanciómetro 775 dB HL. ISO 389, Type 2-IEC y ANSI S 3.39 así como estudio de Emisiones Otoacústicas por productos de distorsión con el equipo ILO 292 DPT System Otodynamics Audiological; durante periodo comprendido del 5 de Mayo al 30 de Octubre de 2000; cuyos resultados obtenidos fueron registrados y analizados en una base de datos computada para posteriormente obtener las gráficas para sexo, edad, años y horas laboradas, escolaridad, ocupación anterior; así como para hallazgos obtenidos en los diferentes estudios realizados.

En cuanto a la cuantificación de los niveles de música amplificada en la discoteque, puesto que no pudo realizarse un estudio directo por la oposición de los dueños al ingreso de aparatos de medición, se realizó con el uso de una grabadora de Mini Disc Sony, modelo MZ-R 37, un Micrófono Stereo Sony,

Modelo ECM 717, un Mini Disc Sony Digital Audio de 74 minutos, así como un Sonómetro Modelo CAT NO: 33-2050 Marca Realistic, realizándose ésta en forma clandestina. Llevándose a cabo las mediciones durante una hora, en una noche de las 21:00hrs p.m a las 2:00hrs a.m y, en tres puntos diferentes (barra, pista y alrededores y zona del controlador de consola) así como también se realizó la valoración de las características del recinto, como se muestra en la Fig. 1.

### **Características generales del recinto.**

La discoteque bajo estudio se ubica sobre una avenida de tráfico intenso; ésta consta de dos niveles, con su entrada, su vestíbulo, áreas restringidas y de almacenaje independientes, barra, mesas, pista de baile y área del controlador de música (Fig. 1).

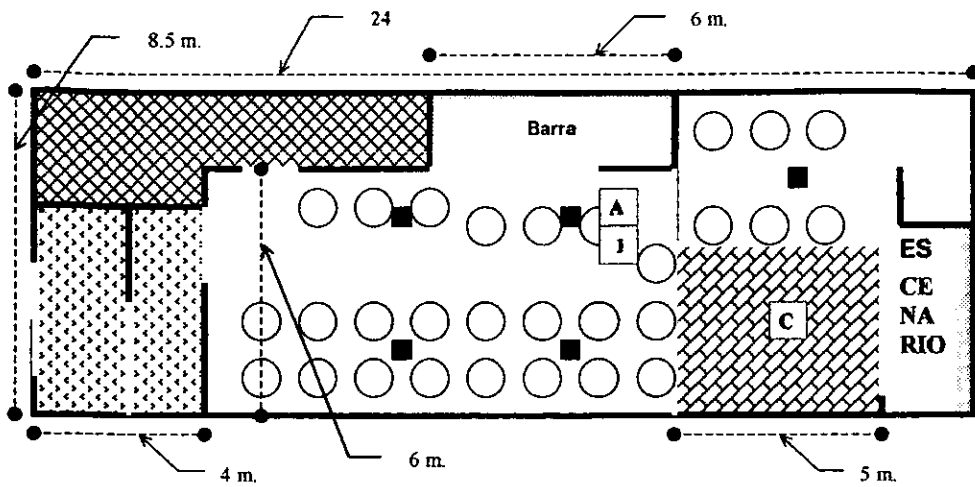
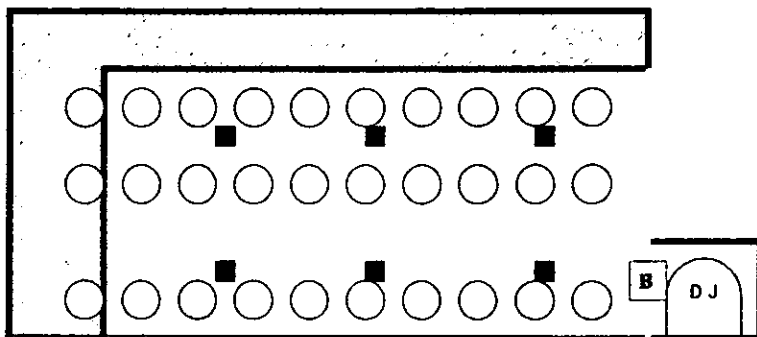


Fig. 1 Plano de la planta baja



Áreas de acceso restringido



Pista de baile



Entrada y vestíbulo



Mesas para clientes

FIGURA 1

## **Dimensiones generales**

El recinto tiene las siguientes dimensiones aproximadas.

Primer piso con dimensiones internas aproximadas de 24 x 8.5 m., con un área de bar de 6 x 2.5 m, una pista de baile de 5 x 4.5 m, un escenario elevado de 5 x 2.5 m y un área para clientes de 95 m<sup>2</sup> aproximadamente. (Ver Fig. 1) para el detalle de las dimensiones del recinto y la disposición de las diferentes áreas.)

Segundo piso con dimensiones de 16 x 8.5 m, con un área para el controlador de consola de 6 m<sup>2</sup> y un área para clientes de 130 m<sup>2</sup>.

En el área de clientes de ambos pisos, la altura al techo es de aproximadamente 3 m, con excepción de la pista de baile, la cual tiene una altura al techo de más de 6 m.

## **Piso, paredes y techo**

El piso es de cemento con linoleum, las paredes de cemento cubiertas con tirol y el techo así mismo es con tirol. Existen además varias columnas para soportar el edificio que se encuentran distribuidas como se muestra en la Fig. 1.

## **Mobiliario**

- El mobiliario consta de lo siguiente:
- Mesas redondas de aproximadamente 0.5 m de diámetro y 1.2 m de alto de estructura metálica y parte superior en imitación madera.
- Sillas redondas de 0.9 m de alto sin respaldo y de estructura metálica.
- Elementos ornamentales metálicos (como candelabros) en el techo.
- Distribución de bocinas en diferentes sitios: en el piso están colocadas las bocinas para frecuencias graves, a la altura de la boca y cejas del cliente las bocinas para frecuencias medias y, hasta arriba las bocinas para frecuencias agudas.

## **Áreas**

- Pista de baile. De dimensiones aproximadas de 5 x 4.5 m, concentra la mayoría de las bocinas del lugar y la altura al techo es de más de 6 m.
- Barra de bar. Con dimensiones de 6 x 2.5 m, laboran 4 personas.
- Controlador de consola. Área de aproximadamente 2 x 3 m, laboran 2 personas.
- Áreas de atención a clientes, atendidas por 15 meseros, 4 garroteros, 7 de personal de seguridad.

## **Ropa**

- La ropa utilizada por los meseros y el personal de la barra consta de pantalón de mezclilla, camisa o playera de algodón y mandil de plástico.

## **Capacidad total estimada**

- Cuenta con una capacidad total de 500 personas y, con una capacidad estimada el día que se realizó la evaluación de aproximadamente más de 300 personas sentadas y, de 28 a 37 empleados, lo que se traduce como una capacidad aproximada del 70 %.

## **Mediciones**

Las mediciones se realizaron durante 1 hora, en una jornada de trabajo por la noche de las 21:00hrs pm a las 2:00hrs am y, en tres puntos básicos: en la barra, pista y alrededores y en la zona del controlador de consola, cada uno durante un tiempo de 20 minutos y, con intervalos de 30 minutos (Fig. 1).

Debido a que no se permitió realizar las mediciones directamente a los empleados con un dosímetro, fue necesario usar un micrófono de posición fija siguiendo al empleado (mesero) a todas las áreas donde se desempeñaba;

alrededor de la pista y zonas vecinas (punto C), llevándose a cabo la grabación con la grabadora de Mini Disc colocada en una cangurera y, el micrófono stereo colocado en el cuello de la ropa (a un lado del oído), realizándose a la vez en forma simultánea tres mediciones con el sonómetro para obtener el nivel promedio, niveles máximos y mínimos para cada punto durante 20 minutos. Posteriormente se realizó otra medición en la barra (punto A), colocando la grabadora y el micrófono a un costado de la barra en un anaquel con botellas de licor de reserva, durante 20 minutos y por último se realizó la medición en la zona del Disk Jockey (B), colocándose la grabadora y el micrófono sobre un pequeño anaquel que contenía Discos compactos también durante 20 minutos.

<b>Mediciones realizadas con Sonómetro en los diferentes puntos.</b>				
Barra (A)	98	102	105	101.6 dB
Disk Jockey (B)	100	105	102	102.3 dB
Pista de baile (C)	115	125	120	120.0 dB

En la figura 1 los puntos de medición se encuentran marcados con letras.

Todo el análisis de las mediciones realizadas se llevaron a cabo en el Centro de Instrumentos de la UNAM. Se calibro y realizó su análisis de frecuencia utilizando la misma grabadora junto con un analizador de frecuencias B&K 2133 y, una computadora personal (PC), así como también se utilizó el paquete MATLAB (Laboratorio de Matemáticas).

Durante dicho análisis se obtuvo el Nivel Total Ponderado A y sin ponderar, de los tres puntos donde se tomo la muestra.

Se obtuvieron 952 mediciones para cada punto, durante los 20 minutos que duró la medición, lo cual corresponde que cada 1.2605 segundos se realizó una medición del nivel de intensidad del sonido.

Además de obtenerse el nivel promedio, el máximo y el mínimo en dB para cada frecuencia, en los tres puntos de medición.

También se determinó el nivel en dB para cada frecuencia en los tres puntos.

Además se determinó la dosis (dosimetría) en cada punto, utilizando la siguiente ecuación:

$$D = \frac{100}{T_C} \sum_{i=1}^n t_i 10^{\frac{L_i - L_C}{q}}$$



Donde:

D = Porcentaje de exposición (%) o dosis

Tc = Criterio de duración del sonido (Usualmente 8 hrs).

Li = Nivel de sonido ponderado, en un intervalo de tiempo (usualmente dB A)

Ti = Consumo de tiempo en el intervalo (hora)

Lc = Criterio de nivel (usualmente dB A)

q = Criterio de tasa de intercambio (dB)

Una vez que se obtuvo la dosis para cada punto, los resultados se traspolaron al Nomograma (38) para obtener así los niveles permisibles de exposición a sonido para cada punto, y a la vez el porcentaje de sufrir daño auditivo en 10 años de exposición continua a sonido, como se observa en la siguiente tabla (39).

<b>Niveles permisibles de exposición a Sonido.</b>		
<b>Duración por día (hrs.)</b>	<b>Niveles de sonido en dB (A) (Respuesta lenta)</b>	<b>% de riesgo de daño auditivo</b>
8hrs	90 dB (A)	100%
6hrs	92 dB (A)	
4hrs	95 dB (A)	200%
3hrs	97 dB (A)	
2hrs	100 dB (A)	400%
1 1/2hrs	102 dB (A)	
1hr	105 dB (A)	800%
1/2hr	110 dB (A)	
1/4 hr. o menos.	115 dB (A)	

## **RESULTADOS.**

### **1. Clínicos.**

De los 32 sujetos estudiados 25 corresponden al sexo masculino (78.125 %) y 7 al sexo femenino (21.875 %); de los cuales 15 son meseros ( 7 mujeres y 8 hombres), 4 son garroteros, 4 en barra, 7 de seguridad y 2 son controladores de consola (Fig 2 y Fig 3).

Distribuidos por la edad, ésta fluctuó entre 22 y 30 años; encontrándose uno de 22 años, tres de 23 años, tres de 24 años, cuatro de 25 años, tres de 26 años, seis de 27 años, cinco de 28 años, cuatro de 29 años y tres de 30 años; mostrándose mayor prevalencia en los sujetos de 27 años de edad (Fig 4).

En relación al nivel de escolaridad encontramos 1 sujeto con primaria incompleta, 1 con primaria completa, 1 con secundaria incompleta, 4 con secundaria completa, 4 con bachillerato incompleto, 10 con bachillerato completo, 1 con carrera técnica incompleta, cinco con carrera técnica completa, 4 con licenciatura incompleta y uno con licenciatura completa (Fig 5).

En cuanto a la ocupación anterior se encontraron 3 amas de casa, 2 mensajeros, 1 capataz, 1 repartidor de pizza, 5 comerciantes, 8 estudiantes, 1

repartidor de revistas, 4 empleados de mostrador, 1 policía, 5 choferes y 1 secretaria (Fig 6).

Con respecto a las horas, días y años laborados en la discoteque con exposición a música amplificada, estas fueron de 5 horas diarias, 3 días a la semana y de 4 a 8 años de exposición; encontrándose 12 sujetos con 4 años de exposición, 7 sujetos con 5 años, 9 con 6 años, 2 con 7 años y 2 con 8 años de exposición (Fig 7).

Del total de 32 sujetos estudiados, 32 (100%) presentaron audición normal en ambos oídos, cuyo estudio audiométrico presentó curvas con respuestas en las frecuencias de 125 Kz a 8KH de 0 a 20 dB (Fig 8)

En el estudio de Logoaudiometría se encontró en los 32 sujetos una máxima discriminación fonémica al 100% a 40db en ambos oídos (Fig 8).

En el estudio de Timpanometría evaluando cada oído por separado encontramos 31 oídos con curvas tipo "A" de Jerger: 16 para oído derecho y 15 para oído izquierdo, 10 con curva tipo "Ad": 5 para oído derecho y 5 para oído izquierdo, 14 con curva tipo "As": 7 para oído derecho y 7 para oído izquierdo, 3 con curva tipo "B": 2 para oído derecho y 1 para oído izquierdo y, 6 con curva tipo "C": 2 para oído derecho y 4 para oído izquierdo de la misma clasificación (Fig 9 y Fig 10).

En el estudio de reflejo estapedial se encontró para ambos oídos respuestas en todas las frecuencias testadas a intensidades esperadas compatibles para audición normal (Fig 8).

En el estudio de Emisiones Otoacústicas de productos de distorsión se obtuvo la respuesta de Intermodulación promedio para las frecuencias de 1000, 2000, 4000 y 6000Hz tanto para oído derecho como para oído izquierdo. Obteniéndose como resultado en las frecuencias de 1000, 2000, 4000 y 6000Hz en el oído derecho una respuesta promedio de 9.54, 7.01, 6.63, 8.93 respectivamente y; para el oído izquierdo una respuesta promedio de 9.14, 6.55, 6.63 y 8.53, las cuales son compatibles con una adecuada respuesta de las células pilosas externas (Fig 8).

## **2. Mediciones.**

En cuanto a la medición de los niveles de música amplificada en la Discotheque, en los puntos A, B y C (barra, pista y alrededores y, áreas del controlador de consola) se obtuvo el nivel total ponderado en A y sin ponderar para cada punto; con un total de 952 mediciones durante 20 minutos que duró la medición en cada punto, lo cual indica que se realiza una medición cada 1.2605 segundos (Fig 11, 12 y 13).

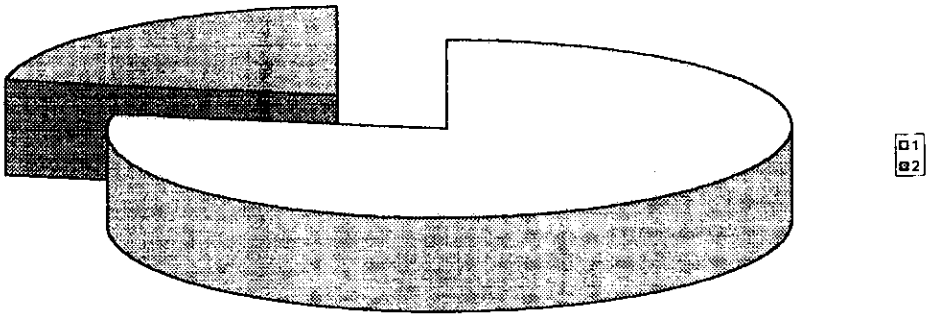
También se obtuvo el nivel de exposición para el punto A que fue de 94.8 dB (A) en un rango de niveles mínimo y máximo de 86.23 dB (A) y 103.1 dB (A), para el punto B un nivel promedio de 94.8 dB, en un rango de niveles mínimo y máximo de 86.23 dB y de 103.1 dB. Y para el punto C un nivel promedio de 97.3 dB con un rango de niveles mínimo y máximo de 77.7 dB y de 108.5 dB respectivamente (Fig 14, 15 y 16).

Además se determinó el nivel de intensidad en dB para cada frecuencia de los tres puntos donde se realizaron las mediciones, así como el comportamiento de cada una de ellas durante el tiempo que duró la medición para el punto A, B y C; obteniéndose a la vez un histograma para cada punto (Fig 17, 18 y 19).

Y por último se obtuvo la dosis (dosimetría) para cada punto mediante la ecuación matemática descrita anteriormente, obteniéndose una dosis 14.5213 % tanto para el punto A como para el punto B y, una dosis de 30.7994 % para el punto C, cuyos resultados se traspolaron al Nomograma (38) para obtener así los niveles permisibles de exposición a sonido para cada punto durante los 20 minutos que se realizó la medición en cada uno, los cuales correspondieron a 95 dB (A) para el punto A y B y, 98.6 dB (A) para el punto C que corresponden a 4hrs de exposición de sonido para el punto A y B y, a 1hr 45 minutos para el punto C para no rebasar los niveles permisibles de sonido, sin embargo son 5hrs las que laboran los empleados de la discoteque en estudio, por lo que al obtenerse el porcentaje de riesgo de sufrir daño auditivo durante

10 años de exposición continua a ruido corresponde al 200 y 400%, siempre y cuando la exposición sea durante 6 días a la semana (tabla de pag. 71) (39).

## Distribución por Sexo



1 78.125% Masculino

2 21.875% Femenino

FIGURA 2



Personal por Categoría

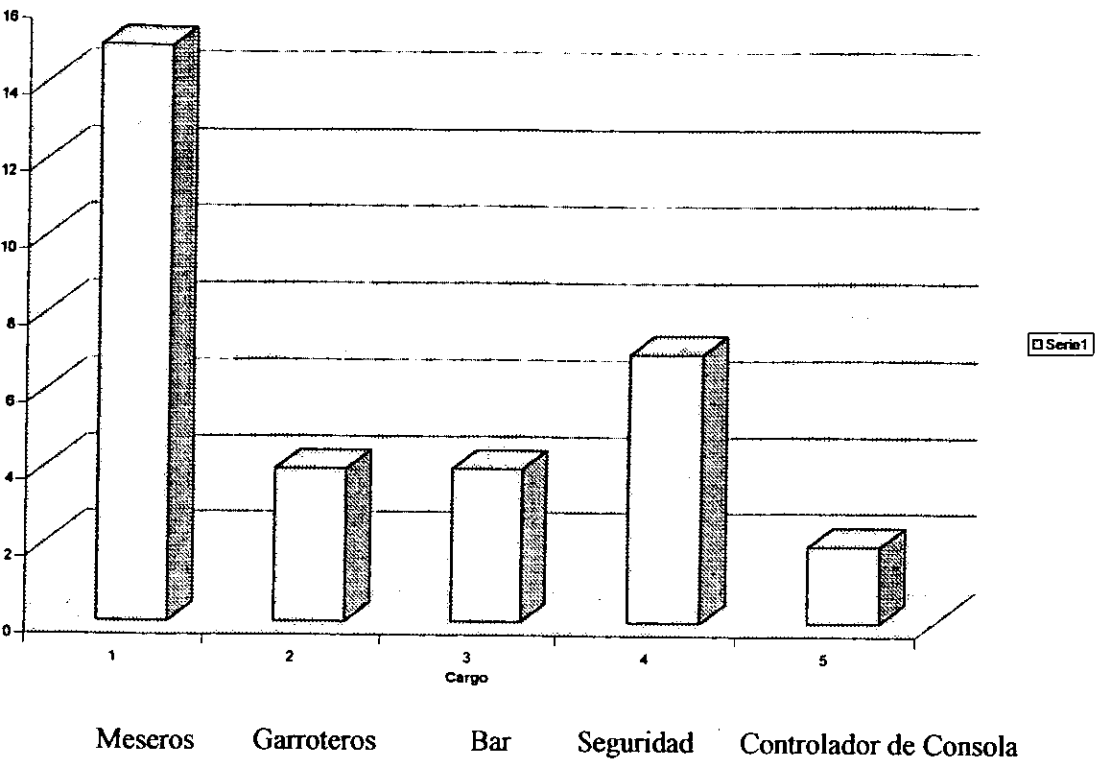
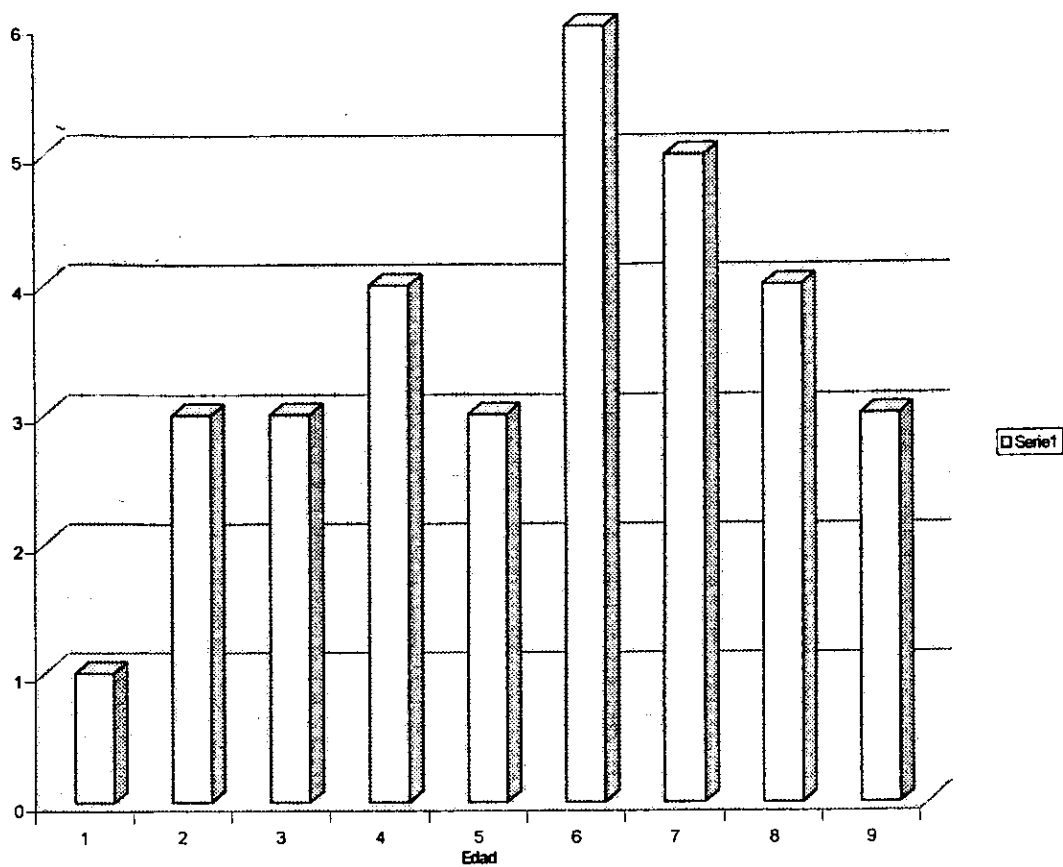


FIGURA 3.

### Edades de la Población



1. 22 años

2. 23 años

3. 24 años

4. 25 años

5. 26 años

6. 27 años

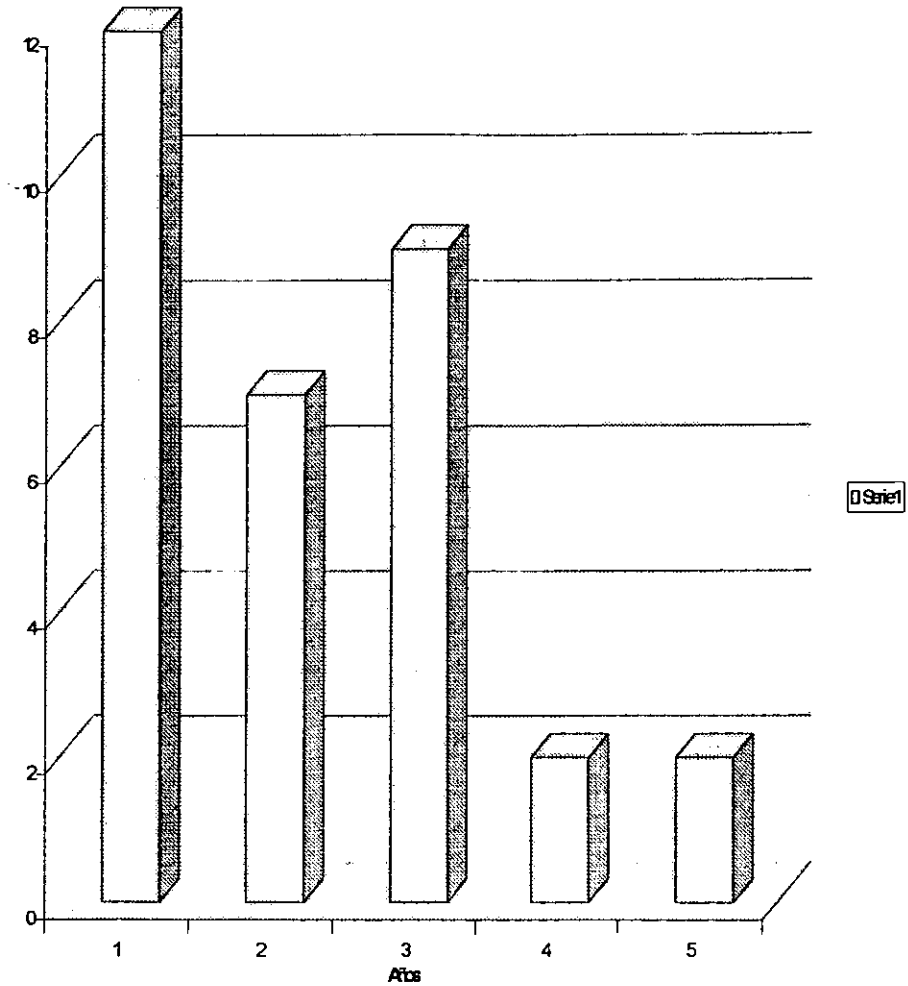
7. 28 años

8. 29 años

9. 30 años

**FIGURA 4.**

**Años Laborados**



1.- 4 años

3.- 6 años

5.- 8 años.

2.- 5 años

4.- 7 años.

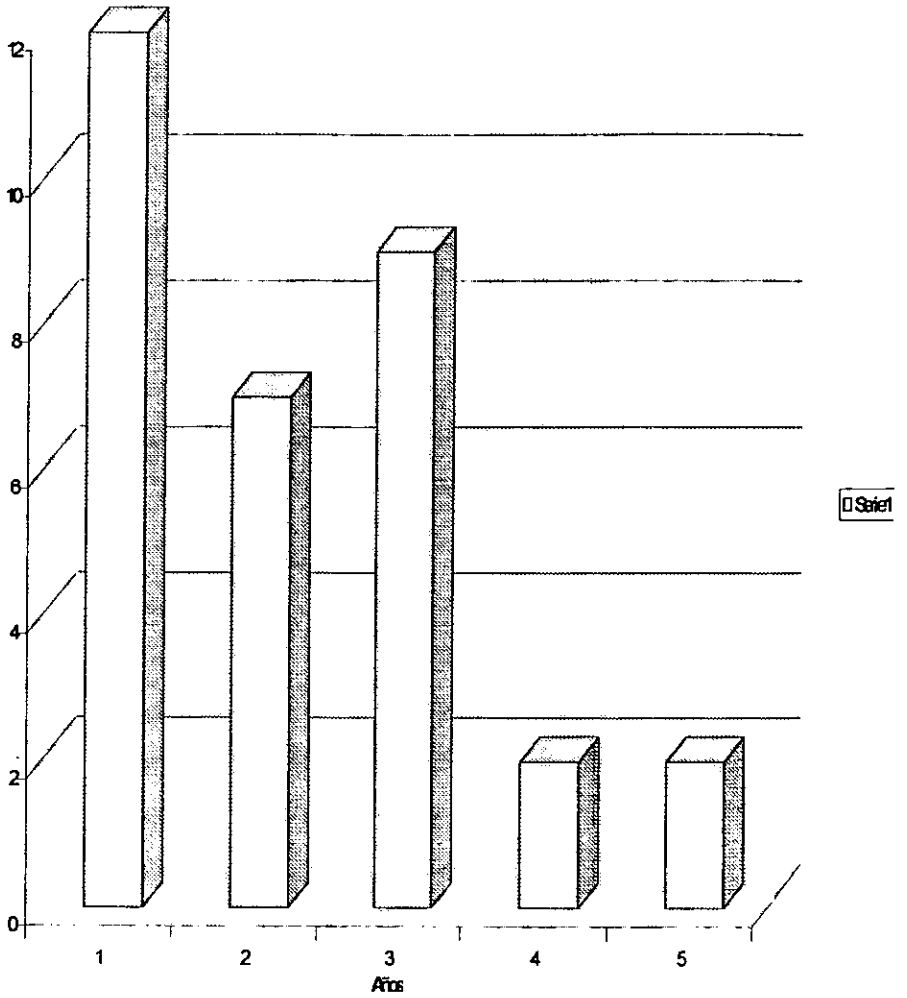
Jornada de trabajo de 5 hrs por 3 días a la semana

**FIGURA 5.**

<b>OCUPACIÓN ANTERIOR</b>	
<b>Ocupación</b>	<b>Número de Personas</b>
Ama de Casa	3
Mensajeros	2
Capataz de Hacienda	1
Repartidor de Pizza	1
Comerciantes	5
Estudiantes	8
Repartidor de Revistas	1
Empleados de Mostrador	4
Policía	1
Secretaria	1
Choferes	5
<b>Total</b>	<b>32</b>

**FIGURA 6**

**Años Laborados**



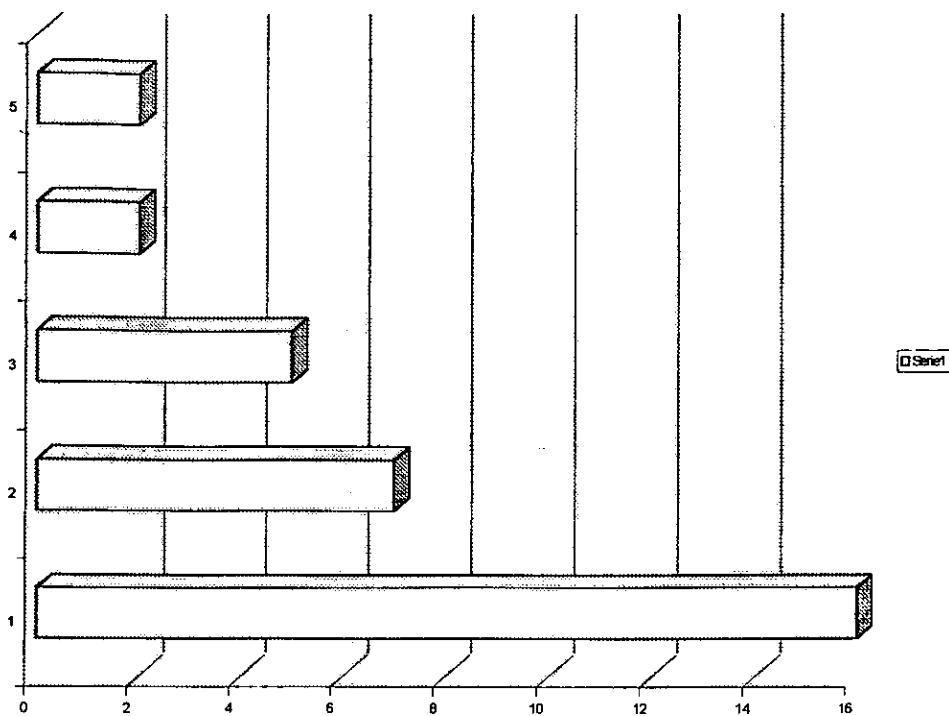
- 1.- 4 años
- 2.- 5 años
- 3.- 6 años
- 4.- 7 años
- 5.- 8 años

**FIGURA 7.**

<b>Resultados de Estudios Realizados</b>		
<b>Estudio</b>	<b>Oído Derecho</b>	<b>Oído Izquierdo</b>
<b>Audiometría</b>	Curva de audición normal	Curva de audición normal
<b>Logaudiometría</b>	Máxima discriminación fonémica al 100% a 40dB	Máxima discriminación fonémica al 100% a 40dB
<b>Timpanometría</b>	Curva "A" 16 sujetos Curva "As" 7 sujetos Curva "Ad" 5 sujetos Curva "B" 2 sujetos Curva "C" 2 sujetos	Curva "A" 15 sujetos Curva "As" 7 sujetos Curva "Ad" 5 sujetos Curva "B" 1 sujeto Curva "C" 4 sujetos
<b>Reflejo estapedial</b>	Respuesta en todas las frecuencias testadas a intensidades esperadas.	Respuesta en todas las frecuencias testadas a intensidades esperadas.
<b>Emisiones Otoacústicas por Productos de Distorsión</b>	Respuesta de Intermodulación promedio por frecuencia: 1000Hz 9.54 2000Hz 7.01 4000Hz 6.63 6000Hz 8.93	Respuesta de Intermodulación promedio por frecuencia: 1000Hz 9.14 2000Hz 6.55 4000Hz 6.63 6000Hz 8.53

**FIGURA 8.**

Timpanometría Oído Derecho

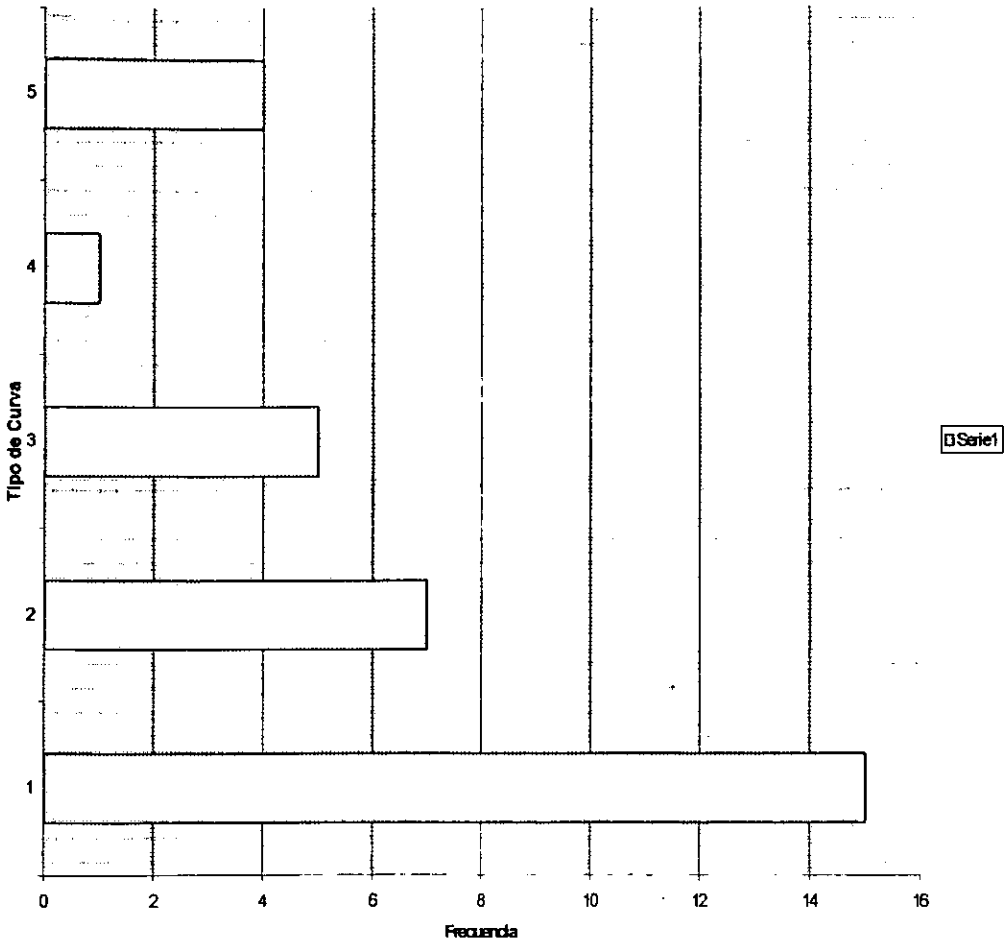


Horizontal

- 1.- Curva A de Jerger
- 2.- Curva As de Jerger
- 3.- Curva Ad de Jerger
- 4.- Curva B de Jerger
- 5.- Curva C de Jerger

FIGURA 9

Timpanometría Oído izquierdo



HORIZONTAL

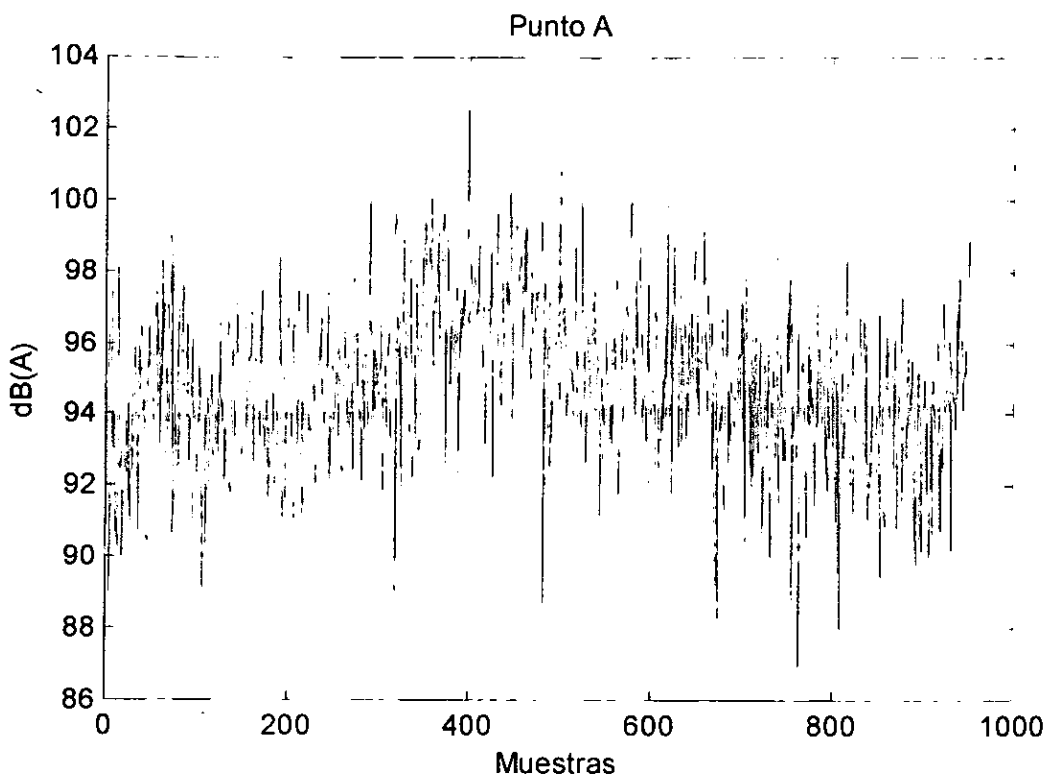
- 1.- Curva A de Jerger
- 3.- Curva Ad de Jerger
- 5.- Curva C de Jerger

- 2.- Curva As de Jerger
- 4.- Curva B de Jerger

FIGURA 10.

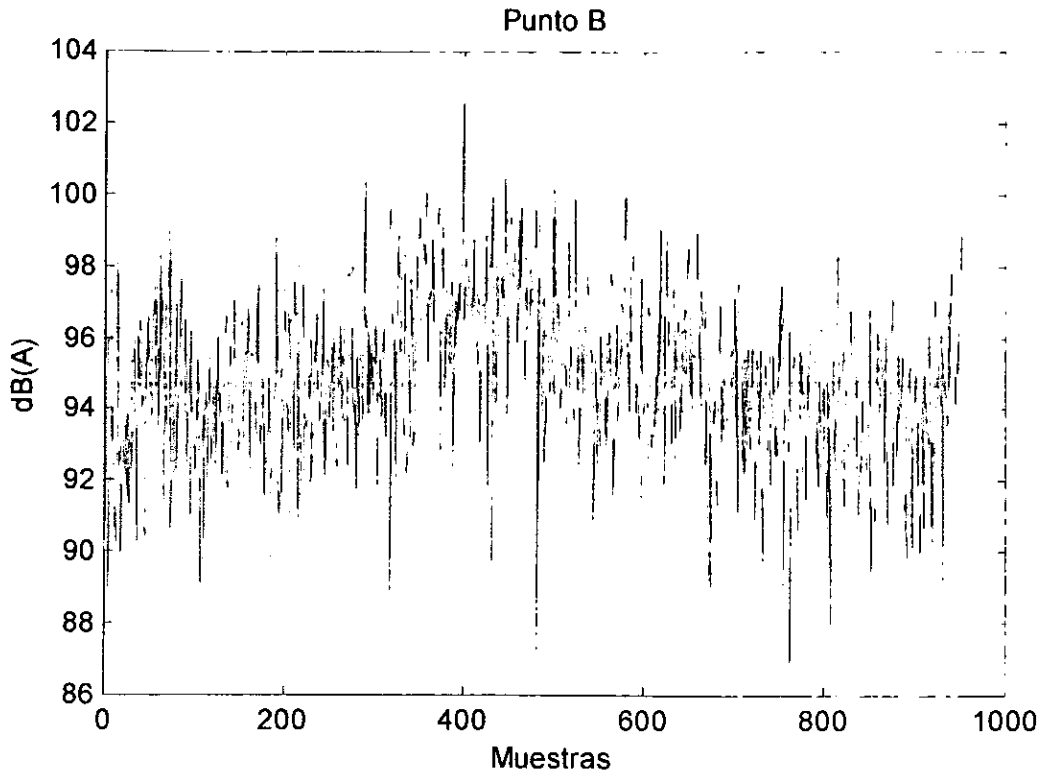


**NIVEL TOTAL PONDERADO EN A Y SIN PONDERAR PARA EL PUNTO A (BARRA).**



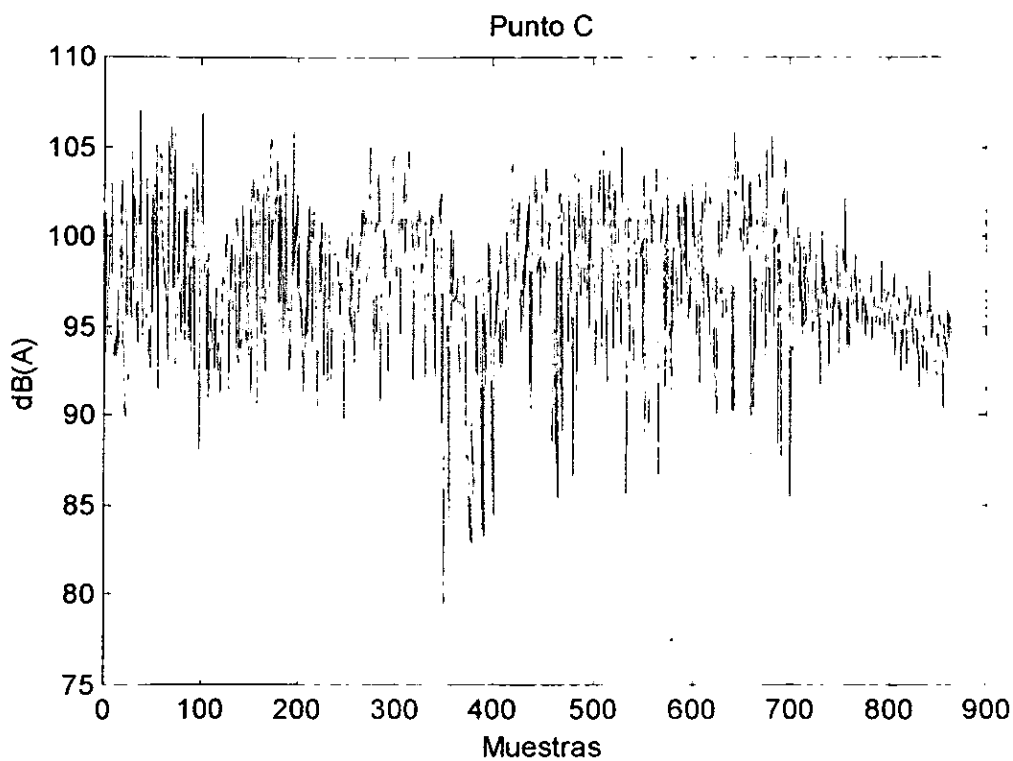
**FIGURA 11**

**NIVEL TOTAL PONDERADO EN A Y SIN PONDERAR PARA EL  
PUNTO B. (CONTROLADOR DE CONSOLA)**



**FIGURA 12**

**NIVEL TOTAL PONDERADO EN A Y SIN PONDERAR PARA EL  
PUNTO C.  
(PISTA DE BAILE)**



**FIGURA 13.**

# NIVELES DE EXPOSICION PARA EL PUNTO A.

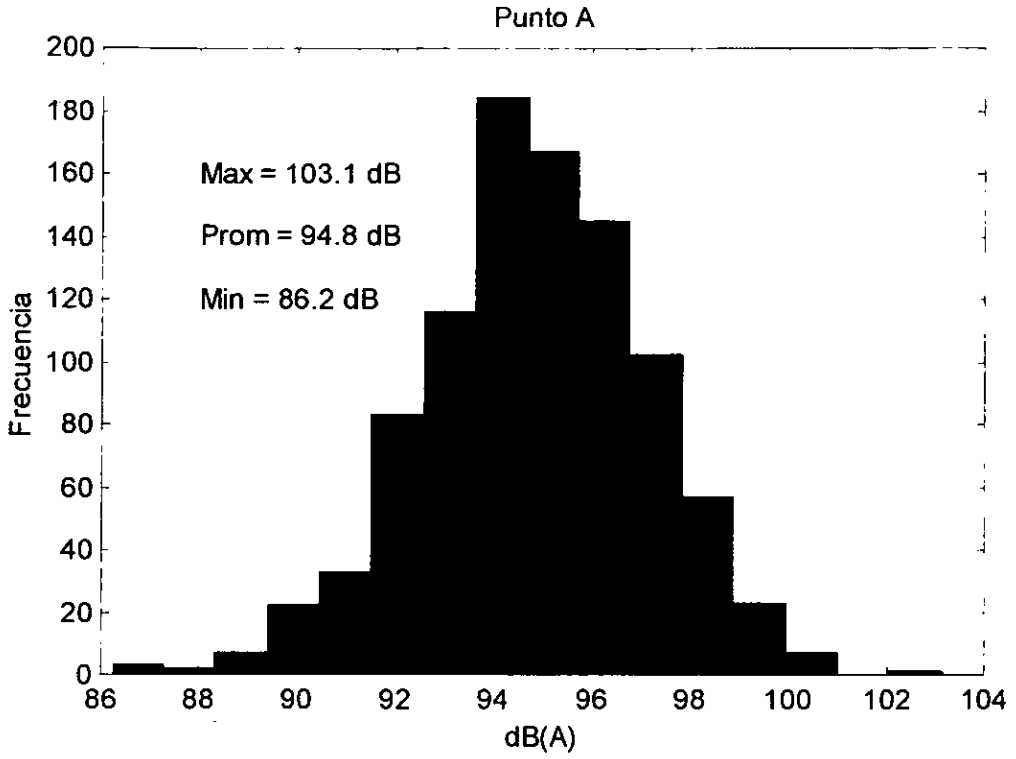


FIGURA 14.

# NIVELES DE EXPOSICION PARA EL PUNTO B.

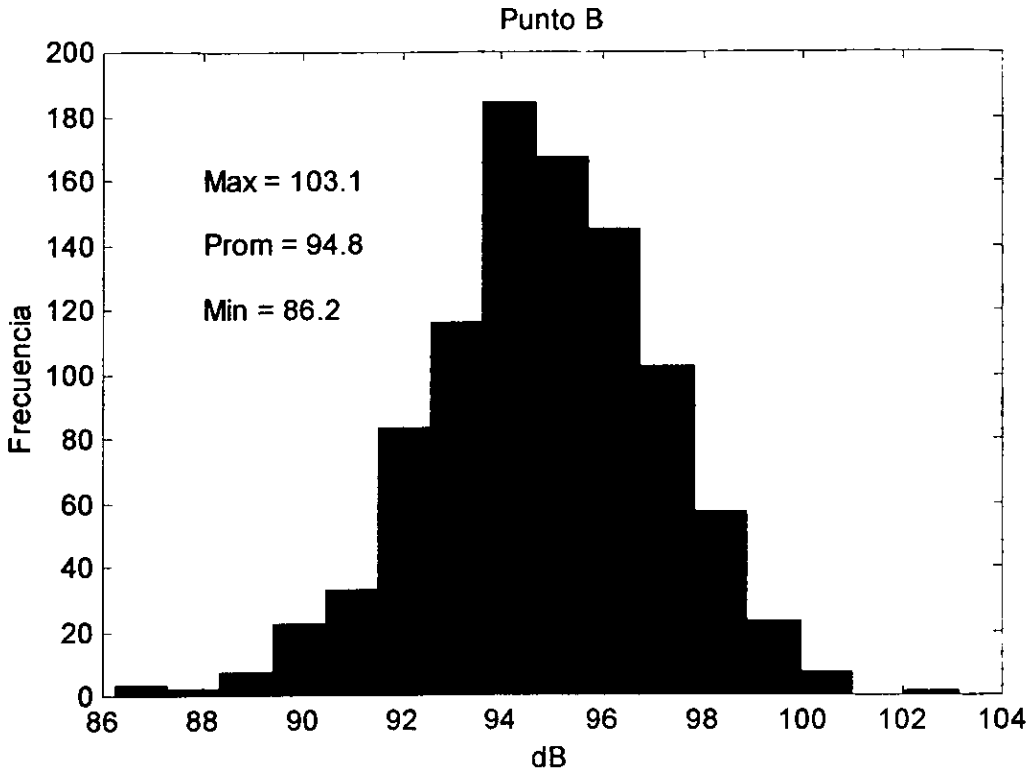


FIGURA 15.

## NIVELES DE EXPOSICIÓN PARA EL PUNTO B

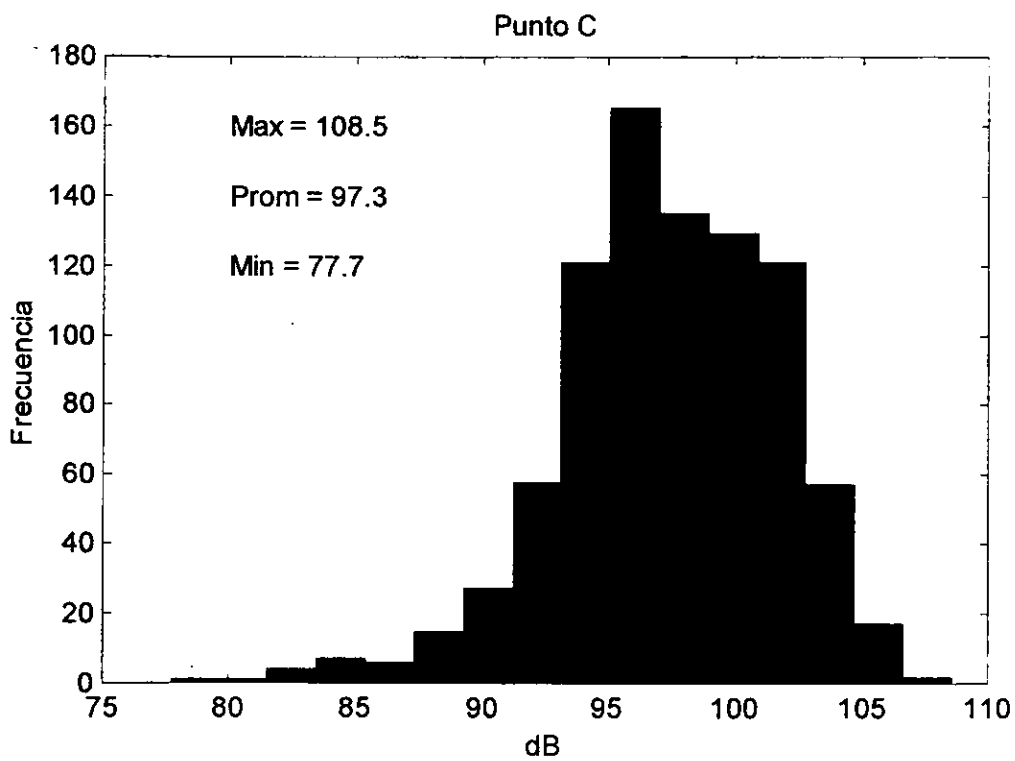
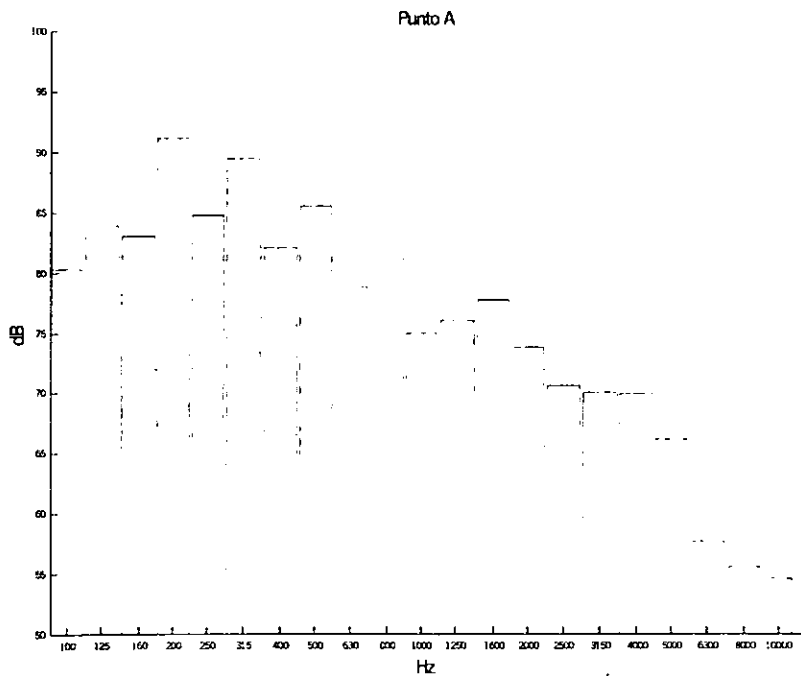


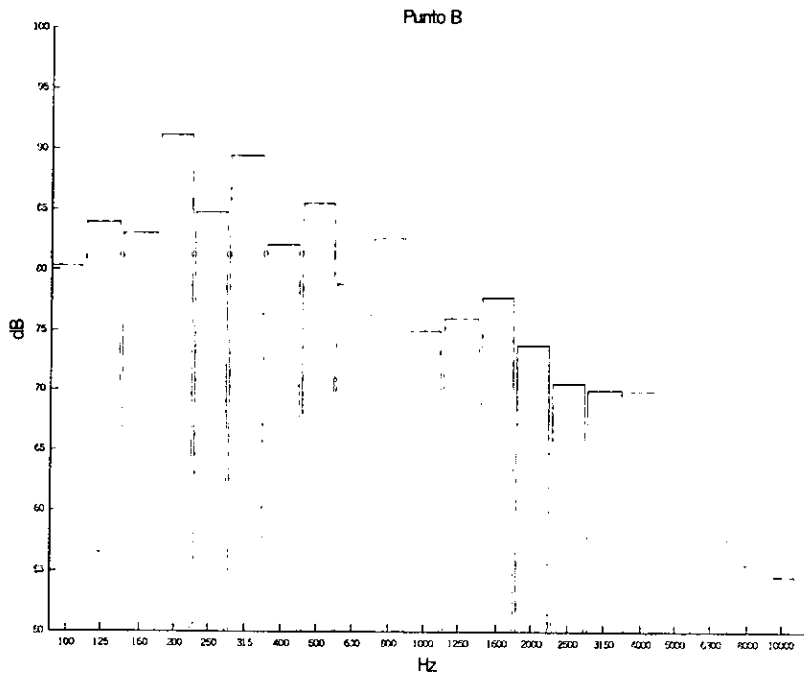
FIGURA 16.

**NIVEL DE INTENSIDAD EN dB PARA CADA FRECUENCIA DEL PUNTO A.**



**FIGURA 17.**

**NIVEL DE INTENSIDAD EN dB PARA CADA FRECUENCIA DEL PUNTO B.**



**FIGURA 18.**



# NIVEL DE INTENSIDAD EN dB PARA CADA FRECUENCIA DEL PUNTO C.

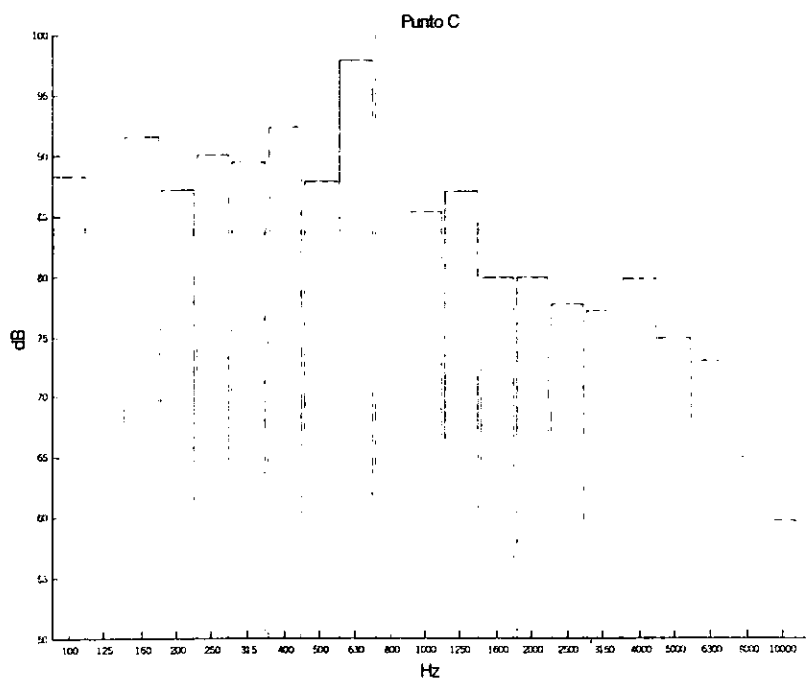


FIGURA 19.

## DISCUSION.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los diferentes estudios realizados como son la audiometría, logaudiometría, Impedanciometría, y en la Emisiones Otoacústicas por productos de Distorsión, cuyos resultados se encontraron dentro de los límites normales, y sin evidencia de daño auditivo, lo cual algunos autores (35, 37 y 39) han relacionado esta baja incidencia a que existe una gran resistencia a este tipo de sonidos, a que está presente el fenómeno de adaptación del oído, así como también a que la exposición es sólo por 2 a 3 días a la semana favoreciendo la recuperación del oído, y otras variables que pueden modificar la exposición a ruido.

Como sabemos existen diferentes variables que pueden afectar la exposición a ruido; como son la variación del nivel de ruido de acuerdo al cargo que desempeña el empleado, la posición y movimiento de éste alrededor de la discotheque; la variación del nivel de ruido durante el transcurso de la noche y, de noche a noche (36); las características del medio ambiente y recinto, ya que los gradientes de temperatura del aire caliente sobre el aire frío enfocan la onda acústica hacia abajo (35), el tipo de ropa que visten los empleados ya sea absorbente o reflectora, así como también se debe tomar en consideración sin han sido rebasados los niveles permisibles de sonido. Que en este estudio si se rebasaron dichos niveles, pues durante la jornada que dura 5hrs se obtuvo tanto para el punto A como para el punto B 95dB de sonido dB (A) y, para el punto C 98.6 dB (A) que proyectado utilizando el nomograma de la fórmula de dosis (38) correspondería a 4hrs y 1 hora 45 minutos de trabajo para los punto A, B y para el punto C respectivamente, lo cual indica que se rebasaron las dosis de ruido permisibles; incrementándose el riesgo de sufrir daño auditivo en 10 años del 200% hasta el 400% (39). Por lo que es importante realizar estudios prospectivos para confirmar un posible daño auditivo a través de años de exposición a niveles altos, así como también realizar evaluaciones preventivas para no rebasar los niveles permisibles de sonido en las discotheques, e informar a los empleados de los cuidados y periodicidad de

los estudios audiológicos que deben realizarse para evitar daño auditivo años después y para preservar uno de los sentidos más valioso, que es la audición. Es importante señalar que en la actualidad el clínico no dispone de un medio de evaluación tan sensible que pueda detectar estos daños auditivos en etapas tempranas. Aunque potencialmente el estudio de Emisiones otoacústicas por productos de distorsión puede revelar las condiciones de deterioro de la cóclea directamente, los protocolos de medición aún no son confiables.

## CONCLUSION.

En este estudio no se detectó daño auditivo inducido por música amplificada, obteniéndose resultados de los estudios audiológicos realizados dentro de límites normales.

Pero en la evaluación del nivel de sonido se encontró un nivel de exposición que fluctuó de 77.7dB (A) hasta 108.5 dB (A) con un promedio para el punto A y B de 94.8dB (A) y, de 97.3 dB (A) para el punto C, así como variación en la presentación de las frecuencias durante cada medición, siendo más frecuentes las frecuencias graves que las medias y las agudas.

Además de detectarse que se sobrepasó los niveles permisibles de sonido siendo estos de 95dB para los puntos A y B, que en condiciones normales estos valores corresponderían a una exposición de 4hrs por jornada y, un nivel de 98.5% para el punto C, que correspondería a una exposición de 1hr 45 minutos, sin embargo esta exposición es para 5hrs de trabajo por lo que se rebasaron los niveles permisibles de sonido, lo cual al obtener la dosis de cada punto (A, B y C) y traspolado al Nomograma (39) obtenemos un incremento en el riesgo del 200% al 400% para 10 años de exposición continua a ruido de presentar daño auditivo, por lo que es importante realizar un estudio prospectivo a los empleados de la discotheque.

**ESTA TESIS NO SALE <sup>79</sup>  
DE LA BIBLIOTECA**

## BIBLIOGRAFIA.

- 1) Gunderson E. y colaboradores. American Journal Ind. Med. Risks of developing noise-induced hearing loss in employees of urban music clubs. January; 31 (1): 75-9. 1997.
- 2) ASHA Brochures. Noise and Hearing loss. July, 1998.
- 3) Schmidt JM y colaboradores. Audiology (Switzerland). Hearing loss in students at a Conservatory. July-August: 33 (49), 185-94, 1994.
- 4) Department of Health and Human services. NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a Recommended Standard – Occupational Noise Exposure. Cincinnati, Ohio; June, 1998.
- 5) Zenner HP. Ear Hear. Hearing in pop/rock musicians; a follow –up study. June 1995, 16 (3) p. 245-53.
- 6) Becher S. Effects of Noise (Hearing Impairment), May 11, 1998.
- 7) Ising H. Environmental Protection Agency. Noise how it effects our lives, 1989.
- 8) Escajadillo Jesús Ramón. Oídos, Nariz y garganta y Cirugía de Cabeza y Cuello. Editorial Manual Moderno. 1986.
- 9) Gonzalo de Sebastián. Audiología Práctica. 4a. Edición. Editorial Panamericana. Argentina 1992.
- 10) Goodhill, Victor. El Oído. Editorial Salvat. p.p 528-533. 1986.
- 11) Ludman Harold Disease of the Ear. Editorial Arnold. 6ª. Edición. 1998.
- 12) Ising H. Hearing Conservation. About Noise Induced Hearing loss. April, 1998.

- 13) Vittitow M y colaboradores. Journal American Academy Audiology (Canada). Effect of simultaneous exercise and Noise exposure (music) on hearing. September 1994, S (5). P 343-8.
- 14) Katz. Handbook of Clinical Audiology. USA. 20-21, 198, 534-536. 1994.
- 15) Smith P y Davis A. Lancet (England). Social Noise and Hearing loss. April 3, 1999. 353 (9159). P 1185.
- 16) Lena Heang. Neurobiology (Biol 121). Noise- Induced Hearing loss. An Overview. April, 22; 1999.
- 17) Ley Federal del Trabajo. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 10a. Edición. 1993.
- 18) Medicina de la Comunicación Humana. Instituto Nacional de la Comunicación Humana. México, D.F; 1994.
- 19) Malchaire J. National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement. Noise and Hearing Loss. January, 22-24. 1990.
- 20) Norma Oficial Mexicana. NOM-AA-40. Clasificación del ruido.
- 21) Meyer Bisch C. Occupational Noise Exposure. Recommendations for noise Standard. CHAPTER 2. July 31, 1998.
- 22) Liebel J. Occupational Noise Exposure. Basis for the Exposure Standard. CHAPTER 3. July 31, 1998.
- 23) Meyer Bisch C. Occupational Noise Exposure. Hearing Loss Prevention Programs. CHAPTER 5. July 31, 1998.
- 24) Axelsson A. Occupational Noise Exposure Hearing Protectors. CHAPTER 6. July 31, 1998.

- 25) Van den Heever. Occupational Noise Exposure. Research Needs. CHAPTER 7. July 31, 1998.
- 26) Palin SL. Occupational Med (Oxf) England. Does Classical music damage the Hearing of musicians? A review of the literature. July 1994, 44 (3). P 130-6.
- 27) Persson B. Policy Manual Index. Hearing Loss- Noise Induced and Traumatic. July, 1997.
- 28) Pollard SJ.S. Afr. Med. J. Music, Noise and Hearing damage. 1976, Nov 6; 50 (47): 1912-4.
- 29) Schuknecht H, Pathology of the Ear. Malvern, Pennsylvania, 289-294. 1993.
- 30) The Health and Nutrition Center Bact to others. Hearing Loss from Noise, 1998.
- 31) Hernández F. y colaboradores. Trauma Acústico en Medicina de la Comunicación Humana. INCH. 481-493. 1994.
- 32) Vargas RG. La Participación del Médico Especialista en Medicina de la Comunicación Humana en una Industria Ruidosa. Tesis 14(2); 6-7. 1983.
- 33) Pineda F.M. Rastreo de Trauma Acústico en los Integrantes de una Orquesta Sinfónica. Tesis 14 (4): 110-112. 1991.
- 34) Olaizola F. Ponencia Oficial Impedanciometría XXII. Reunión Anual de la Sociedad de Otorrinolaringología y Patología Cervicofacial. Acta Otorrinolaringológica Española. 1979.
- 35) Elden F y colaboradores. Noise Control Eng. J. 48 (1). Measurement uncertainty in Conducting Environmental Sound level measurements. Jan-Feb. 2000

- 36) Fleming Charlie. Applied Acoustics. Assessment of Noise Exposure Level of bar Staff in Discotheques. Vol. 49, No. 1, pp. 85-94, 1996.
- 37) Axelsson. Journal of Sound and Vibration. Leisure Noise Exposure in Adolescents. (1991) 151 (3), 447-453.
- 38) Noise Dose Meter Type 4428, Revisión Agosto 1980. Pag. 1 – 31.
- 39) Lewis H: Bell /Douglas. Industrial Noise Control. Fundamentals and Application. 2ª Edición. 1998. Pag. 598 – 600.
- 40) Siebenmann y colaborador. Citado en Schuknecht H. Pathology of the Ear. 1993 (29).
- 41) Merkle y colaboradores. Citado en Schuknecht H. Patology of the Ear. 1993 (29).
- 42) Mizukoshi y colaboradores. Citado en Schuknecht H. Patology of the Ear. 1993 (29).
- 43) Misrahy y colaboradores. Citado en Schuknecht H. Patology of the Ear. 1993 (29).
- 44) Vosteen. Citado en Schuknecht H. Patology of the Ear. 1993 (29).
- 45) Igarashi y colaboradores. Citado en Schuknecht H. Patology of the Ear. 1993 (29).
- 46) Randall y Piersol. Citado en Schuknecht H. Patology of the Ear. 1993 (29).
- 47) Peterson. Citado en Schuknecht H: Patology of the Ear. 1993 (29).