CARLOS MANUEL YORG ROJAS

EVALUACIÓN ACUSTICA DEL AMBIENTE DE TRABAJO: ESTUDIO DE CASO EN UNA CENTRAL HIDROELECTRICA DE GRAN PORTE

Disertación presentada al Departamento de Ingeniería Civil de la UFPR como parte de los requisitos para la obtención del título de Master en Construcciones Civiles

Orientador: Paulo Henrique Trombetta Zannin, Prof. Dr. Ing.

CURITIBA

Octubre 2002

TERMINO DE APROBACIÓN

CARLOS MANUEL YORG ROJAS

EVALUACIÓN ACUSTICA DEL AMBIENTE DE TRABAJO: ESTUDIO DE CASO EN UNA CENTRAL HIDROELECTRICA DE GRAN PORTE

Disertación aprobada como requisito parcial para obtención del grado de Master en el Curso de Pos Graduación en Construcción Civil, por la comisión formada por los profesores:

Prof. Paulo Henrique Trombetta Zannin
Dr. Ing. - Technische Universität Berlin
Orientador

Prof. Ney Augusto Nascimento
Ph.D – Colorado University
Coordinador del Programa de Pos Graduación en Construcción Civil - UFPR

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo L. Krüger
Ph.D - Universitat Hannover, U.H., 3 Hannover

Prof. María Lúcia Ribeiro Okimoto
Ph.D - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianopolis, Brasil

Prof. Aguinaldo dos Santos
Ph.D –Stalford University, Salford U.K.

Curitiba, 15 de octubre de 2002

AGRADECIMIENTOS

- A mi esposa, Lourdes, por su apoyo incansable.
- A todos mis 6 hijos que siempre me supieron comprender cuando no podía estar con ellos.
- Al Prof. Dr. Ing. Paulo Henrique trombetta Zannin, por el apoyo y orientación contínua para realizar esta disertación, a quien expreso mis agradecimientos y amistad.
- A los compañeros de trabajo por sus constantes apoyos.
- Al Ing. Federico Miyara, profesor de Acústica de la Ciudad de Rosario Argentina por su ayuda invalorable a distancia que marcó mi interés en acústica.
- Al Ing. Armando Pattroni, profesor de Acústica de la Ciudad de Lima Perú por ayudarme con los primeros pasos en el campo de Acústica
- Al Ing. Luis Felipe Sexto Cabrera, Ingeniero CEIM/ISPJAE, Ciudad de La Habana Cuba por ayuda en estudio en el campo de una Central Termoeléctrica
- A los Jefes de la ITAIPU BINACIONAL que me brindaron voto de confianza en el desarrollo de esta investigación.
- A Dios a quien debo todo.

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo presentar una evaluación y el mapeamiento del ruido existente en una Central Hidroeléctrica de gran porte. Se realizaron mediciones de niveles de presión sonora en diversos locales donde se tiene la mayor disponibilidad del trabajador en cuanto a tiempo de exposición durante el mantenimiento. De las mediciones un 25 % han presentado valores igual o mayor a 85 dB(A), y 81 % fueron igual o mayor a 65 dB(A). De la evaluación del ruido en el campo se puede decir, en la central hidroeléctrica se tienen locales donde el nivel de presión sonora es superior a 85 dB(A), siendo este el valor límite para la seguridad de la salud del trabajador según la Norma Reglamentadora - NR15 en su ANEXO 1, mientras que según la Norma de Higiene Ocupacional - NHO 01 los niveles de ruido para confort acústico, en el Brasil, se establece en 65 dB(A), como valor límite aceptable para el confort del trabajador en una oficina, además la curva de Niveles de Confort de evaluación de ruido no superior a 60 dB, conforme la Norma Reguladora 17. Se efectuaron análisis de los distintos tipos de Equipos de Protección Individual (protectores auriculares) utilizados en la empresa siguiendo los criterios establecidos por la Norma DIN-EN-458 dando como resultado que los protectores auriculares utilizados en la empresa cumplen con las Normas de Seguridad Individual.

Se utilizó la norma alemana porque permite realizar análisis cuantitativo y cualitativo del protector por cada local de trabajo utilizando el método de bandas de octavas. Los grupos de trabajos de mantenimientos son estables y permanentes, no existiendo rotación de actividad debido a la especialización de cada personal en ejecutar los mantenimientos, esta permanencia de actividad induce al personal a estar expuesto sistemáticamente a los mismos niveles de presión sonora durante los once meses de trabajo, siendo que en cierto periodo las jornadas laborales se extienden a más de 8 horas por día (periodo normal de trabajo) debido a mantenimientos con restricciones de plazos de ejecución.

En los locales de riesgos de pérdidas auditivas, se encontraron dos grupos de personas, por un lado los que conocen los riesgos del ruido para la salud, por tanto

usaban correctamente el protector auricular, y por otro lado los que desconocen los riesgos del ruido para la salud, y que no usaban los equipos de protección auditiva o lo usaban pero colocando incorrectamente. Otros factores resaltantes para no usar los protectores auriculares, indicado por los trabajadores, son: la incomodidad de usar el protector, y la dificultad de comunicarse con los otros trabajadores que están ejecutando el mantenimiento en el mismo local.

PALABRAS LLAVES: Ruido, Nivel de Presión Sonora, Pérdida Auditiva, Protector Auricular.

ABSTRACT

This paper presents an evaluation and the mapping of the existing noise in a Hydroelectric Power. Sound pressure level measurements were made in several working point where they have the greater availability of the worker as far as time of exposition during the maintenance. 25% of measurements have presented values equal or greater than 85 dB(A), and 81 % was equal or greater than 65 dB(A). From the evaluation of the Noise in the field, it can be started that, the Hydroelectric Power has places where the sound level pressure is higher than 85 dB(A), being this value the limit for security for worker health, according to the Brazilian Norm - NR15 in its ANNEX 1, whereas according to the Norm of Occupational Hygienic NHO-01 the levels of noise for acoustic comfort, of Brazil, 65 dB(A) are established as an acceptable limit for the comfort for works non-superior to 60 dB, in agreement with Norm NR17. It was carried out an analysis of the different types of Individual Protective Equipment used in the company following the criteria established by the Norm DIN-EN-458 resulting that the auricular protectors used in the company fulfill the Norms of Individual Security.

German Norm was used since it allows to make a quantitative and qualitative analysis of the protector by each premises of work being used the method of octave bands. The maintenance's work groups are equal and permanent, not existing any rotation of activity due to the specialization of each employee executing the maintenance. This permanence of activity induces the worker to be exposed systematically at the same levels of sound pressure during the eleven months of the year, and in certain periods the activities extend to more than 8 hours per day due to repairs with restrictions of execution times.

In the areas with risks of hearing loss, two groups of people were found those who know the risks of noise to the health, therefore used the auricular protector correctly, and on the other hand, those who don't know the risks of noise for the health, who don't use the protective equipment or use it, but place it incorrectly. Other factors of not using the protectors, said by the workers, are: the uncomfortable condition of using the

protector, and the difficulty to communicate with the other workers who are executing the maintenance in the same place.

KEYWORDS: NOISE, SOUND PRESSURE LEVEL, HEARING LOSS, EARPLUG.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRACIONES X
LISTA DE TABLAS XI
LISTA DE SÍMBOLOS XIII
GLOSARIO XV
CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN 1
1.1. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA A INVESTIGAR 2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA A INVESTIGAR 6
1.3. JUSTIFICATIVA DEL ESTUDIO 7
1.3.1. JUTIFICATIVA ACADÉMICA 8
1.4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO 8
1.5. LIMITACIONES DEL TRABAJO 9
1.6. ESTRUCTURA DEL TRABAJO 10
CAPITULO 2 - REVISIÓN LITERARIA 11
2.1. INTRODUCCIÓN 12
2.2. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE PÉRDIDA AUDITIVA 12
2.3. NORMAS DE HIGIENE OCUPACIONAL, LEGISLACIONES Y REGLAMENTOS 15
2.4. RIESGO ASOCIADO A RUIDOS DE BAJA FRECUENCIA 24
2.5. EXPOSICIÓN AL RUIDO Y SUSCEPTIBILIDAD 25
2.6. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL HOMBRE 26
2.6.1 REACCIONES DE STRESS Y PERTURBACIÓN DE PROCESOS MENTALES 26
2.7. PROTECTORES AURICULARES 29
2.7.1 TIPOS DE PROTECTORES AURICULARES 30
2.7.2 ANÁLISIS DEL PROTECTOR AURICULAR SEGÚN MÉTODO DE BANDA DE OCTAVA Y DIN-EN458 32
CAPITULO 3 - LOCALES DE MEDICIONES ACÚSTICAS 34
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN 35
3.2. UBICACIÓN Y DATOS HIDROLÓGICOS 36
3.3 OBRAS CIVILES: PRESA PRINCIPAL, CASA DE MÁQUINAS 36
3.4 EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS – TOMAS DE AGUA 37
3.5 EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS - TURBINAS 37
3.6 EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS - GENERADORAS 38
3.7 EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS – TRANSFORMADORES ELEVADORES DE TENSIÓN 38
3.8 SUBESTACIÓN AISLADA POR GAS (GIS)– SF6 39
CAPITULO 4 - METODOLOGÍA DEL TRABAJO 40
4.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 41
4.2 PUNTOS DE MEDICIÓN ACÚSTICA 42
4.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS 45
4.4. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN 45
4.4.1 ANALIZADOR 45
4.4.2 MEDIDOR DE: PRESIÓN SONORA 46
4.4.3 CALIBRADOR ACÚSTICO 47
4.4.4 PROGRAMA PARA EVALUACIÓN OCUPACIONAL 48
4.5. ANÁLISIS DEL PROTECTOR AURICULAR 51
CAPITULO 5 – RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 53
5.1. INTRODUCCIÓN 54
5.2. MEDICIONES ACÚSTICAS 54
5.2.1. MEDICIONES DE LA_{EQ} POR ÁREAS DE TRABAJO 55
5.2.2. MEDICIONES DE LA_{EQ} POR BANDAS DE OCTAVA Y POR ÁREAS DE TRABAJO 56
5.3. ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS PROTECTORES AURICULARES 57
5.3.1. COTA 78 – ACCESO A LA RUEDA DE LA TURBINA U09 57
5.3.2. COTA 92 – ACCESO A LA TURBINA U06 62

5.3.3. COTA 92 – BOMBA DRENAJE DE LA U07 66
5.3.4. COTA 98 – REGULADOR DE VELOCIDAD U11 70
5.4. EVALUACIÓN DE LOS GRUPOS DE TRABAJO 73
5.4.1. INTRODUCCIÓN 73
5.4.2. DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO SMMU.DT 75
5.4.2.1 REGULADOR DE VELOCIDAD – CASO 1 75
5.4.2.2 REGULADOR DE VELOCIDAD – CASO 2 76
5.4.2.3 REGULADOR DE VELOCIDAD – CASO 3 77
5.4.2.4 SISTEMA DE AGUA PURA – PWE – CASO 1 78
5.4.2.5 SISTEMA DE AGUA PURA – PWE – CASO 2 79
5.4.2.6 SISTEMA DE AGUA PURA – PWE – CASO 3 80
5.4.2.7 TURBINA – CASO 1 81
5.4.2.8 TURBINA – CASO 2 82
5.4.2.9 BOMBA DE COMPUERTA DE LA TOMA DE AGUA – CASO 1 84
5.4.2.10 BOMBA DE COMPUERTA DE LA TOMA DE AGUA – CASO 2 85
5.4.3 DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES SMMT.DT 87
5.4.3.1 TRANSFORMADORES – CASO 1 87
5.4.3.2 SUB ESTACIÓN BLINDADA A GAS SF6 – CASO 1 90
5.4.4 DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO DE GENERADORES SMMG.DT 90
5.4.4.1 PANELES DEL GENERADOR – CASO 1 90
5.4.5 DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO ELECTRO ELECTRÓNICA SMME.DT 91
5.4.5.1 SISTEMAS ELECTRÓNICOS DEL GENERADOR- CASO 1 91
5.4.6 DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO CIVIL E INDUSTRIAL SMMC.DT 92
5.4.6.1 MANTENIMIENTO CIVIL – CASO 1 92
5.4.6.2 MANTENIMIENTO CIVIL – CASO 2 93
5.4.6.3 MANTENIMIENTO CIVIL – CASO 3 94
5.5. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS SEGÚN NORMAS Y SUS EFECTOS EN EL TRABAJADOR 95
5.5.1. ÁREAS DE TRABAJO Y SALAS 95
5.5.2. EFECTOS SOBRE LA SALUD 96
CAPITULO 6 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 98
6. 1. CONCLUSIONES 99
6. 2. SUGERENCIA A TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN FUTUROS 101
6. 3. RECOMENDACIONES 102
REFERENCIAS 103

LISTA DE ILUSTRACIONES

GRÁFICO 1.1 – ENFERMEDADES EN EL TRABAJO - ALEMANIA 3
GRÁFICO 4.1 – FOTOS DE LOCALES DE MEDICIONES 45

FIGURA 2.1 – AUDIOGRAMAS DEL PACIENTE 223172 (MC) RADIOCASETE 14
FIGURA 2.2 – AUDIOGRAMAS DE PACIENTE 384967 (MF) TIRADOR TIRO AL DISCO 14
FIGURA 2.3 – NIVEL SONORO PONDERADO EQUIVALENTE A 18
FIGURA 2.4 – POSIBLES MANIFESTACIONES CLINICAS DE ESTRÉS EN REALACIÓN AL RUIDO 27
FIGURA 2.5 –PROTECTOR AURICULAR DE ESPUMA AUTO MOLDABLE 30
FIGURA 2.6 –PROTECTOR AURICULAR PRE MOLDEADOS 31
FIGURA 2.7 –PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO 31
FIGURA 2.8 –PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPÓN CON ARCO 31
FIGURA 2.9 –PROTECTOR AURICULAR TIPO CONTROL ACTIVO DEL RUIDO 32
FIGURA 3.1 –ITAIPU BINACIONAL – CORTE TRANSVERSAL 35
FIGURA 4.1 – CORTE TRANSVERSAL DE LA CASA DE MÁQUINAS 43
FIGURA 4.2 –ANALIZADOR 45
FIGURA 4.3 –MEDIDOR B&K 2238 47
FIGURA 4.4 –CALIBRADOR B&K 4231 47
FIGURA 4.5 –CALIBRADOR B&K 4231 Y 2238 MEDIATOR 47
FIGURA 4.6 –PROGRAMA DE EVALUACIÓN B&K 7825 48
FIGURA 4.7–DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE INSTRUMENTOS CON EL COMPUTADOR 50
FIGURA 5.1 –EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS PROTECTORES AURICULARES 61
FIGURA 5.2 –EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS PROTECTORES AURICULARES 66
FIGURA 5.3 –EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS PROTECTORES AURICULARES 70
FIGURA 5.4 –ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO 73
FIGURA 5.5–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 75
FIGURA 5.6–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON CONTROL DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN 76
FIGURA 5.7–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO 77
FIGURA 5.8–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN 78
FIGURA 5.9–EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 78
FIGURA 5.10–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON CONTROL DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN 79
FIGURA 5.11–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO 80
FIGURA 5.12–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA PRE MOLDEABLE CON CORDÓN 81
FIGURA 5.13–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 81
FIGURA 5.14–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO 82
FIGURA 5.15–ESQUEMA DE USO DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO 83
FIGURA 5.16–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN 83
FIGURA 5.17–ESQUEMA DE USO DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA 84
FIGURA 5.18–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 84

FIGURA 5.19–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO 85
FIGURA 5.20–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE 86
FIGURA 5.21–TRANSFORMADOR U13 FASE A 60 HZ 87
FIGURA 5.22–EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 88
FIGURA 5.23–BANDAS DE OCTAVAS MEDIDOS EN LA COTA 108 - TRANSFORMADOR U10 FASE B (EN FUNCIONAMIENTO) 88
FIGURA 5.24–BANDAS DE OCTAVAS MEDIDOS EN LA COTA 108 - TRANSFORMADOR U06 FASE R (EN MANTENIMIENTO) 89
FIGURA 5.25–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 90
FIGURA 5.26–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 91
FIGURA 5.27–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 92
FIGURA 5.28–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO 92
FIGURA 5.29–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN DE CONTROL DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL RUIDO 93
FIGURA 5.30–EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO 94
FIGURA 5.31 –EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE 94

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1 – ENFERMEDADES EN EL TRABAJO - DINAMARCA 4
TABLA 2.1 – EXPOSICIONES PERMITIDAS AL RUIDO - OSHA 17
TABLA 2.2 – LIMITES DE TOLERANCIA PARA RUIDO CONTINUO O INTERMITENTE 21
TABLA 2.3 – TIEMPO MÁXIMO DIARIO DE EXPOSICIÓN PERMITIDO POR NIVEL DE PRESIÓN SONORA 22
TABLA 2.4 – FACTORES DE INFLUENCIA A LA SALUD 28
TABLA 2.5 – TIPOS DE DAÑOS 29
TABLA 2.6 – CÁLCULO DE L_A SEGÚN EL MÉTODO DE BANDAS DE OCTAVA 33
TABLA 2.7 – CLASIFICACIÓN DE PROTECTORES AURICULARES SEGÚN NORMA DIN-EN458 33
TABLA 4.1 – LOCALES DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS 42
TABLA 4.2 – NORMA DIN EN458 51
TABLA 5.1 – MEDICIONES DE LA_{EQ} POR LOCALES DE TRABAJO 55
TABLA 5.2 – MEDICIONES DE LA_{EQ} POR BANDAS DE OCTAVA 56
TABLA 5.3 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA 57
TABLA 5.4 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 58
TABLA 5.5 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA 58
TABLA 5.6 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 59
TABLA 5.7 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 POR BANDAS DE OCTAVA 59
TABLA 5.8 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 60

TABLA 5.9 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 POR BANDAS DE OCTAVA 60
TABLA 5.10 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 61
TABLA 5.11 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA 62
TABLA 5.12 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 62
TABLA 5.13 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA 63
TABLA 5.14 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 63
TABLA 5.15 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 POR BANDAS DE OCTAVA 64
TABLA 5.16 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 64
TABLA 5.17 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 POR BANDAS DE OCTAVA 65
TABLA 5.18 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 65
TABLA 5.19 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA 66
TABLA 5.20 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 67
TABLA 5.21 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA 67
TABLA 5.22 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 67
TABLA 5.23 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 POR BANDAS DE OCTAVA 68
TABLA 5.24 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 68
TABLA 5.25 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 POR BANDAS DE OCTAVA 69
TABLA 5.26 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 69
TABLA 5.27 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA 71
TABLA 5.28 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 71
TABLA 5.29 – EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA 72
TABLA 5.30 – EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 72
TABLA 5.31 – EVALUACIÓN DE CONFORT SEGÚN NORMA NBR 10152 96
TABLA 6.1 –RESÚMEN DE EQUIPOS QUE PRODUCEN NIVELES DE PRESIÓN SONORA MAYORES O IGUALES A 85 dB(A) 100

LISTA DE SÍMBOLOS

a	aceleración; Coeficiente de absorción (dB por distancia);
A_F	Factor de corrección del L_F;
AMD	Área de Montaje Derecha;
AMC	Área de Montaje Central;
APV_F	Nivel sonoro percibido por el oído,
α	Coeficiente de absorción;
c	Velocidad de propagación del sonido;
Cn	tiempo total de exposición a nivel de ruido específico;
c_p	calor específico a presión constante;
CTM	Compuerta de la Toma de Agua
c_v	calor específico a volumen constante;
d	distancia;
E	Módulo de elasticidad;
f	Frecuencia;
GIS	Gas Insulated Substation, subestación aislada a gas;
λ-	Longitud de onda;
KV	Kilo volt,
L'_A	Nivel sonoro efectivo,
L'_{AF}	Nivel sonoro percibido por el trabajador con uso del protector auricular,
LAeq	Nivel sonoro A-equivalente;
L_F	Nivel sonoro lineal,
log	logaritmo base 10;
m	metro;
m^2	área en metros cuadrados;
m^3	volumen en metros cúbicos;
M	Masa de 1 mol en kg/mol = 0,0288 kg/mol para el aire,
MD	Margen Derecha;

MI	Margen Izquierda;
msnm	Metro sobre el nivel del mar,
MW	Mega watts
m^3/s	caudal - en metros cúbicos por segundos;
NPS	Nivel de presión sonora; (SPL sound pressure level);
NR	Norma Reglamentadora (Brasil);
OSHA	Occupational Safety and Health Administration) – (EE.UU.)
P	Presión sonora;
p	Presión sonora;
PAP	Panel de Alta Presión;
PD	Pedido de Desconexión;
PWE	Bomba de Agua Pura;
QCG	Cuadro Central del Generador;
RV	Regulador de Velocidad;
Rw	Coeficiente de Aislación acústica;
SF_6	Gas hexafluoruro de azufre,
t	Tiempo (sg); Temperatura (°C);
T	Temperatura absoluta en °K; periodo;
TAU	Transformador Auxiliar;
Te	tiempo de exposición;
TEP	Transformador de Excitación Positivo
Ton	toneladas (peso);
Tn	máxima exposición diaria permitida a un nivel de ruido específico;
U01..9	Unidad generadora número 1, frecuencia 50 Hz;
U10..18	Unidad generadora número 10, frecuencia 60Hz;
UMCC	Central de Control Unitario del Motor;

GLOSARIO

Las expresiones utilizadas son comunes para los profesionales del área de acústica, siendo que con el glosario de esta disertación se busca facilitar la comprensión de estos terminos por los no conocedores de la acustica. Estos terminos fueron extraídos del libro "Control de Ruido" no editado del profesor Federico Miyara, quien ha facilitado un ejemplar.

Absorción sonora: (sound absorption) **1.** Proceso físico por el cual la energía de una onda sonora en un medio es parcialmente transformado en calor. **2.** Medida de la capacidad de absorber el sonido que exhibe un objeto o persona, expresado como la cantidad de $\mathbf{m^2}$ de superficie totalmente absorbente a que equivale. La unidad es el **sabin**.

Acústica: (Acoustics) **1.** Es la disciplina que estudia el sonido en todos sus posibles aspectos: generación, radiación, propagación, confinamiento, etc., así como los recursos para mejorar la aptitud de un ambiente para la música y/o la palabra. **2.** Conjunto de cualidades de un ambiente en relación con su aptitud para la escucha de la música y/o la palabra (por ejemplo: buena o mala acústica).

Acústico/ca: **1.** (acoustic, acoustical) Relativo a la acústica (por ejemplo: propiedades acústicas, materiales acústicos). **2.** (acoustician) Especialista en acústica.

Aislación acústica: (acoustical insulation) Acción que lleva a cabo cualquier tabique divisorio entre dos ambientes impidiendo en mayor o menor medida el paso de energía acústica de uno a otro lado (puede incluir ondas inaudibles, ultrasónicas y subsónicas).

Aislación sonora: (sound insulation, sound isolation, soundproofing) Acción que lleva a cabo cualquier tabique divisorio entre dos ambientes impidiendo en mayor o menor medida el paso de energía sonora de uno a otro lado.

Altura: (pitch) Sensación de mayor o menor gravedad o agudeza del sonido.

ANSI: American National Standards Institute. Instituto normalizador de Estados Unidos de Norteamérica. Emite normas de validez nacional dentro de los Estados Unidos, algunas de las cuales tienen ciertas diferencias con respecto a las Normas Internacionales (ISO) correspondientes.

Amplitud: (amplitude) En una señal periódica o cuasiperiódica, el máximo valor (o valor de pico) en un periodo.

Análisis de espectro: (spectrum analysis) Medición cuyo objeto es determinar el espectro de un sonido o una señal.

Analizador de espectro: (spectrum analyzer) Instrumento de medición que obtiene el espectro de una señal. Puede ser de *ancho de banda constante*, en el cual todas las bandas en que descompone el espectro de la señal tienen igual ancho de banda, *o de porcentaje constante*, en el cual el ancho de banda es proporcional a la frecuencia central de esa banda.

Ancho de banda: (bandwidth) Referido a un filtro, rango de frecuencias que el mismo permite pasar. Técnicamente, es la diferencia entre las frecuencias de corte superior e inferior, es decir, donde la respuesta baja una cantidad determinada de decibeles (generalmente **1** ó **3 dB**).

Audición: (hearing) Sentido por medio del cual se percibe el sonido.

Audiograma: (audiogram) Diagrama en el cual se indican, en una audiometría, los umbrales auditivos a diversas frecuencias relativos a los considerados normales

Audiometría: (audiometry) **1.** Técnica para la medición de la capacidad auditiva. **2.** Proceso para medir la capacidad auditiva. **3.** Por abuso de lenguaje, resultado de una audiometría.

Audiometría de alta frecuencia: (high frequency audiometry) Audiometría que utiliza frecuencias audiométricas superiores a las de la audiometría tradicional (**8 kHz** en adelante). Se utiliza para detectar precozmente alteraciones en la zona de la cóclea no involucrada en la percepción de la palabra.

Audiométrico/a: (audiometric) Relativo a la audiometría.

Auditivo: (auditory) Relativo a la audición.

Auricular: Relativo al oído externo.

Banda: (band) Un rango de frecuencias especificado. Por ejemplo, banda de audio (**20 a 20.000 Hz**).

Banda crítica: (critical band) **1.** Banda de frecuencia dentro de la cual las intensidades se suman a los efectos de la sensación de sonoridad. **2.** Banda alrededor de una frecuencia tal que un ruido blanco filtrado por un filtro de igual ancho de banda produce el máximo enmascaramiento posible sobre un tono de esa frecuencia. Ante cualquier incremento ulterior del ancho de banda del filtro ya no aumentará el enmascaramiento. **Nota:** ambas definiciones son equivalentes.

Banda de octava: (octave band) Un rango de frecuencias comprendido entre una frecuencia y el doble de esa frecuencia

Banda de tercio de octava: (one third octave band) Un rango de frecuencias comprendido entre una frecuencia y **1,26** veces esa frecuencia

Barrera acústica: (acoustic barrier) Tabique que, interpuesto entre una fuente sonora y un receptor bloquea el campo directo, atenuando, por consiguiente, el campo sonoro total.

Bel: (bel) Unidad logarítmica igual a diez decibeles.

Calibrador: (calibrator) Instrumento que genera un tono de nivel calibrado (en general **1 kHz** y **94 dB** ó **114 dB**) que se utiliza para contrastar y ajustar sonómetros u otros instrumentos de medición acústica.

Campo sonoro: (sound field) Distribución de la presión sonora en el tiempo y en el espacio.

Ciclo: (cycle) Referido a una onda periódica o cuasiperiódica, cada porción que se repite.

Clase de transmisión sonora: (sound transmission class) Número único utilizado en EEUU para especificar materiales y estructuras aislantes del sonido, similar al $\mathbf{R_w}$. Se abrevia **STC**.

Código: (code) **1.** Cualquier conjunto de símbolos para representar algo (una cantidad o magnitud, información, etc.). **2.** En Informática, conjunto de instrucciones de un programa. **3.** En Derecho, conjunto de disposiciones legales emitidas separadamente pero que se han reunido en un cuerpo único por referirse a una misma materia.

Coeficiente de absorción sonora: (sound absorption coefficient) Cociente α entre la energía sonora que es absorbida por una superficie y la que incide sobre ella.

Contaminación por ruido: Presencia de ruidos cuyo nivel sonoro excede los valores aceptables para una buena calidad de vida.

Control de ruido: (noise control) Conjunto de medidas técnicas o estratégicas para corregir una situación en la cual el ruido sea o pueda ser un problema.

Daño auditivo: (hearing damage) **1.** Deterioro detectable de la capacidad auditiva. **2.** Deterioro de la capacidad auditiva suficiente como para producir dificultades funcionales, típicamente dificultades para la comprensión oral. **3.** Deterioro expresable, de acuerdo a algún criterio acordado en determinado contexto, en términos del desplazamiento del umbral en una o varias frecuencias, por ejemplo un aumento promedio de **25 dB** en las frecuencias **500 Hz, 1000 Hz** y **2000 Hz**.

dB: Abreviatura de **decibel.**

dB(A): Abreviatura de **decibel A**.

dB(C): Abreviatura de **decibel C**.

Decibel: unidad en la que se expresa el nivel de presión sonora, y en general la relación entre dos valores de presión, tensión eléctrica, o potencia.

Decibel A: Unidad de nivel sonoro en la cual se expresan habitualmente los resultados de las mediciones de ruido con fines legales o para la determinación de riesgo auditivo. Se abrevia **dB(A)**.

Decibel C: Unidad de nivel sonoro utilizada para algunas mediciones de ruido impulsivo o en aquellos casos en que se requiere una aproximación del nivel de presión sonora. También permite, en conjunción con la medición en **dB(A)**, deducir si un determinado ruido tiene predominio de bajas frecuencias. Se abrevia **dB(C)**.

Decibelímetro: (sound level meter) Nombre menos formal del medidor de nivel sonoro.

Desplazamiento del umbral: (threshold shift) Incremento en el umbral auditivo.

Desplazamiento temporario del umbral: (temporary threshold shift) Incremento reversible del umbral auditivo debido a enfermedades o a exposición a ruidos intensos por periodos cortos de tiempo.

Dosis: (dose) Dada una exposición a ruido, el porcentaje en energía que aquélla representa con respecto a la máxima exposición admitida por ley para un intervalo de tiempo de referencia Por

ejemplo, para un intervalo de referencia de **8 hs**, si el máximo admitido es **85 dB(A)**, entonces una exposición durante **4 hs a 85 dB** corresponde a una dosis del **50 %**.

Dosímetro: (dosimeter) Medidor de dosis de exposición sonora.

Emisión: (emission) generación o creación de una perturbación que se propagará en forma de ondas.

Encapsulamiento: (shielding) Técnica de control de ruido en la vía de transmisión consistente en encerrar la fuente de ruido entre paredes aislantes.

Espectro: (spectrum) Diagrama en el que se representa la amplitud de las distintas componentes frecuenciales que integran un sonido o ruido (y en algunos casos también la fase).

Espectro de bandas: (band spectrum) Espectro en el cual se representa el nivel de presión sonora correspondiente a cada una de las bandas en las que se ha subdividido el eje de frecuencia. Por ejemplo, espectro de bandas de octava.

Espuma: (foam) Un tipo de material que tiene incorporado grandes cantidades de aire u otro gas dentro de su estructura. Puede ser de poros abiertos o cerrados. Los de poros abiertos constituyen en general buenos absorbentes del sonido.

Estructura absorbente: (absorptive structure) Estructura diseñada para tener un elevado coeficiente de absorción sonora, aún cuando sus materiales constitutivos tengan menor absorción. Son ejemplos los resonadores.

Estructura aislante: (attenuating structure, insulating structure) Estructura tal que por una adecuada disposición de sus componentes alcanza una elevada pérdida de transmisión.

F: En un sonómetro, abreviatura de *respuesta rápida*.

Filtro: (filter) Dispositivo (por lo general) electrónico que permite pasar ciertas frecuencias y bloquea otras.

Filtro de banda: (band filter) Filtro pasabanda. En general se usa esta denominación cuando se refiere a un tipo normalizado de banda (por ejemplo, banda de octava).

Frecuencia: (frequency) Cantidad de ciclos o periodos de una señal periódica en la unidad de tiempo (por lo general el segundo). Se expresa en **ciclos por segundo**, o lo que es lo mismo, en **Hertz (Hz)**.

Frecuencia audiométrica: (audiometric frequency) Cualquiera de una serie de frecuencias utilizadas en las audiometrías (**125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz**).

hertz: Unidad de frecuencia igual a un ciclo por segundo. Se abrevia **Hz**.

Hipoacusia: (hypoacusis) Disminución de la capacidad auditiva.

Hipoacúsico: (hard of hearing) Persona que padece hipoacusia.

Hormigón: (concrete) Material de mampostería formado por cemento, arena y piedras. Tiene una gran resistencia a la compresión, pero su baja tensión de ruptura a la tracción obliga a utilizar una estructura metálica que lo soporte. Ofrece una considerable aislación sonora. Se utiliza también para pisos flotantes o bases inerciales.

Hz: Abreviatura de hertz.

IEC: (International Electrotechnical Commission) Comisión Electrotécnica Internacional. Organismo que emite normas relativas a equipamiento eléctrico. Los instrumentos de medición acústica están sujetos a normas IEC.

Infrasonido: (infrasound) Onda acústica de frecuencia menor que la mínima audible (en general, por debajo de los **16 Hz**).

Intensidad sonora: (sound intensity) Potencia sonora por unidad de superficie en determinada dirección.

ISO: (International Organization for Standardization) Organismo internacional de normalización. Agrupa a los organismos nacionales de normalización. Emite normas de validez internacional.

k: Abreviatura del prefijo *kilo*. Se escribe siempre con minúscula.

kilo: Prefijo que denota un multiplicador por **1000** de una unidad cualquiera.

kilogramo: (kilogram) Unidad del Sistema Internacional para la masa. Se abrevia **kg**.

kilohertz: Unidad de frecuencia igual a **1000 Hz**.

kHz: Abreviatura de kilohertz.

Lana de vidrio: (fiberglass) Material formado por finas fibras de vidrio aglutinadas mediante una resina termoendurecible de manera de conservar su porosidad. Esté entre los materiales absorbentes más efectivos y más económicos. Tiene el inconveniente de que la inhalación de partículas desprendidas es perjudicial para la salud.

Legislación: (regulations) Conjunto de disposiciones legales que regulan diversos aspectos del funcionamiento de las relaciones sociales.

Legislación ambiental: (environmental regulations) Conjunto de disposiciones legales que regulan diversos aspectos del cuidado del ambiente en relación con el uso de ese ambiente por los miembros de la sociedad.

Legislación laboral: (labor regulations) Conjunto de disposiciones legales que regulan diversos aspectos de las relaciones laborales entre empleadores y empleados, tales como las obligaciones mutuas.

L_{eq}: Abreviatura de *nivel equivalente*.

Ley: 1. (regulations, law) Legislación. **2.** (act) Disposición legal específica que regula determinado tipo de relaciones sociales. En los sistemas democráticos de gobierno las leyes son debatidas y aprobados en el congreso o parlamento, y tienen alcance nacional o provincial según corresponda. **3.** (law) En ciencias empíricas, cualquier relación que se cumple sistemáticamente según se ha podido determinar por observación empírica o según se ha deducido de otras observaciones empíricas o de otras leyes establecidas previamente.

Logaritmo: (logarithm) Función matemática que se utiliza para comprimir un rango de tal manera que todas las décadas (u octavas) se convierten en un mismo valor. Puede calcularse en distintas bases, siendo la más frecuente la base **10**. Se abrevia **Log**. Para cálculos teóricos es útil el logaritmo natural o neperiano, en base **e = 2,7182818**.

Longitud de onda: (wavelength) Distancia recorrida por una onda periódica antes de que por el punto considerado pase un nuevo frente de onda idéntica al anterior. También longitud espacial de un ciclo completo de una onda.

Mapa acústico: Mapa de ruido. Puede contener también información complementaria sobre otros parámetros acústicos como la absorción o la aislación sonora de las fachadas, calzadas, etc.

Mapa de ruido: Mapa geográfico de una zona, ciudad o región sobre el cual se ha representado, de acuerdo con alguna codificación adecuada (por ejemplo según norma DIN 18.005), el nivel sonoro u otro indicador similar correspondiente a diversos puntos seleccionados de acuerdo a algún criterio conveniente. Pueden utilizarse contornos isófonos.

Material absorbente: (absorptive material) Un material especialmente formulado para exhibir un elevado coeficiente de absorción sonora.

Material aislante acústico: (attenuating material) Un material formulado especialmente para tener una elevada pérdida de transmisión.

Material poroso: (porous material) Material cuya estructura microscópica contiene pequeñas cavidades abiertas e interconectadas llenas de aire. En general son buenos absorbentes acústicos.

Medidor de nivel sonoro: (sound level meter) Instrumento para medir el nivel sonoro y en algunos casos el nivel de presión sonora. Normalmente se incluyen las curvas de compensación **A** y **C**. Debe cumplir con la norma IEC 60651 o cualquiera que la supere.

Medidor de nivel sonoro integrador: Instrumento de medición para medir el nivel sonoro continuo equivalente que cumple con la norma IEC 60804. Además de tener filtros que permiten medir en **dB(A)** y **dB(C)**, permite en general fijar el periodo de tiempo desde **1 s** hasta **24 h**.

Medio ambiente: (environment) Expresión redundante utilizada frecuentemente en lugar de *ambiente*.

mega: (mega) Prefijo que denota un multiplicador por **1000000** de una unidad cualquiera. Se abrevia **M**.

micro: (micro) Prefijo que denota un divisor por **1000000** de una unidad cualquiera. Se abrevia **μ**.

micropascal: (micropascal) Unidad de presión igual a la millonésima parte de un pascal. Se abrevia **μPa**.

mili: (milli) Prefijo que denota un divisor por **1000** de una unidad cualquiera. Se abrevia **m**. Nota: en el caso del **kg**, no se usa **mkg** sino directamente **g**.

Monitoreo de ruido: (noise monitoring) Registro continuo de variables acústicas del ruido ambiente, con almacenamiento en memoria o en cinta magnética para su ulterior análisis y evaluación, en general por computadora.

NC: (noise criterion) Ver *curvas NC*.

newton: Unidad de fuerza del Sistema Internacional, igual a un $\mathbf{kg \cdot m/s^2}$. Se abrevia **N**.

Nivel: (level) En relación con una magnitud cualquiera, expresión logarítmica de su valor **M** referido a un valor de referencia $\mathbf{M_{ref}}$ ($\mathbf{N_M = 20\ \log_{10}\ (M/M_{ref})}$). Se expresa en decibeles, pudiendo agregarse a la abreviatura **dB** algún sufijo asociado a la referencia. Por ejemplo, el nivel de tensión eléctrica referido a **1 V** se expresa en **dBV**.

Nivel de exposición sonora: (sound exposure level) Nivel constante durante un tiempo de referencia de **1 s** que posee igual energía total que el evento a medir. Se utiliza para valorar y comparar ruidos de corta duración, como impactos, pasajes de vehículos, el ruido del paso de aviones, etc.

Nivel de intensidad sonora: (sound intensity level) Expresión logarítmica de la intensidad sonora, referida a un valor de intensidad de referencia: $\mathbf{L_I = 10 \log_{10} (I/I_{ref})}$, donde **I** es el valor medio de la intensidad sonora e $\mathbf{I_{ref} = 10^{-12}\ W/m^2}$. Se expresa en **decibeles (dB)**. Con esta referencia, el nivel de intensidad sonora y el nivel de presión sonora coinciden muy aproximadamente para ondas esféricas en el aire.

Nivel de pico: (peak level) Valor instantáneo máximo durante un intervalo de **1 s**. No debe confundirse con $\mathbf{L_{máx}}$, ya que éste es el máximo valor eficaz (no instantáneo) en un periodo dado.

Nivel de potencia sonora: (sound power level) Expresión logarítmica de la potencia sonora, referida a un valor de intensidad de referencia: $\mathbf{L_W = 10 \log_{10} (Pot/Pot_{ref})}$, donde **Pot** es el valor medio de la potencia sonora y $\mathbf{Pot_{ref} = 10^{-12}\ W}$. Se expresa en **decibeles (dB)**. **Nota:** Antiguamente se utilizaba $\mathbf{10^{-13}\ W}$ en lugar de $\mathbf{10^{-12}\ W}$ como referencia, por lo cual es necesario prestar atención al interpretar estos valores.

Nivel de presión sonora: (sound pressure level) Expresión logarítmica de la presión sonora, referida a un valor de presión de referencia: $\mathbf{NPS = 20 \log_{10} (P/P_{ref})}$, donde **P** es el valor eficaz de la presión sonora y $\mathbf{P_{ref} = 20\ \mu Pa}$. Se expresa en **decibeles (dB)**.

Nivel de ruido: (noise level) Nivel sonoro correspondiente al ruido en un instante determinado.

Nivel de ruido ambiente: (ambient noise level) Nivel sonoro continuo equivalente en un periodo determinado debido al ruido ambiente.

Niveles estadísticos: Conjunto de valores denotados $\mathbf{L_n}$ que corresponden a niveles sonoros que son superados respectivamente un **n %** del tiempo. Los más utilizados son $\mathbf{L_{10}}$, $\mathbf{L_{50}}$ y $\mathbf{L_{90}}$. $\mathbf{L_{10}}$ es habitualmente interpretado como el nivel promedio de los picos, y $\mathbf{L_{90}}$ como el nivel de ruido ambiente debido tanto a las fuentes cercanas como lejanas. Asimismo, $\mathbf{L_{95}}$ se suele interpretar como el nivel de ruido correspondiente a las fuentes lejanas.

Nivel equivalente: (equivalent level) Nivel sonoro continuo equivalente. Se abrevia $\mathbf{L_{eq}}$.

Nivel sonoro: (sound level) Valor corregido del nivel de presión sonora una vez que la señal eléctrica proporcional a la presión ha sido filtrada por un filtro especificado (**A**, **B**, **C**, **D**, etc.). Los filtros se han adoptado para poner de manifiesto la respuesta del oído ante determinado tipo de ruido o sonido. El filtro **A** es el más ampliamente difundido, y en este caso el nivel sonoro se mide en **dBA**. También denominado, especialmente en las Normas, **nivel de presión sonora compensado**.

Nivel sonoro continuo equivalente: (equivalent level) Nivel sonoro de un ruido de intensidad constante durante un tiempo **T** especificado cuya energía sonora ponderada por la red de compensación **A** sea igual a la correspondiente al ruido que está siendo evaluado. En forma equivalente, nivel promedio energético. Se abrevia **NSCE** o $\mathbf{L_{eq}}$.

Noise Pollution Clearinghouse: Institución con sede en EEUU que mantiene un sitio de Internet dedicado a la contaminación sonora (http://www.nonoise.org) en el cual se encuentra abundante información y enlaces con otros sitios. Posee una extensa biblioteca virtual.

Norma: (standard) Recomendación emitida por un organismo técnico especializado con respecto a una cuestión de interés general o específico. A diferencia de las leyes, las normas son de adhesión voluntaria, aunque algunas leyes u ordenanzas hacen mención explícita a normas, en cuyo caso son obligatorias. En general se usan como base para acuerdos científicos, técnicos, institucionales, comerciales, etc.

Normativa: (regulations) Conjunto de disposiciones legales.

NR: (Noise rating) Ver *Curvas NR*.

NRC: Abreviatura en inglés de *coeficiente de reducción de ruido*.

NPS: (SPL) Abreviatura de nivel de presión sonora.

Número de onda: (wave number) Un valor $\mathbf{k = 2\pi/\lambda}$, donde λ es la longitud de onda. Indica qué ángulo de fase (en radianes) representa la unidad de longitud (**m**).

Octava: (octave) **1.** Una relación de frecuencias igual a **2** (octava superior) o a **0,5** (octava inferior. **2.** Un intervalo musical cuyas frecuencias extremas están en relación de octava. Se verifica entre una nota y la obtenida contando 8 teclas blancas a partir de ella en un teclado (incluidas la primera y la última).

Oído: **1.** (ear) Órgano de la audición o parte de él (por ejemplo, oído interno). **2.** (hearing) Sentido de la audición.

Oído externo: (outer ear) Parte visible del oído, constituida por la oreja, el canal auditivo y el tímpano.

Oído interno: (inner ear) Parte del oído en la cual se lleva cabo el procesamiento mecánico y neuroeléctrico del sonido. Está dentro de la cóclea

Oído medio: (middle ear) Parte del oído entre el tímpano y la cóclea, cuya finalidad es conducir eficientemente el sonido desde el tímpano hasta el oído interno por medio de los huesecillos, que actúan como palanca.

Onda: (wave) **1.** Fenómeno físico por el cual una perturbación originalmente localizada en un punto del espacio se propaga hacia otro u otros puntos. Una característica de las ondas es que en ellas no se propaga materia, sino la perturbación. También se propaga energía. Existen ondas mecánicas, electromagnéticas, etc. **2.** La **traza** de una onda en un punto determinado, es decir la forma en que varía en el tiempo una variable física asociada a la perturbación (por ejemplo, la presión sonora). Ver *Forma de onda*.

Onda sonora: (sound wave) Una onda mecánica, principalmente en el aire, especialmente con energía en la banda de audiofrecuencias (**20** a **20000 Hz**).

OSHA: 1. (Occupational Safety and Health Administration) Administración de Seguridad y Salud Laboral de EEUU. Organismo del cual depende, a nivel federal, la salud laboral. **2.** (Occupational Safety and Health Act) Ley de Seguridad y Salud Laboral vigente en EEUU.

Pa: Abreviatura de *pascal*.

pascal: Unidad del Sistema Internacional para la presión. Es igual a **1 N/m^2**. Es un valor relativamente pequeño, si se tiene en cuenta que la presión atmosférica de equilibrio está próxima a los **100.000** pascales. Se abrevia **Pa**.

Pérdida auditiva: (hearing loss) **1.** Disminución de la capacidad auditiva. **2.** Incremento del umbral auditivo a una frecuencia especificada

Pérdida auditiva promedio: (average hearing loss) Promedio de las pérdidas auditivas en **500 Hz**, **1000 Hz** y **2000 Hz**. Es una medida de la hipoacusia que está bastante correlacionada con la inteligibilidad de la palabra. Mientras sea inferior a unos **25 dB** no se encuentra comprometida la comunicación oral. Se abrevia **PAP**.

Periodo: (period) En una onda periódica, el tiempo **T** transcurrido entre dos ciclos consecutivos.

Piso flotante: (floating floor) Un piso independiente de la estructura que lo soporta, separado de ésta por medio de materiales elásticos.

Potencia: (power) Energía transferida por unidad de tiempo. Se mide en watt.

Presbiacusia: (presbycusis) Disminución de la capacidad auditiva con la edad.

Presión acústica: (acoustic pressure) Presión sonora. En algunos casos se le da la acepción más general admitiendo frecuencias fuera del espectro audible.

Presión atmosférica: (atmospheric pressure) Presión del aire en reposo, es decir en ausencia de sonido. El valor normalizado es de **101.325 Pa**.

Propagación: (propagation) **1.** Desplazamiento de una perturbación. **2.** Transmisión de un punto a otro de una señal o de energía.

Protector auditivo: (hearing protector) Dispositivo que se introduce en el canal auditivo o que se coloca alrededor de la oreja para reducir la intensidad de las ondas sonoras que llegan al tímpano.

Red de compensación: Filtro que permite ponderar las diversas frecuencias según su importancia relativa para una dada aplicación.

Red de compensación A: Filtro interpuesto en un medidor de nivel sonoro con el fin de obtener una medición que ofrece buena correlación estadística a largo plazo con el daño auditivo y una aceptable correlación con la sensación de molestia. Atenúa las bajas y las altas frecuencias.

Red de compensación C: Filtro interpuesto en un medidor de nivel sonoro que atenúa las frecuencias muy bajas y las muy altas. Se utiliza para evaluar el contenido de bajas frecuencias de un ruido, así como para especificar el límite de los ruidos impulsivos.

Reflexión: (reflection) Fenómeno por el cual una onda sonora cambia de sentido al llegar a una pared rígida, retornando al ambiente acústico del cual provenía. Obedece a la ley especular, es decir el ángulo respecto a la perpendicular a la superficie se invierte.

Refracción: (refraction) Fenómeno por el cual una onda es desviada al pasar de un medio a otro, por ejemplo del aire a una pared.

Reglamento: (rules) Disposición complementaria a una ley u ordenanza.

Reglamentación: Conjunto de disposiciones complementarias a una ley u ordenanza.

Riesgo auditivo: (hearing risk) Diferencia entre el porcentaje de personas que adquiere determinado grado de hipoacusia al exponerse a determinado ruido durante determinado tiempo y el porcentaje de personas que adquiere el mismo grado de hipoacusia sin estar expuesto a dichas condiciones.

Ruido: (noise) **1.** Cualquier señal indeseada que interfiere la transmisión, percepción o interpretación de una señal útil. **2.** Cualquier sonido de espectro continuo o muy complejo. **3.** Cualquier sonido molesto.

Ruido ambiente: Ruido debido a todas las fuentes de ruido cercanas y lejanas.

Ruido blanco: (white noise) Un tipo particular de ruido cuya densidad espectral de potencia es constante con la frecuencia. Aparece naturalmente asociado a diversos fenómenos físicos. Su denominación proviene de una analogía con la luz blanca, que contiene todos los colores con igual intensidad.

Ruido de banda: (band noise) Un tipo particular de ruido que se obtiene filtrando un ruido blanco o rosa por medio de un filtro de octava o de tercio de octava.

Ruido de fondo: Ruido debido a las fuentes sonoras cercanas y lejanas excepto aquella que se está evaluando.

Ruido de impacto: (impact noise) Ruido de muy corta duración típico del impacto entre dos objetos, cuyo crecimiento es muy rápido y su decrecimiento es exponencial. La frecuencia de repetición debe ser menor de **10 Hz**.

Ruido molesto: Ruido que perjudica o afecta negativamente a las personas.

Ruido rosa: (pink noise) Un tipo particular de ruido cuya densidad espectral de potencia disminuye con la frecuencia. El espectro de bandas de octava (o de tercio de octava) es, para este tipo de ruido, constante. Por esa razón se utiliza como señal de prueba en varios ensayos acústicos.

R_w: Índice de reducción acústica compensado. Valor único que permite valorar la capacidad de un material como aislante para la palabra no amplificada. Se obtiene a partir de la pérdida de transmisión en bandas de tercio de octava.

S: En un sonómetro, abreviatura de *respuesta lenta*.

Señal: (signal) una magnitud física variable en el tiempo que transmite, transporta o comunica información.

Sinusoide: (sinusoid) Senoide.

Sistema: (system) Cualquier ente o conjunto de entes que interactúan intercambiando energía o procesando señales, ya sea artificial o natural.

Sistema Internacional de Unidades: (International System of Units) Sistema coherente de unidades métricas basado en siete unidades básicas y todos sus múltiplos y submúltiplos y sus unidades derivadas. Las unidades básicas son: **metro (m), kilogramo (kg), segundo (s), amper (A), kelvin (K), mol (mol), candela (cd)**. Se abrevia **SI**.

SOBRAC: Sociedad Brasileña de Acústica.

Sociedad Brasileña de Acústica: Organismo que agrupa los acústicos de Brasil (SOBRAC). Publica la revista semestral Acústica e Vibrações.

Sonido: (sound) Onda acústica que se propaga en el aire, agua y otros medios, cuya frecuencia está comprendida entre **20 Hz** y **20 kHz**, capaz de provocar sensación auditiva.

Sonómetro: (sound level meter) Medidor de nivel sonoro.

Sonoridad: (loudness) Magnitud psicoacústica que cuantifica la sensación de "mayor o menor sonoridad". Difiere del *nivel de sonoridad* en que aquél sólo pretende representar la igualdad de sensaciones, mientras que éste se propone medir la diferencia o las relaciones entre ellas. Se expresa en **son**.

STC: Abreviatura de *sound transmission class*. Ver **R_w**.

Tasa de intercambio: (exchange rate, halving rate) Cantidad de **dB** en que se incrementa el máximo nivel sonoro **A** admisible al reducirse a la mitad el tiempo de exposición. Para la legislación laboral de muchos países, está fijada en **3 dB**, de acuerdo con la teoría de la igualdad de la energía. En algunos países (notablemente, EEUU) se fija en **5 dB**, según lo admite la teoria de la igualdad de efectos temporarios. **Nota**: Para llegar a esta conclusión debe suponerse una intermitencia de 7 interrupciones diarias, que, evidentemente, no puede garantizarse en todos los casos (si es que tan siquiera es un promedio).

Tercio de octava: (one third octave) Una relación de frecuencias igual a **1,25992**.

Teoría de la igualdad de la energía: (equal-energy theory) Teoría del riesgo de daño auditivo según la cual el riesgo queda determinado por la cantidad media de energía sonora recibida por día (con ponderación **A**). Esta teoría conduce a que por cada reducción a la mitad del tiempo de exposición el nivel admisible se incremente en **3 dB**.

Teoría de iguales efectos temporarios: (equal temporary effect theory) Teoría del riesgo de daño auditivo según la cual el efecto a largo plazo de un determinado ruido es similar al desplazamiento temporario del umbral que ocasiona en personas jóvenes de buena audición dicho ruido. Por consiguiente, el riesgo puede estimarse conociendo el desplazamiento temporario del umbral. La teoría se complementa con las observaciones según las cuales una misma dosis de exposición diaria a un determinado nivel de ruido produce menores efectos temporarios si la exposición es intermitente que si se concentra en un solo periodo. Esta teoría conduce, bajo el supuesto de que en promedio hay 7 interrupciones diarias de la exposición, a que por cada reducción a la mitad del tiempo de exposición el nivel admisible se incremente en **5 dB**.

Tímpano: (eardrum) Membrana semitransparente de forma ligeramente cónica que se encuentra en el fondo del canal auditivo. El tímpano vibra a causa de las diferencias de presión entre el exterior y el interior, y comunica esas vibraciones al martillo.

Tipo: (Type) **1.** Clasificación de los instrumentos de medición acústica según su precisión. Los de tipo 0 son los instrumentos patrón de laboratorio, los de tipo 1 son los de precisión para laboratorio y campo, los de tipo 2 son para su utilización en verificaciones rápidas, y los de tipo 3, con fines orientativos. **2.** Una clasificación del montaje (ver) de los materiales absorbentes.

Tono: (tone) **1.** Sonido periódico que evoca sensación de altura determinada. **2.** A veces, por abuso de terminología, tono puro. **3.** Un intervalo musical de alturas equivalente a multiplicar la frecuencia del sonido más grave por **1,12246**.

Tono puro: (pure tone) Sonido senoidal puro.

Transmisión: (transmission) Propagación del sonido de un lugar a otro por vía aérea, fluida o sólida.

Transmisión por flancos: (flank transmission) Transmisión del sonido por otra vía que la aparentemente más directa. Por ejemplo, en el caso de una pared, la transmisión por flancos puede deberse a la transmisión del sonido a la estructura portante y de ésta a otra pared diferente en otra habitación, radiando sonido hacia esta última, o también la filtración por una fisura.

Transmisión por vía aérea: (airborne transmission) Propagación del sonido a través del aire.

Transmisión por vía líquida: (waterborne transmission) Propagación del sonido a través del agua u otros líquidos.

Transmisión por vía sólida: (structureborne transmission) Propagación del sonido a través de elementos sólidos tales como estructuras, paredes, ventanas, losas, o pisos.

Umbral de audición: (threshold of hearing) Mínimo nivel de presión sonora a una frecuencia dada y en condiciones dadas (campo libre, campo reverberante, auriculares, etc.) necesario para evocar sensación sonora. Para **1 kHz** normalmente está cerca de los **0 dB**.

Umbral de dolor: (threshold of feeling, threshold of pain) El nivel de presión sonora que comienza a producir dolor de oído. Normalmente está cerca de los **120 dB**.

Valor de pico: (peak value) Máximo valor de una señal en un intervalo dado de tiempo. En el caso de señales periódicas, dicho intervalo se toma como el periodo.

Valor eficaz: (root mean square) Raíz cuadrada del valor cuadrático medio de una señal en un intervalo dado de tiempo. Se aplica a magnitudes como la tensión y la corriente eléctrica, la presión sonora, y la velocidad de las partículas. Representa un valor constante que produce la misma energía que la señal variable en el tiempo.

Valor máximo: (maximum) Valor de pico.

Valor pico a pico: (peak-to-peak value) Diferencia entre el valor máximo y el mínimo de una señal. Por ejemplo en una senoide sin valor de continua, es el doble de la amplitud.

Velocidad del sonido: (sound speed, sound velocity) velocidad de propagación de la onda sonora. Para el aire es de aproximadamente **345 m/s**. Se abrevia **c**.

Velocidad de respuesta: Rapidez con que un sistema responde a una excitación. Generalmente se cuantifica por medio del tiempo de respuesta o de la constante de tiempo.

Vibración: Movimiento, en general oscilatorio (regular o irregular), que experimenta un objeto, parte de él o un medio.

Vidrio doble: (double glazing) Sistema de ventana con dos hojas de vidrio separadas por una capa de aire de espesor entre algunos milímetros y algunos centímetros que permite una mejor aislación.

Vidrio laminado: (laminated glass) Vidrio formado por dos capas de vidrio separados por un material plástico (polivinil butiral, **PVB**). Tiene una pérdida de transmisión hasta **5 dB** mayor que la misma cantidad de vidrio macizo.

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA A INVESTIGAR

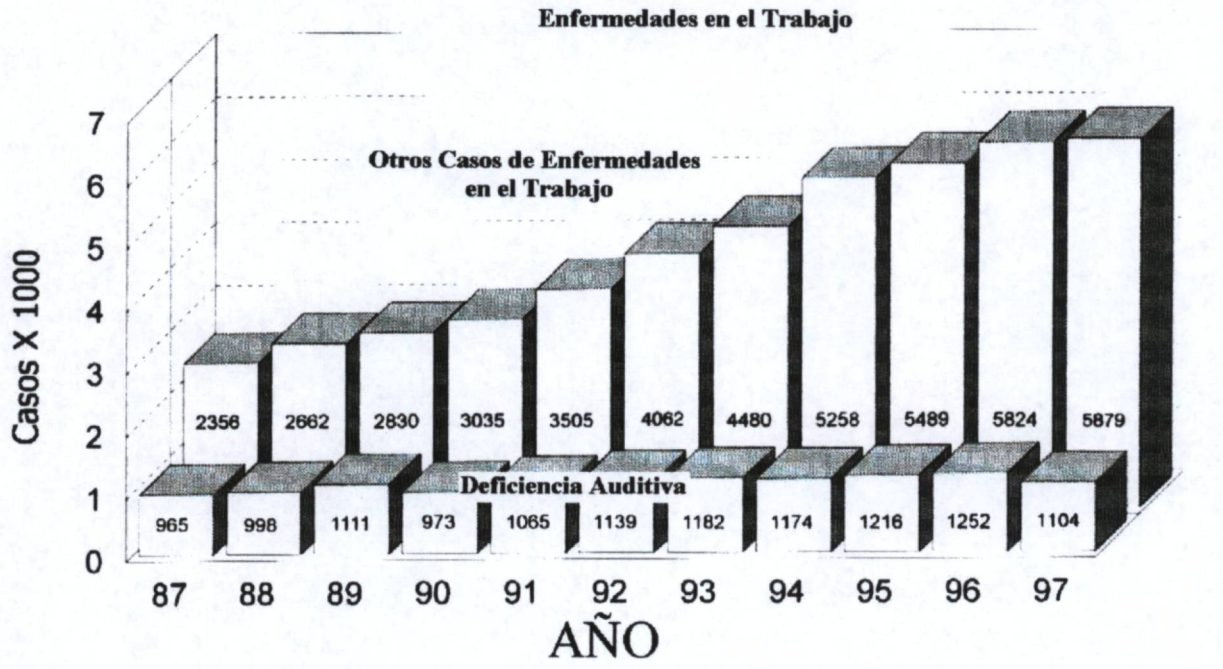
Antes del nacimiento el ser humano ya recibía la influencia de sonidos y voces. Sonidos familiares, suaves tranquilizan, pero ruidos de diferentes intensidades asustan, causan miedo, ZANNIN (2002). La audición es el sentido que primero posibilita el aprendizaje de la lengua, abriendo al hombre el mundo, donde el se comunica, que él aprende a entender, donde el conocimiento y experiencias son acumulados, ideas y opiniones cambiadas. Para la mayoría de las personas, oír es algo muy natural. ¿Quién ya se paró para pensar que la audición es nuestro mecanismo de percepción más sensible? Mismo cuando dormimos, nuestro oído permanece alerta, el no puede ser desconectado, ZANNIN (2002).

Hoy en día, en los países industrializados existen organismos encargados de proteger el medio ambiente acústico. Esto debido a la variedad de investigaciones realizadas sobre los efectos del ruido sobre la audición humana, así como de los efectos colaterales sobre el resto de los órganos del cuerpo.

Las empresas se ven obligadas a custodiar la salud de sus empleados debido al costo que representan para la empresa cuando un trabajador sufre los efectos de un factor de riesgo a su integridad, en el caso del ruido, existen otros efectos como disminución del rendimiento en trabajos de concentración.

La *polución sonora* es hoy, después de la polución del aire (en términos de emisores gaseosos), el problema ambiental que afecta el mayor número de personas. Los daños causados por ejemplo el daño de auditivo debido al ruido se encuentran en la punta de las estadísticas de países con alto nivel de industrialización como: los Estados Unidos de América, Alemania y Japón. En Alemania, el ruido es considerado la dolencia do trabajo número 1, ZANNIN (2002). En Dinamarca, los diagnósticos de pérdidas auditivas están en segundo lugar detrás apenas de los diagnósticos de enfermedades en el sistema motor.

GRAFICO 1.1 ENFERMEDADES EN EL TRABAJO – ALEMANIA – SEGÚN EL SINDICATO DE LOS TRABAJADORES EN LA INDUSTRIA



FUENTE: APUNTES DEL CURSO CONFORT ACÚSTICO DEL PROF. DR. ING P. H. ZANNIN (2002)

En el GRAFICO 1.1 se tiene la variación por año de las enfermedades durante un decenio en Alemania, la pérdida auditiva se mantuvo alrededor de 1.100.000 casos entre los trabajadores alemanes mientras que las otras enfermedades ocupacionales dentro de las Industrias se han incrementado.

Según BERGLUND. y LINDVALL (1995) estudios hechos por la Comunidad Europea, estas pérdidas auditivas se deben al uso indebido de los protectores auditivos y a que los equipos utilizados emitían niveles de ruido elevados, a raíz de esto resultados la Comunidad Europea elaboraron el 5° Programa de Acción Medio Ambiental en el año 1993 en cuya ocasión se estudiaron acciones necesarias para reducir el número de casos de pérdidas auditivas inducidas por el ruido. Cada país debía adoptar acciones técnicas produciendo equipos menos ruidosos, exigiendo determinar el mapa de ruido del local de trabajo y su divulgación para todos, acciones legales creando nuevas leyes que protejan al trabajador.

TABLA 1.1 ENFERMEDADES EN EL TRABAJO – DINAMARCA

Diagnóstico / Año del Registro	1993	%	1994	%	1995	%	1996	%	1997	%	1998	%
Población	5175668		5189158		5215718		5234768		5253888		5273078	
Infecciones	127	0,0025	117	0,0023	90	0,0017	91	0,0017	108	0,0021	71	0,0013
Cáncer	223	0,0043	215	0,0041	181	0,0035	169	0,0039	207	0,0039	203	0,0038
Enfermedades Sanguíneas y de Metabolismo	6	0,0001	2	0,0000	2	0,0000	3	0,0000	2	0,0000	4	0,0001
Psicológicas	562	0,0109	804	0,0155	808	0,0155	712	0,0136	682	0,0130	645	0,0122
Enfermedades Nerviosas y Sensoriales	96	0,0019	129	0,0025	110	0,0021	104	0,0020	82	0,0016	53	0,0010
Sistema Nervioso Central	488	0,0094	430	0,0083	384	0,0074	344	0,0066	274	0,0052	232	0,0044
Perdida Auditiva	2541	0,0491	2477	0,0477	2087	0,0400	2738	0,0523	2361	0,0449	2024	0,0384
Circulatorias	221	0,0043	228	0,0044	210	0,0040	181	0,0035	213	0,0041	144	0,0027
Respiratorias, No Alérgicas	691	0,0134	613	0,0118	583	0,0112	511	0,0098	486	0,0093	452	0,0086
Respiratorias, Alérgicas	416	0,0080	448	0,0086	444	0,0085	417	0,0080	388	0,0074	379	0,0072
Órganos Digestivos	188	0,0036	107	0,0021	112	0,0021	119	0,0023	94	0,0018	68	0,0013
Enfermedades Urogenitales	8	0,0002	11	0,0002	8	0,0002	6	0,0001	6	0,0001	5	0,0001
Embarazo	13	0,0003	8	0,0002	9	0,0002	2	0,0000	5	0,0001	0	0,0000
Enfermedad de la Piel	1860	0,0359	1659	0,0320	1686	0,0323	1660	0,0317	1567	0,0298	1548	0,0294
Sistema Motor	7267	0,1404	7278	0,1403	7042	0,1350	7523	0,1437	8029	0,1528	7358	0,1395
No Definidas	753	0,0145	865	0,0167	1014	0,0194	1006	0,0192	951	0,0181	988	0,0187
Heridas repentinas (no accidental)	164	0,0032	185	0,0036	199	0,0038	146	0,0028	238	0,0045	146	0,0028
Otros	32	0,0006	60	0,0012	18	0,0003	40	0,0008	141	0,0027	145	0,0027

FUENTE:.APUNTES DEL CURSO DE CONFORT ACÚSTICO, PROF. DR. ING. P. H. ZANNIN, (2002)

En la TABLA 1.1 se presenta las variaciones estadísticas de enfermedades siendo que la pérdida auditiva segunda enfermedad en el trabajo más declarada en Dinamarca, entre los años 1993 a 1998 se mantuvo entorno de 14% a 16%, lo cual revela la importancia de prevenir este tipo de riesgo a la salud.

La sociedad en la cual cuentan reacciones rápidas, donde los niveles de ruido crecientes son simplemente tolerados por los creyentes del progreso sin fronteras, no tiene lugar para personas sordas. Es fácilmente perceptible el aumento de la incomodidad debido al ruido y el perjuicio que esto ha causado al hombre en lo referente al aumento de los casos de deficiencia auditiva. Este efecto fisiológico del ruido es estadísticamente fácil de caracterizarse, del que otros efectos fisiológicos y psicológicos, porque cada individuo reacciona diferentemente al ruido, ZANNIN (2002). Si el oído es sometido frecuentemente a niveles de presión sonora superiores a 85 dB(A), como sucede en la gran mayoría de los ambientes industriales brasileños, esto llevará ciertamente a daño auditivo. La velocidad con que el daño se manifestará, dependerá además del ruido, de los siguientes factores: tiempo de exposición,

condiciones generales de salud, edad. Todos estos factores combinados unos con los otros, determinaran la influencia efectiva del ruido sobre el individuo, y se le manifestara por ejemplo a través del aumento de la presión arterial, aceleración de la respiración, aumento de la presión en el cerebro y aumento de las secreciones de adrenalina, ZANNIN (2002). Ruidos del orden de 65 dB(A) provocan estas reacciones inconscientes gobernadas por el cuerpo. Ellas parten del sistema nervioso vegetativo y son independientes de hecho de si el ruido esta siendo considerado incomodo o no.

Cuando trabajadores (p. ej. de la industria) o mismo los individuos en la calle son preguntados, si ellos se sienten incomodados, molestias por los niveles de ruido vigentes en estos lugares, la respuesta no tarda y es siempre la misma: "Nosotros ya estamos acostumbrados a estos ruidos, con el tiempo la gente se acostumbra". La aceptación de este hecho, el individuo puede acostumbrarse al ruido sin por el momento causarle daños a su salud es simplemente falsa. No obstante, a través de la exposición continua y repetida el ruido no sea más percibido conscientemente, los efectos de las reacciones inconscientes continúan en actuar produciendo daños contra la salud de estos individuos. También reacciones psíquicas como motivación y disposición pueden ser modificadas negativamente a través del ruido. Nerviosismo y agresividad aumentan y la capacidad de aprendizaje y concentración es sensiblemente afectada. En ambientes industriales, esto puede llevar a reducción de la capacidad de trabajo, la disminución de la capacidad de percepción, aumentando así la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

Según ZANNIN (2002), la relajación y el descanso sufren en especial en condiciones de exposición al ruido. Niveles de Presión Sonora del orden de 30 dB(A) (ruido medido en una sala de lectura) pueden ser tomados ya como inoportunos e incomodantes. Y para buscar un equilibrio frente a los disturbios resultantes, seria necesario un largo período de descanso sueño profundo asociado a un largo período de sueño.

El crecimiento del número de personas con problemas auditivos incentiva a creaciones de Normas y Leyes para la protección de la salud del individuo. Para establecer si existe riesgo a la salud en un lugar, por tanto, es necesario realizar mediciones acústicas y su correspondiente evaluación según las Normas de Higiene Ocupacional.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA A INVESTIGAR

El mapeamiento acústico de una central hidroeléctrica es poco. En Cuba, SEXTO (2000) realizó investigaciones en una Central Termoeléctrica. Según FEARN (1993) estudios realizados sobre pérdidas auditivas en músicos detectaron desplazamientos permanentes del límite auditivo, en músicos entre 16 y 30, y mayores de 31 años de edad.

Según MIYAKITA T., UEDA A. (1997) en California Estados Unidos, se llegó a resultados positivos en pruebas de pérdida auditiva en varios locales de trabajo, indicando que el número de trabajadores con más de 40 dB de pérdida auditiva en la frecuencia de 4.000 Hz, a causa de exposición a ruidos, alcanzó cerca de 5,3% en el grupo de industrias manufactureras y 7,0% en industrias de la construcción.

La Central Hidroeléctrica como toda industria también cuenta con equipos que emiten ruidos. Los equipos instalados fueron construidos exclusivos para la empresa debido a su tamaño, por lo cual no se cuenta con estudios sobre el mapa acústico.

La estructura civil construida en hormigón armado, dispuesta en forma de galerías, no ha sido proyectada buscando la reducción de emisión de ruidos.

La estructura organizacional de la empresa esta hecha de tal forma que un individuo siempre cumple la misma función y en locales similares, de modo que se expone reiteradas veces a niveles de presión sonora similares.

La jornada de trabajo, en condiciones excepcionales superan las 8 horas de trabajo, y por más de 5 días continuos.

Se plantean las siguientes cuestiones:

1. ¿Cuáles son los niveles de presión sonora a que están sometidos los trabajadores en el caso de una Central Hidroeléctrica?,
2. ¿Son adecuados los protectores auriculares?, y
3. ¿Se cumplen las Normas Brasileñas de Seguridad para la salud y de confort para el tipo de trabajo ejecutado?

1.3. JUSTIFICATIVA DEL ESTUDIO

La revisión de estudios desarrollados en el campo de acústica en universidades de EE.UU., España, Argentina como en el Brasil resultó en la conclusión de la necesidad de elaborar una investigación sobre mapeamiento de ruido en una hidroeléctrica.

Tanto en Estados Unidos de Norteamérica, como en Europa, se exige a las empresas conocer los riesgos a la salud a que el trabajador está expuesto. Según la EUROPEAN COMMISSION (1996) en Bruselas sede de la unión Europea, en el año 1993 durante el Quinto Programa de política y actuación medioambiental se elaboraron varios objetivos básicos referente a la exposición al ruido con metas para el año 2000, y en 1995 fue revisado este programa y desarrollaron programas específicos de reducción de ruido, como primer paso en 1996 se editó lo que se dio en llamar Política Futura de lucha contra el Ruido.

La EUROPEAN COMMISSION (1996) indica como objetivo desarrollar el programa de lucha contra el ruido y busca incentivar discusiones públicas acerca del proyecto futuro de la política sobre el ruido. Observa la situación integral del ruido y las medidas comunitarias y nacionales adoptadas hasta ahora y establece un marco de actuación que permitirá mejorar la información y su capacidad de comparar y examinar las opciones futuras para la reducción del ruido procedente de diversas fuentes.

Según la OSHA STANDAR 29 CODE FEDERAL REGULATIONS (2001) se establece la obligatoriedad de la empresa de conocer y dar a conocer los niveles de ruido

a que el empleado está expuesto.

En la Central Hidroeléctrica en estudio, se cuenta con datos parciales de los niveles de ruido, no se cuenta con registro digital que permita análisis con programas computacionales de los riesgos auditivos para el empleado. De ahí, surgió el interés de elaborar un mapa de ruido de los locales de trabajo para evaluar los riesgos auditivos para el empleado.

1.3.1. JUSTIFICATIVA ACADÉMICA

Investigaciones hechas en trabajos técnicos existentes referentes a mediciones de niveles de ruido en centrales hidroeléctricas de gran porte eran hasta la fecha de elaboración de esta disertación, desconocidas.

Según SEXTO (2000), se realizaron las evaluaciones del nivel de ruido en una planta termoeléctrica cuya potencia instalada es de 300 MW, con 3 unidades generadoras de 100 MW cada una, resultando áreas de la central con niveles de presión sonora superiores a 85 dB(A). El valor de 85 dB(A) es el límite para la seguridad auditiva según la NR15, Norma Reglamentadora N° 15 del Ministerio de Trabajo de la República Federativa del Brasil.

Este trabajo puede ser utilizado para otras evaluaciones de hidroeléctricas, tanto como para prever en el proyecto soluciones de encapsulados de equipos con niveles elevados de ruido.

1.4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO

Objetivo 1: Determinar la existencia de valores de mediciones acústicas de riesgo para la salud en una Central Hidroeléctrica de Gran Porte;

Hipótesis: Los equipos electromecánicos producen niveles de ruidos cuyos valores son considerados de riesgo para la salud.

Objetivo 2: Elaborar una auditoria de las áreas evaluadas en relación con las Normas y Leyes vigentes en el Brasil, buscando verificar la existencia de áreas de riesgos para la salud auditiva del trabajador;

Hipótesis: En las áreas auditadas, conforme las Normas y Leyes del Brasil, presentan riesgos a la salud del trabajador, debiendo tomarse medidas preventivas.

Objetivo 3: Evaluar los protectores auriculares utilizados, utilizando la norma alemana DIN-EN 458;

Hipótesis: Los protectores auriculares son adecuados.

1.5. LIMITACIONES DEL TRABAJO

Para elaborar una investigación en el área de acústica exige el uso de instrumentos de precisión durante un periodo prolongado, realizando pruebas sucesivas y realizar nuevas mediciones acordes al resultado.

En esta investigación se tuvo la disponibilidad de equipos de medición de gran precisión pero durante un tiempo limitado, el cual no permitió realizar pruebas sucesivas y nuevas lecturas acorde a los resultados de las pruebas.

El tamaño del área en estudio implica contar con un tiempo mayor para realizar las mediciones, siendo otra limitación.

Las condiciones de variabilidad de los generadores en funcionamiento y en mantenimiento exige realizar un levantamiento por mas de cuatro años, considerando los distintos tipos de mantenimientos ejecutados en la central: 1) mantenimiento anual, 2) bianual, y 3) cuadrienal. Este curso no permite realizar investigaciones por más de un año por lo cual no se puede tener las distintas probabilidades de simultaneidad de generadores en mantenimiento.

1.6. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

A efecto de facilitar al lector no lego en acústica se presenta una **Lista de Símbolos** y se agregó un **Glosario** de términos y definiciones.

Capítulo 1: como Introducción se suministran las bases del trabajo indicando el Problema a Investigar, la justificativa del estudio, los objetivos e hipótesis y las limitaciones del trabajo, así como la estructura del trabajo.

Capítulo 2: La Revisión Literaria, datos estadísticos de pérdidas auditivas de individuos expuestos al ruido, las normas y legislaciones internacional y del Brasil, los riesgos asociados a la baja frecuencia, susceptibilidad al ruido. Presentando los fundamentos teóricos a la Evaluación Acústica del Ambiente de Trabajo, caso de una Central Hidroeléctrica.

Capítulo 3: puede verificarse la Metodología aplicada para el estudio del caso, dando una visión del área en estudio y de los equipos utilizados para efectuar las mediciones de campo, además del programa informático utilizado para rea el análisis.

Capítulo 4. Se presentan los Resultados y Análisis de los Resultados, análisis en forma cualitativa y cuantitativa de los protectores auriculares, análisis de riesgo por grupo homogéneo de trabajo y evaluación de los riegos al individuo según las normas.

Capítulo 5: se finaliza con las Conclusiones y Recomendaciones ante los análisis ejecutados buscando cumplir con los objetivos del trabajo.

CAPITULO 2 - REVISIÓN LITERARIA

2.1 INTRODUCCIÓN

Según BERANEK y VÉR (1992) definen al ruido como cualquier sonido percibido que es desagradable al ser humano.

Según GERGES (2000) sonidos y ruidos no son sinónimos, para la mayoría estos conceptos son confusos, define el ruido como el asociado al sonido desagradable e indeseado.

Según KINSLER et al. (2000) y EVEREST (2001), analizando el espectro de banda del ruido, existen dos tipos de ruidos, el ruido blanco y el ruido rosa. El ruido blanco es aquel cuya densidad de presión espectral es independiente de la frecuencia y suena como un silbido y agudo. Mientras que el ruido rosa contiene potencias iguales dentro de fracciones iguales de una octava, este ruido suena más callado y es menos irritante que el ruido blanco.

Mientras que EVEREST (2001) define al ruido según la importancia de la información que transmite, en el caso de un equipo o máquina el ruido que produce transmite una información de que también está funcionando. Así también un equipo de alta fidelidad puede producir un sonido agradable para el propietario mientras que para el vecino es desagradable, por lo cual, afirma que es difícil definir cuando es una información o un ruido.

2.2. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE PÉRDIDA AUDITIVA

Según estimativa hecha por RILEY (1979), en los Estados Unidos de 3 a 7% de americanos están expuestos a niveles de ruido elevados y que pueden producir perdidas auditivas definitivas.

Según POULOS et al. (1980), se realizó una investigación, en los Estados Unidos, de la cantidad de trabajadores expuestos a ruido ocupacional en 25 industrias, resultando la cantidad estimada en 2.700.000 de trabajadores.

Estudios realizados en Suecia por KJELLEBER (1990) expresa que cerca del

40% de los trabajadores están expuestos a ruidos riesgosos, ampliando que de estos el 68% son del sexo masculino que están expuesto directamente al ruido, mientras que un 25% están expuesto en forma indirecta.

Mientras que según BROOKHOUSER (1994) cerca de 11% de norteamericanos tienen algún daño auditivo, siendo 3,8% atribuibles a daños causados por ruido.

Estudios hechos por RIES (1994) mencionan que 2% de jóvenes en la faja de 3 a 17 años tienen pérdida auditiva y 0,3% de estos no pueden oír ni entender una conversación.

Según informe de la Organización Mundial de la Salud del año 1995, estimó que en todo el mundo cerca de 2,1% de individuos poseían problemas auditivos.

Según MIYAKITA y UEDA (1997), valores estimados de trabajadores que han presentado resultados positivos de pérdidas auditivas de más de 40 dB a causa de ruido ocupacional son alrededor de 5,3% en fábricas, 7,0% en la construcción y 8,2% en la agricultura.

Como resultado alarmante, según RABINOWITZ (2000), muestra que el número de personas expuestas a ruidos ocupacionales elevados y con riesgo para la salud ha aumentado a 3,6% de norteamericanos.

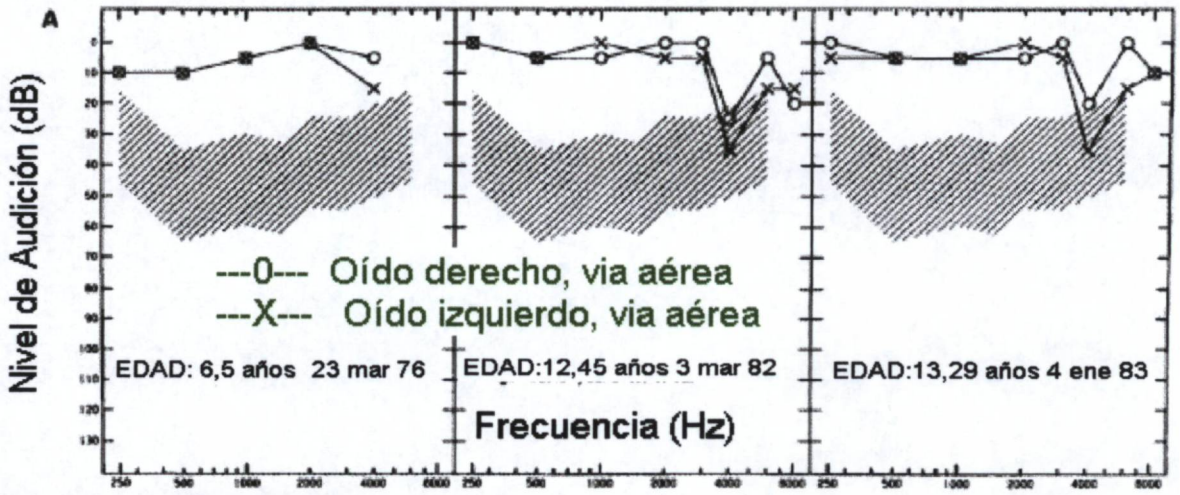
A raíz del elevado índice de afectado, se han trazado estrategias para combatir el ruido, conforme indicado en el documento "Combate al Ruido en los años 90: Una Estratégia Nacional para los Estados Unidos de Norteamerica" en reunión llevado a cabo en Maryland, diciembre 1991.

En la FIGURA 2.1 vemos el audiograma de una persona que utiliza el radiocasete portátil en forma constante y los efectos a largo plazo en la audición, especialmente en frecuencias a partir de 4.000 Hz (frecuencia más sensible para nuestro oído)

Nótese la pérdida auditiva a la frecuencia de mayor sensibilidad siendo el daño irreversible, se verifica el aumento de la pérdida auditiva en ambos oídos, siendo mayor

del lado izquierdo para transmisión vía aérea, como se muestra en el FIGURA 2.1. El área rayada representa el área de audición o percepción o umbral de audición para el paciente 223172, obtenida en el audiograma. Estos resultados condujeron que los fabricantes de equipos estereofónicos mejoren sus auriculares.

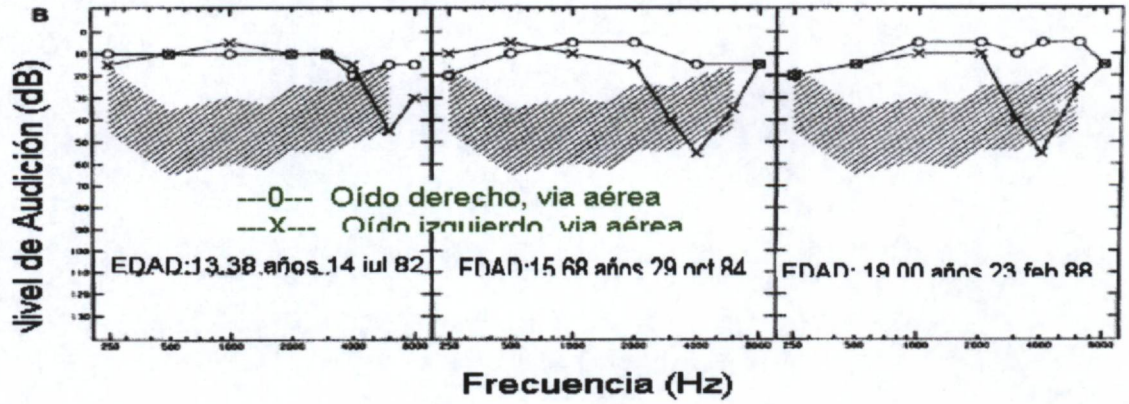
FIGURA 2.1 AUDIOGRAMAS DE PACIENTE 223172 (MC) RADIOCASETE



FUENTE: BROOKHOUSER (1994)

Mientras que en la Figura 2.2 se tiene el caso de un cazador, acostumbrado al uso de escopeta para disparar al disco, deporte aparentemente inofensivo para la persona, pero según los resultados de su audiograma se detectaron daños auditivos considerables, como se observa. Similar al caso anterior, los daños se produjeron en la frecuencia de mayor sensibilidad, 4 Kh. Nótese que en este caso la pérdida ha sido mayor debido a una mayor presión sonora, un disparo es del tipo ruido impulsivo de corta duración y de pico elevado.

FIGURA 2.2 AUDIOGRAMAS DE PACIENTE 384967 (MF) TIRADOR, TIRO AL DISCO



FUENTE: BROOKHOUSER (1994)

El resultado de estos estudios condujo a establecer estrategias para la protección auditiva tanto por actividades ocupacionales como por no ocupacional.

Según SALIBA (2001), la empresa DUPONT de los EE.UU. considera importante la prevención laboral y sumamente importante las actividades post laborales, que es cuando el individuo se olvida de tomar las precauciones de seguridad, pero debido a que los daños auditivos ocurren en un periodo considerable no se puede decir cuanto ha sido en forma separada, por lo cual es importante la prevención constante.

2.3. NORMAS DE HIGIENE OCUPACIONAL, LEGISLACIONES Y REGLAMENTOS

El ruido ambiental puede ser causado por el tráfico, las industrias o incluso por actividades recracionales, y representa un grave problema para las personas, más en los últimos tiempos el ruido ambiental se constituyó en un factor alarmante debido al creciente aumento de las actividades causantes de ruido. Diversos estudios realizados sobre problemas auditivos en Europa fueron fuentes de alertas que culminaron en tratar a dicho ruido como un poluente del medio ambiente de igual nivel como cuando se poluye el agua o el aire.

Según documento emitido por la EUROPEAN COMMISSION (1996), en el 5° Programa de Acción Medio Ambiental del año 1993, se propusieron buscar soluciones a la polución sonora, a tal punto de trazar metas básicas que deberían ser logradas hasta el año 2000, referente al combate al ruido. A este documento se lo llamo "Libro Verde", el cual sería el primer paso para otros trabajos de combate al ruido. Este documento servio de base para investigar y programar estudios, y determinar las distintas fuentes causantes de ruido, clasificándolas para definir cual será la forma de combatir. Se trazaron Políticas de Combate al Ruido.

Los estudios demostraron que 20% (80 millones) de la población europea sufren a causa del ruido. Aproximadamente 170 millones de ciudadanos viven en áreas

llamadas "zona gris" en que el nivel de ruido es causante de serias molestias durante el día.

"*La Directiva 89/392/CEE, conocida como la Directiva de las máquinas, establece disposiciones sobre la salud y la seguridad referentes al diseño y la construcción de las máquinas, incluyendo las emisiones sonoras. Dicha Directiva indica que las máquinas se diseñarán y fabricarán de modo que se reduzcan al nivel más bajo los riesgos que resultan de la emisión de sonido aerotransportado, teniendo en cuenta los progresos técnicos y los medios disponibles para reducir el ruido, en especial en la fuente. Dado que se centra en el lugar de trabajo, la directiva no trata directamente la cuestión del ruido ambiental*" EUROPEAN COMMISSION (1996).

Existen cuatro factores de primer orden que determinan el riesgo de pérdida auditiva:

- Nivel de presión sonora.
- Tipo de ruido.
- Tiempo de exposición al ruido.
- Edad.

La mayoría de los Organismos encargados de la salud ocupacional establecen sus criterios en base al nivel de presión sonora (primer factor de riesgo), es decir, al aumento del umbral de audición a distintas frecuencias.

En los Estados Unidos existe un organismo llamado OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION – OSHA (2001) que define los límites máximos de exposición al ruido para los trabajadores. Definieron como límite de exposición con seguridad en 90dB(A) para jornadas de 8 horas diarias.

Para los Reglamentos OSHA 29 Code Federal Reglaments, Número de Reglamento: 1910.95 - Titulo del Reglamento: Exposición al ruido ocupacional (Occupational noise exposure). - Número de Sub Parte: G - Titulo de Sub Parte: Control de la Salud Ocupacional y Medio Ambiente (Occupational Health and Environmental Control):

Establece que cuando los valores de ruido superan los establecidos en la OSHA (2001)-TABLA 2.1, se deberán prever programa de reducción de ruido y caso no se pueda reducirlo se deberá prever protecciones a la salud del personal a través de equipos de protección individual (EPI).

TABLA 2.1 EXPOSICIONES PERMITIDAS AL RUIDO - OSHA

Exposiciones Permitidas al Ruido [1]	
Duración por día, horas	Nivel del Sonido dBA De baja respuesta
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
½	110

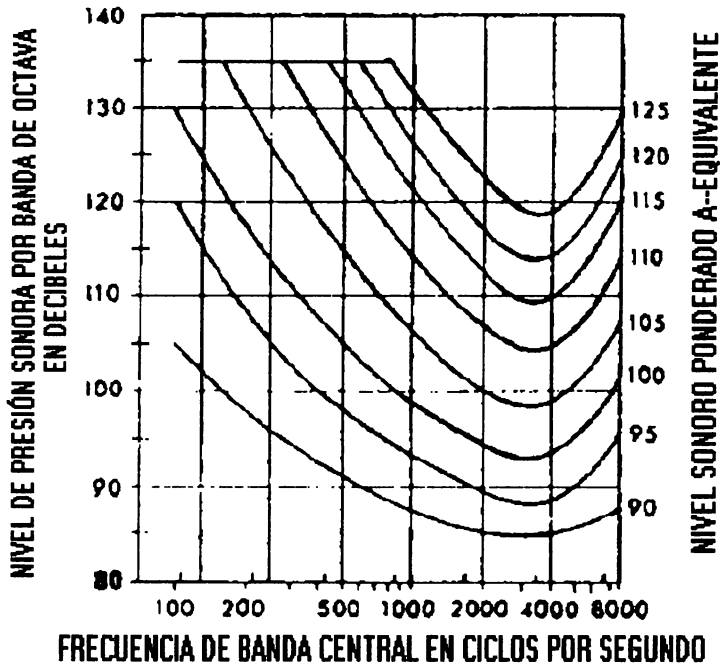
FUENTE: OSHA ST 29 – CFR (2001)

Nota[1] Cuando la exposición diaria al ruido esta compuesta por dos o más periodos de exposición a ruido de diferentes niveles, sus efectos combinados deberán ser considerados, en vez de los efectos individuales de cada uno. Si la suma de las siguientes fracciones: C(1)/T(1) + C(2)/T(2) C(n)/T(n) exceden la unidad, luego, la exposición combinada deberá ser considerada como excedido del valor limite. Cn indica el tiempo total de exposición a un nivel de ruido especificado, y Tn indica el tiempo total de exposición permitido a aquel nivel. Exposición a ruido impulsivo o de impacto no deberá exceder 140 dB nivel pico de presión sonora.

Cuando los niveles de ruido son determinados por analizador de banda de octava, el nivel sonoro ponderado equivalente A que puede ser determinado según la curva indicada en la FIGURA 2.3:

El nivel de presión sonora por banda de octava puede ser convertido al nivel sonoro ponderado A-equivalente, en el grafico trazando una línea correspondiente al valor de presión sonora y verificando el valor de nivel sonoro ponderado equivalente A correspondiente al punto de mayor aproximación a la curva del nivel sonoro. Este valor nivel sonoro ponderado A equivalente, el cual puede ser diferente al actual A- nivel sonoro ponderado del ruido, luego este valor se usa para determinar el límite de exposición de la Tabla 2.1

FIGURA 2.3 - NIVEL SONORA PONDERADO EQUIVALENTE A-



FUENTE: OSHA ST 29 CFR (2001)

Esta reglamentación establece que de detectarse la existencia de cualquier empleado que pueda alcanzar o superar las 8 horas de tiempo de exposición al valor promedio de 85 decibeles, el empleador deberá desarrollar e implementar un programa de monitoreo.

Según el Código Aprobado de práctica para el Gerenciamiento del Ruido en Locales de Trabajo, publicado por *the Occupational Safety and Health Service, Department of Labour*, Wellington, Nueva Zelanda, dice cuanto respecto al ruido de ambiente:

> "El empleador tiene la mayor obligación de desempeñarse como garante de la salud y seguridad de los empleados en el trabajo.
>
> El empleador tiene una obligación general de tomar todas las medidas practicables para garantizar la seguridad de los empleados. En particular, ellos están exigidos a tomar todas las medidas practicables para:
>
> – Proveer y mantener un ambiente laboral seguro;
>
> – Proveer y mantener las instalaciones para la seguridad y salud del empleado en el trabajo;

- Garantizar que maquinarias y equipos son seguras para el empleado;

- Garantizar que las organizaciones del trabajo no son riesgosas para el empleado; y

- Proveer procedimientos para ocuparse de emergencias que puedan ocurrir mientras el empleado está trabajando.

Tomando "todas las medidas practicables" significa que es razonablemente apto para realizarlo para alcanzar los resultados en las circunstancias, teniendo en cuenta:

- La gravedad de cualquier lesión o daño a la salud que pueda ocurrir;

- El grado de riesgo o probabilidad de que cualquier lesión o daño ocurra;

- Que tanto se conoce acerca de los riesgos y los métodos de eliminarlos, reducirlos o controlarlos; y

- La capacidad, efectividad y costo de la seguridad practicable.

En Nueva Zelanda, como en otros países, las empresas están obligadas a conocer los riesgos potenciales a la salud y seguridad del trabajador, para lo cual deberá tomar todas las medidas necesarias, a fin de identificar los lugares de trabajo en que se tienen riesgos potenciales para la salud del empleado y una vez identificado cuales son las providencias a tenerse en cuenta caso el trabajador necesita estar realizando actividades en este local, sin que por ello corra riesgos físicos, según la Norma en rigor.

Según MIYARA (1999), a partir del año 1997, cada 10 de octubre en la ciudad de Rosario, Argentina se celebra el Día del Entorno Sonoro Saludable, cuyo objetivo es desarrollar actividades que permitan dar a conocer a la opinión pública acerca de la contaminación sonora, sus causas, sus efectos y sus soluciones, es decir actividades que posibiliten a la sociedad tomar debida conciencia de la magnitud del problema. Miyara dice que en la Argentina existen dos leyes laborales que incluyen aspectos sobre el ruido, la Ley N° 19.587/72 Higiene y Seguridad en el Trabajo, y la Ley N° 24.557/95 Riesgos del Trabajo, en las cuales se establecen protecciones para el trabajador de exposiciones a

ruido y vibración. La ley 19.587 en su artículo N° 4, cubren tres aspectos: protección, prevención y concientización. Mientras que en el artículo N° 5, habla de principios y métodos de reducción de ruido, cuando los valores agresores se produzcan durante la jornada laboral, establece la difusión y publicidad de recomendaciones de prevención contra el ruido, además establece la realización de exámenes médicos preocupacionales y periódicos.

Establecen que trabajadores expuestos a una dosis superior a 85 dB(A) de nivel sonoro continuo equivalente durante 8 horas, y si se detecta aumento persistente del umbral auditivo, el afectado deberá usar protectores auriculares en forma ininterrumpida en el trabajo, y de continuar dicho aumento, deberá ser transferido a otro local menos ruidoso. Se define como dosis a la exposición a ruido expresada en porcentaje en energía que representa con respecto a la máxima exposición admitida por ley para un intervalo de tiempo de referencia.

Según RENDILES (1999), en Venezuela cuentan con la Norma COVENIN 1565 en cuya última revisión de 1.995 se denominó: "Ruido Ocupacional. Programa de Conservación Auditiva. Niveles Permisibles y Criterios de Evaluación". En ésta norma se establece que para una jornada de trabajo de 8 horas el Límite equivalente continuo para ruido es de 85 dB. Niveles de Intensidad mayores de ruido deben ser compensados con el acortamiento del tiempo de exposición en la jornada.

En el Brasil, la Norma Regulamentadora N° 15 (1978) - Actividades y Operaciones Insalubres define como actividades insalubres aquellas que se desarrollan por encima de los límites en la Norma, en el caso del ruido *"LIMITES DE TOLERANCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO O INTERMITENTE"* y *"LÍMITES DE TOLERANCIA PARA RUÍDOS DE IMPACTO"*. Los valores limite de la NR15 (1978) están indicados en la Tabla 2.2 siendo 85dB(A) el nivel límite de ruido para una máxima exposición diaria permitida de 8 horas, y de 90 dB(A) para 4 horas de exposición. La tasa de intercambio es de 5 dB que representa la cantidad de dB en que se incrementa el máximo nivel sonoro A admisible al reducirse a la mitad el tiempo de exposición.

TABLA 2.2 LIMITE DE TOLERANCIA PARA RUIDO CONTINUO O INTERMITENTE

Nivel de ruido dB (A)	Máxima exposición diaria Permisible
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas y 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas y 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas y 40 minutos
94	2 horas y 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora y 45 minutos
98	1 hora y 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

FUENTE: NORMA REGULAMENTADORA Nº 15 (1978)

Semejante a lo dispuesto por las Normas OSHA americanas, considera que de ocurrir durante la jornada de trabajo dos o más períodos de exposición a ruidos de diferentes niveles, se deberán considerar los efectos combinados, de forma que, si la suma de las siguientes fracciones:

$$\frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3} + \ldots + \frac{Cn}{Tn}$$

Excede la unidad, la exposición estará encima del límite de tolerancia.

Cn indica el tiempo total que el trabajador queda expuesto a un nivel de ruido específico, y Tn indica la máxima exposición diaria permitida a este nivel, según la Tabla 2.2

La FUNDACENTRO, que es un Centro de investigación en seguridad, salud y medio ambiente de trabajo del Ministerio del Trabajo y Empleo del Brasil, cuenta con la

Norma de Higiene Ocupacional NHO-01(1999), la cual es un complemento de la NR15.

TABLA 2.3 TIEMPO MÁXIMO DIARIO DE EXPOSICIÓN PERMITIDO POR NIVEL DE PRESIÓN SONORA

NPS dB(A)	Tiempo máximo diario permitido (Tn)
80	25,40 h
82	16 h
85	8 h
88	4 h
91	2 h
94	1 h
97	30 min
100	15 min
103	7,5 min
106	3,75 min
109	1,87 min
112	0,93 min
115	0,46 min

FUENTE: NHO-01 (1999) - FUNDACENTRO

El concepto de dosis puede entenderse como: "Dada una exposición a ruido, el porcentaje en energía que aquélla representa con respecto a la máxima exposición admitida por ley para un intervalo de tiempo de referencia Por ejemplo, para un intervalo de referencia de 8 horas, si el máximo admitido es 85 dB(A), entonces una exposición durante 4 horas a 85 dB corresponde a una dosis del 50 %".

Se llama tasa de intercambio o incremento de duplicación de dosis (q) a la cantidad de dB en que se incrementa el máximo nivel sonoro **A** admisible al reducirse a la mitad el tiempo de exposición. Mientras, que se define al tiempo de exposición como el periodo de tiempo en horas o minutos en que el trabajador está expuesto al ruido.

En la NHO 01 (1999) considera un incremento de duplicación de dosis q =3; mientras que en la NR15 considera, q = 5 dB. En la NHO 01 toma como referencia 85 dB(A) el cual corresponde a una dosis de 100% y a una exposición de 8 h de jornadas.

La NHO 01 establece como nivel límite de detección es 80 dB(A) y como faja de medición mínima entre 80 a 115 dB(A).

La NHO-01 dejó sin efecto las normas NH 06 NH 07 y NH 09 Con esta norma se buscó adecuar criterios técnicos considerados en normas internacionales tales como:

a) ANSI S 1.25 (1991) - Specification for personal noise dosimeters

b) ANSI S 1.4 (1983) - Specification for sound level meters

c) ANSI S1 1.40 (1984) - Specification for acoustical calibrators

d) IEC 804 (1985) - Integrating-averaging sound level meters

e) IEC 651 (1993) - Sound level Meters

Para efectos de confort, en el Brasil se aplica la NR 17 (1978), que busca establecer parámetros que permitan la adaptación de las condiciones de trabajo a las características psicofisiológicas de los trabajadores, de modo que proporcione un máximo de confort, seguridad y desempeño eficiente. Se cita el parágrafo correspondiente a ruido, que dice:

> *17.5.2 Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenções constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:*
>
> *Níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;*
>
> *17.5.2.1 Para as atividades que possuam as características definidas no subitem 17.5.2, mas não apresentam equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB (A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB.*
>
> *17.5.2.2 Os parâmetros previstos no subitem 17.5.2 devem ser medidos nos postos de trabalho, sendo os níveis de ruído determinados próximos a zona auditiva e as demais variáveis na altura do tórax do trabalhador.*

La Asociación Brasilera de Normas Técnicas en 1987 publicó la Norma NBR 10152 (1987) que reglamenta sobre Niveles de Ruido para Confort Acústico para el trabajador tipo administrativo, indicando las Curvas de Confort NC-15 a NC-70.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó la ISO 199.2 *Acoustics – Determination of Occupational Noise Exposure and Estimation of Noise-induced Hearing Impairment,* es un documento Marco que establece procedimientos prácticos para la estimación de pérdida auditiva inducida por ruido de una población, sirviendo de soporte a la ley de cada país. El procedimiento está basado en la energía

equivalente, 3 dB. Usa el *nivel de exposición a ruido*, $L_{EX, 8h}$, como magnitud fundamental para describir la intensidad del ruido. El mismo se origina en el nivel de presión sonora L_p, definido por la ecuación $L_p = 10\ log\ (\ p\ /\ p_0\ )^2$, donde p es la *presión sonora*, o diferencia entre la presión instantánea y la presión atmosférica estática, y p_0 es la *presión de referencia*, igual a 20 μPa. El nivel de presión sonora se expresa en decibeles, abreviados dB. La utilización de una expresión logarítmica para la presión sonora permite comprimir un rango muy amplio (típicamente desde 20 μPa hasta 2000 Pa) de manera de expresarlo con menos órdenes de magnitud (0 dB a 160 dB).

En el Paraguay no se cuenta con normas de seguridad para el trabajador expuesto al ruido.

2.4. RIESGO ASOCIADO A RUIDOS DE BAJA FRECUENCIA

Denominase baja frecuencia a valores entre 20 a 200 Hz, y producidas generalmente por: ventiladores, bombas, compresores y generadores.

Las ondas de baja frecuencia tienen grandes longitud de onda por lo cual su efecto viaja a gran distancia, y son de baja atenuación en el medio ambiente. Según PETERSON y GROSS (1978), los ruidos de altas frecuencias son considerados más incómodos y son más perjudiciales para la salud que los de bajas frecuencias.

Según BERLUND, HASSMÉN y JOB (1996) ruidos de baja frecuencia son desagradables debido a que sus niveles son penetrantes. Declara que sus efectos sobre el sistema respiratorio y cardiovascular, perturba el sueño y la comunicación, producen efecto negativo para el desempeño y del raciocinio, además producen alteraciones en el sistema endocrino.

Según WEBB (1978), los ruidos de bajas frecuencias pueden afectar al sentido del equilibrio, produciendo nauseas e irritabilidad.

2.5. EXPOSICIÓN AL RUIDO Y SUSCEPTIBILIDAD

Según PUCKETT, NEWELL y CARRELL (Apud WARD 1957) observó que los hombres sufrían de Desvío Temporal del Umbral auditivo (TTS) después de un estímulo de baja frecuencia (bandas de 700 a 1400 Hz) en comparación a las mujeres. Mientras que las mujeres se presentaban más susceptibles a un Desvío Temporal del Umbral después de ser estimuladas a altas frecuencias, bandas entre 2800 a 5600 Hz. Resaltando que entre la banda de 1400 a 2800 Hz, ambos presentaban igual susceptibilidad.

MELNICK (1980) expresa que varias personas expuestas a las mismas condiciones de ruido pueden experimentar diferentes pérdidas auditivas e incluso no tener pérdida auditiva.

Según ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1981) sonidos fuertes pueden causar reacciones iniciales con una serie de reacciones corporales, tales como: liberación de adrenalina en el flujo sanguíneo, mayor velocidad cardiaca, aumento de presión sanguínea, la respiración tiende a aumentar, movimientos gastrointestinales es inhibida, contracción del vaso sanguíneos periféricos, y músculos tensos. En resumen, nuestro cuerpo es más susceptivo y se pone en alerta preparándose para actuar y nuestro cuerpo responderá automáticamente al ruido como una señal de peligro.

Según YANZ y ABBAS (1982) tras una evaluación de la susceptibilidad a la pérdida auditiva inducida por el ruido, que es muy variable para cada individuo, siendo que algunos definen como la edad entre uno de los factores de susceptibilidad.

Según KRYTER (1983), deduce como la razón de que los hombres son más susceptivos a pérdidas auditivas que las mujeres, a la mayor exposición al riesgo tanto en el trabajo como fuera.

2.6. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL HOMBRE

2.6.1 REACCIONES DE STRESS Y PERTURBACIÓN DE PROCESOS MENTALES

Si se pregunta, ¿Cómo actúa el ruido en el individuo?, Partir de la evaluación objetiva, de que un nivel de presión sonora abajo de 85 dB(A) para una exposición de 8 horas, no causa daños a la salud (no afecta a la salud), es una proposición muy simplista.

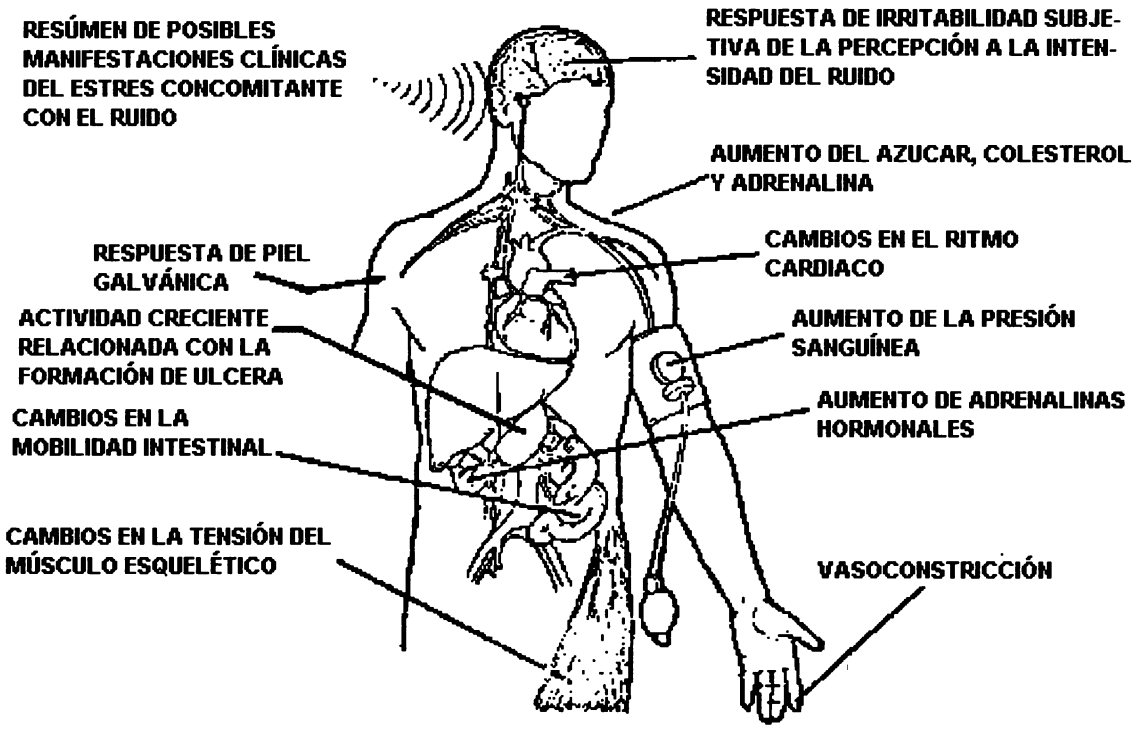
El hombre, observado en un todo, no se constituye solamente de oídos y audición, donde las ondas sonoras se mueven y ejercen su influencia. Mucho más de que eso, las células ciliadas transforman las vibraciones en el oído interno en impulsos nerviosos, los cuales son conducidos al cerebro, y a partir de este son conducidos a todo el cuerpo.

El efecto combinado del ruido con otros agentes sea químico como de solventes, del uso de ciertos medicamentos o drogas por el trabajador, y de factores hereditarios.

Según ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1981) el ruido tiene efectos concomitantes con manifestaciones clínicas con el estrés y pueden ocurrir tanto estando despierto o dormido. En todos los países industrializados existen trabajadores expuesto a un ambiente con polución sonora y conforme a las normas del país, las empresas deberán proteger la salud de su empleado visto que caso contrario se expone a la inasistencia reiterativa de su funcionario ante enfermedades inducidas por el ruido.

Las manifestaciones sobre el cuerpo del trabajador expuesto al ruido pueden observarse en la FIGURA 2.4., (EPA, 1981)

FIGURA 2.4 – POSIBLES MANIFESTACIONES CLINICAS DE ESTRÉS EN REALACIÓN AL RUIDO



FUENTE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1981)

En la Figura 2.4 se observa que el ruido afecta a gran parte del cuerpo, información desconocida para la gran mayoría de las personas en mayor o menor medida, dependiendo de la susceptibilidad personal. De ahí la importancia de efectuar una evaluación del ruido en la empresa, así como verificar el uso de los protectores auriculares para limitar los efectos concomitantes del ruido a la salud del individuo.

Solamente debido a los niveles sonoros muy elevados es que entran en escena los efectos del sonido sobre la audición. Tales hechos son llamados de efectos aurales.

No obstante no deben ser olvidados los llamados efectos extra-aurales.

Tales efectos son reacciones normales del cuerpo – reacciones psico-fisiológicas – frente al Sonido. Mas como, por ejemplo en el ambiente de trabajo el sonido así como el ruido no son acontecimientos aislados, los cuales juntamente con otros factores (personales, financieros, emocionales) alcanzan diariamente a los

trabajadores, se vuelve el ruido un "peso", el cual desencadena la aparición de reacciones de "Estrés".

Por tanto, el ruido, además de la grave influencia sobre la audición, genera también reacciones de Estrés del cuerpo humano. Representativo para las reacciones extra-aurales en la presencia de ruido es que ellas interactúan de manera compleja, pudiendo aumentar el efecto una de las otras y vise-versa.

La razón de esto es que:

• No solamente actividades neuronales y reacciones fisiológicas resultan de esta interacción, más también,

• complican y causan la interrupción de procesos mentales bien como de la actividad diaria ligada al trabajo, al aprendizaje (escuela, universidad), siendo que a través de estos nuevamente,

• Reacciones fisiológicas son causadas.

En consecuencia se desencadenan – reacciones de "Estrés"- las cuales a medio y largo plazo aumentan el riesgo de la aparición de dolencias.

TABLA 2.4 – FACTORES DE INFLUENCIA A LA SALUD

Factores de influencia	**Ruido**
turnos de trabajo	niveles de ruido
Responsabilidad elevada	frecuencia
atención forzada	tiempo de duración
sensibilidad al ruido	tiempo de exposición
condiciones de salud	
Cumplimiento de horario	

Influencia: mecanismos de regulación fisiológica y psíquica (emocional, vegetativo, mental, endocrino). En la TABLA 2.4, ZANNIN (2002), se presentan los factores que relacionados al Ruido ejercen influencias en la salud. El turno de trabajo en función al nivel de ruido del ambiente laboral podrá ser reducido según establezca la norma vigente y al uso del protector. La actividad desarrollada será comprometida según el grado de atención exigida y al tiempo de duración de la actividad. De forma paralela cada individuo presenta sensibilidades diferentes al ruido, siendo algunos más

sensibles que otros, además de las condiciones congénitas que heredan o incluso a enfermedades adquiridas.

La TABLA 2.5, ZANNIN (2002), presenta una síntesis de los daños sean Fisiológicos o Psíquicos y los efectos en el Desempeño de actividades.

TABLA 2.5 – TIPOS DE DAÑOS

DAÑOS		
Fisiológicos	**Psíquicos**	**Desempeño**
Aumento de "Estrés"	Tensión	Disminución de la concentración
Retracción de los vasos sanguíneos	Miedo	Desvío de la atención
Alteración de la actividad estomacal e intestinal	Nerviosismo	Aumento de la repetición de errores
Aumento de la secreción de magnesio	Resignación	

Consecuencias de medio y largo plazo

• Desregulación Crónica

• Aumento del riesgo de dolencias cardiovasculares y dolencias del sistema digestivo.

Se ha escrito mucho sobre estos efectos, principalmente de tipo psicofisiológicos, del ruido. Los más importantes se manifiestan a través de tensiones fisiológicas y, particularmente a más altos niveles, de reacciones cardiovasculares. Pero también se han observado y estudiado efectos en la salud mental e influencias en el rendimiento y la productividad. En términos generales, los conocimientos actuales permiten llegar a la conclusión que la exposición al ruido ambiental actúa como fuente de tensión sobre la salud, que puede medirse en términos de, por ejemplo, presión arterial, ritmo cardiaco, vasoconstricción, niveles de segregación endocrina y porcentajes de admisión en hospitales mentales.

2.7 PROTECTORES AURICULARES

Varios estudios sobre los efectos del ruido han concluido en que trabajos realizados en condiciones de niveles de ruido superiores a los 85 dB(A), pueden producir daños auditivos a lo largo del tiempo, pero no se debe dejar de tener en cuenta la

influencia instantánea que tiene el ruido sobre la capacidad de concentración, trastornos en la conversación, estrés, taquicardias, hipertensión, dilatación pupilar.

Por tanto, la protección auditiva debe ofrecer garantía al empleado que los usa confiado de estar protegido conforme indica el fabricante.

Según GERGES (2000) los daños auditivos ocurren en el oído interno por lo cual el protector auricular es una barrera acústica que debe protegerlo. El funcionamiento del protector depende de sus características constructivas y de las características fisiológicas y anatómicas de quien lo usa.

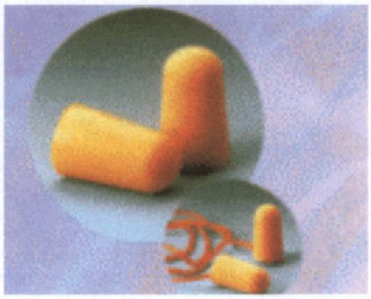
2.7.1. TIPOS DE PROTECTORES AURICULARES

El protector auricular se usa para reducir la energía acústica transmitida por el aire y que ingresa al oído. El tipo de protector a usar depende de las condiciones del local, cada protector tiene mejor desempeño en alguna condición y menor desempeño en otra, es por eso importante conocer las características técnicas de cada uno.

Los protectores pueden ser, según GERGES (2000) y NUDELMANN et al (2001):

a) De Inserción Auto Moldeable: construidos de espuma expandida u otros materiales moldeables, para proteger al oído, deben ser introducidos en el canal del oído externo, comprimiéndolos hasta reducir su tamaño e introducirlo en el canal para que luego se expanda y tome la forma del canal. La eficacia de este protector depende de la introducción total en el canal auditivo.

FIGURA 2.5 PROTECTOR AURICULAR DE ESPUMA AUTO MOLDABLE



b) De Inserción Premoldeados: fabricados generalmente de goma, silicona o

termoplásticos, son lavables, de formas variables y consideradas más eficaces, dependiendo del modelo se tienen varios tamaños. Para su protección eficaz, debe ser colocado firmemente en el oído, que representa un problema debido a la variedad de formas del canal auditivo de cada individuo (mal formaciones congénitas) con lo cual dificulta la fijación firme y su mal protección. Pueden perder su elasticidad durante el lavado.

FIGURA 2.6 PROTECTOR AURICULAR PRE MOLDEADOS



c) Tipo Concha: fabricado con material rígido y revestido con un colchón circular de espuma cuya función es cubrir totalmente la oreja. El grado de aislamiento acústico depende de la fuerza con que presiona los dos lados de la cabeza.

FIGURA 2.7 PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHRERIDO AL CASCO

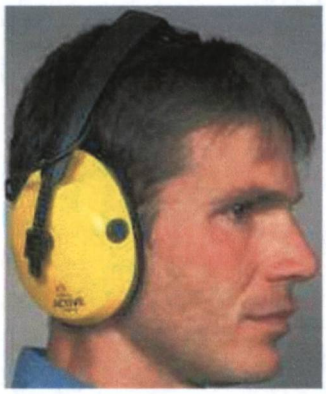


d) Tipo Tapón con Arco: fabricado con un arco de plástico y tapones de espuma, de uso práctico dada la facilidad de colocar y retirar varias veces sin dificultad, la aislación ocurre en la entrada del canal auditivo

FIGURA 2.8 PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPÓN CON ARCO



FIGURA 2.9 PROTECTOR AURICULAR TIPO CONTROL ACTIVO DEL RUIDO



e) Tipo con Control Activo del Ruido: cuya función es generar un campo sonoro dentro de la concha similar al que incide pero con fase invertida de manera a anularlo, solo atenúa en cierta banda de frecuencia y deja pasar la voz humana. Es muy utilizado en locales con alto nivel de presión sonora y donde se desea tener comunicación con otro individuo.

2.7.2. ANÁLISIS DEL PROTECTOR AURICULAR SEGÚN METODO DE BANDA DE OCTAVA Y DIN-EN-458

En los EE.UU. y en varios países para el análisis de los protectores auriculares se utilizan el método de NRR, es decir Nivel de Reducción de Ruido, el cual representa un valor en dB en que reduce el nivel de ruido existente en el local.

Para este trabajo se tuvo en cuenta los criterios utilizados en Alemania, que consisten en el Método de Bandas de Octava, según la Norma DIN-EN 458 (1994) se elabora una planilla como la indicada en la TABLA 2.6, donde L_F es el nivel sonora lineal a ser corregido, A_F, factor de corrección del L_F para tener el nivel sonoro equivalente según la curva A, en dB(A), se efectúa la suma algebraica para cada frecuencia, a los valores obtenidos se le restan los valores de atenuación por banda de octava suministrado por el fabricante del protector, APV_F, el resultado L'_{AF} representa el nivel sonoro percibido por el oído en el caso que se utilice correctamente el protector

auricular.

TABLA 2.6-: CÁLCULO DE L_A SEGÚN EL MÉTODO DE BANDAS DE OCTAVA

	CÁLCULO NIVEL SONORO PERCIBIDO POR EL OÍDO						
Frecuencia (f) en Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Nivel sonoro lineal (L_F) en dB	84,0	86,0	88,0	97,0	99,0	97,0	96,0
Factor de corrección curva (A_F) en dB	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1,0	- 1,1
Nivel sonoro corregido ($L_F + A_F$) en dB	67,9	77,4	84,8	97,0	100,2	98,0	94,9
Atenuación por banda de octava (fabricante) (APV_F) en dB	7,0	11,4	15,7	19,4	24,4	32,6	29,7
Nivel sonoro percibido (L'_A) en dB. $L'_A = 80,6$ dB ≈ 81 dB	60,9	66,0	69,1	77,6	75,8	65,4	65,2

FUENTE: BGR 194 (1998)

Los valores L'_{AF} son sumados según indica la siguiente ecuación:

$$L'_A = 10 \log \left(\sum_{f=125}^{8000} 10^{0,1 \cdot (L_f + A_f - APV_f)} \right) \text{in dB(A)}$$

El valor así obtenido, L'_A, representa el nivel sonoro efectivo, que se compara con los valores indicados en la DIN-EN-458, según como se muestra en la TABLA 2.7 para obtener un análisis cualitativo del protector.

TABLA 2.7- CLASIFICACIÓN DE PROTECTORES AURICULARES SEGÚN NORMA DIN-EN-458

CLASIFICACIÓN	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
≥85	INSUFICIENTE
80 - 84	ACEPTABLE
75 - 79	BUENO
70 - 74	ACEPTABLE
<70	MUY ELEVADO

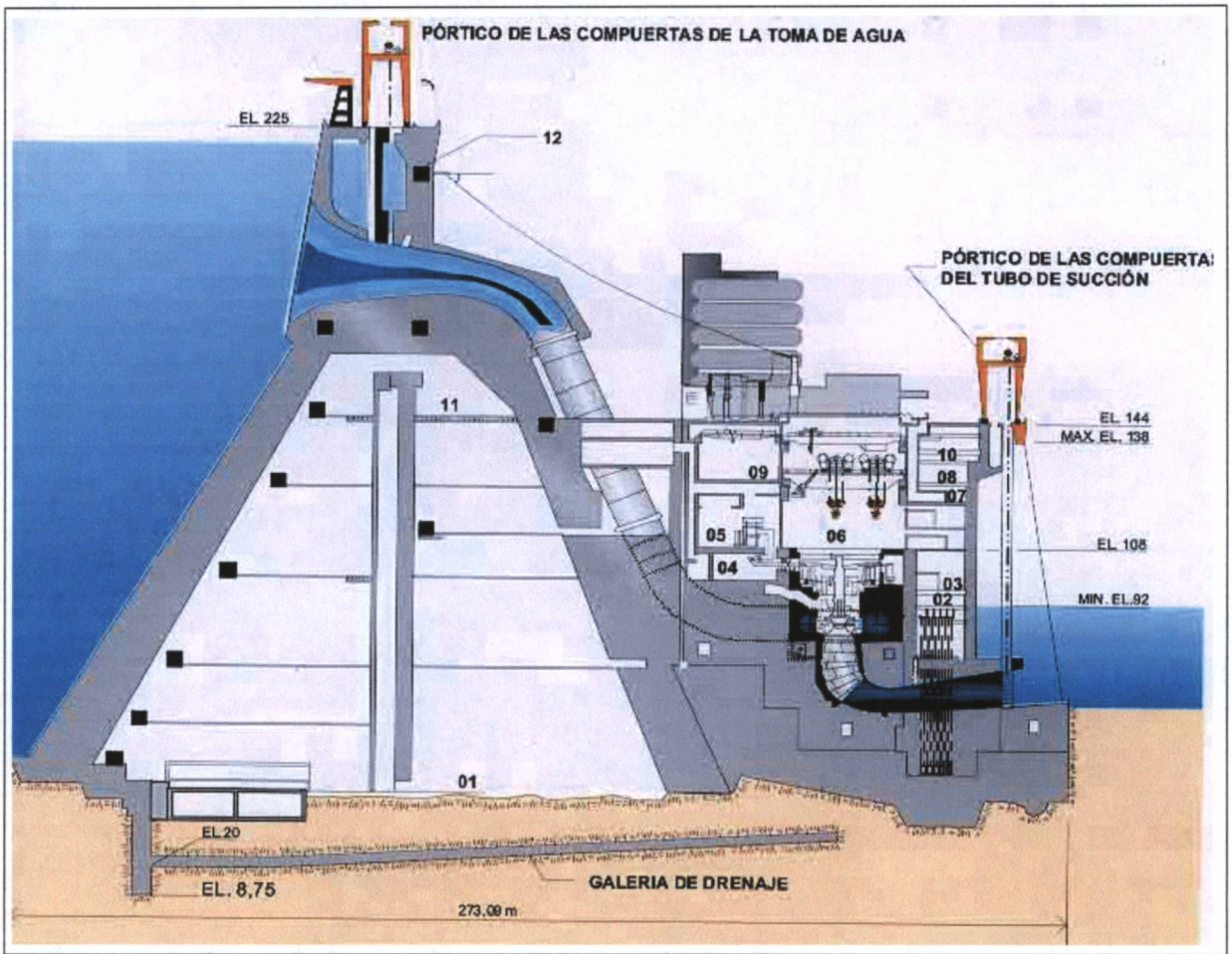
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR

FUENTE: NORMA DIN-EN 458 (1994)

3. LOCALES DE MEDICIONES ACÚSTICAS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

FIGURA 3.1 – ITAIPU BINACIONAL – CORTE TRANSVERSAL



Casa de Máquinas (18 unidades inclusive áreas de montaje) Cotas medidas en msnm.

01 – Cota 40,0	Fundación de la Presa;
02 – Cota 92,4	Acceso al Pozo de la Turbina;
03 – Cota 98,5	Servicio Auxiliar de la Unidad – Sistema de Agua Pura;
04 – Cota 98,5	Sistema de Excitación, acceso al "hausing" del Generador y Regulador de Velocidad;
05 – Cota 108,0	Transformadores Elevadores;
06 – Cota 108,0	Galería de los Generadores y Sala de Control Local;
07 – Cota 122,0	Sistema de Ventilación;
08 – Cota 127,6	Galería de cabos;
09 – Cota 128,2	GIS – SF6
10 – Cota 133,2	Paneles Principales de Servicio Auxiliar AC y Sala de los Generadores Diesel;
11 – Cota 144,0	Servicio Auxiliar de la Presa;
12 – Cota 214,0	Central Hidráulicas de las Compuertas;

En la FIGURA 3.1 se presenta un corte transversal de la hidroeléctrica, donde se encuentran los distintos locales de trabajo ubicados acorde a la cota de la galería.

Se define como cota a la altura medida con relación al nivel medio del mar.

En la hidroeléctrica la identificación general de los locales son según se encuentren en la margen izquierda del río Paraná (lado Brasil) o en la margen derecha del río (lado Paraguay). Es decir, se acostumbra utilizar la terminología de MD para margen derecha y MI para margen izquierda del río.

3.2. UBICACIÓN Y DATOS HIDROLÓGICOS

La Central Hidroeléctrica está localizada sobre el río Paraná, entre las ciudades de Foz de Yguazu (Brasil) y la ciudad de Hernandarias (Paraguay) Cuenta con una cuenca hidrográfica de 820.000 km^2, la precipitación media anual en el área de proyecto de 1.650 mm, temperatura media anual de 21 ° C, temperatura máxima de ambiente de 40° C y una temperatura mínima ambiental de -4° C.

3.3. OBRAS CIVILES- PRESA PRINCIPAL, CASA DE MÁQUINAS

En la fecha se están montando dos nuevos turbogeneradores, por tanto los volúmenes de hormigón, cemento y acero van ha aumentar.

La central cuenta con una Presa Principal tipo gravedad alivianada y contrafuerte, con una longitud de 1064 m; altura máxima 196 m; cantidad de bloques 44 y volumen total de hormigón de 5,3 x 10^6 $m^{3,}$ constituida por galerías longitudinales y transversales en toda su extensión.

Por su parte, la Casa de Máquinas tiene las siguientes características:

Longitud total	968 m,
Ancho	99 m,
Altura	112 m,
Cota de cobertura	148,00 msnm
Cota del piso en galería de unid. Generadoras	108,00 msnm
Cantidad de unidades generadoras instaladas	18
Separación entre unidades	34 m

Volumen total de hormigón $3,2 \times 10^6 m^3$

La Casa de Máquinas cuenta con varios niveles definidos por sus cotas con relación al nivel medio del mar en el plano vertical como ser: cota 144,00 - cota 139,00 - cota 135,00 - cota 127,00 - cota 115,00 - cota 108,00, por ejes en el plano horizontal ejemplo eje A, B, C y D, longitudinalmente se identifican según el bloque de la unidad generadora correspondiente, es decir. Área de Montaje Derecha: AMD1, AMD2, AMD3, AMD4, Unidad Generadora U01, U02, U03, U04, U05, U06, U07, U08 y U09 en la margen derecha, mientras que en la margen izquierda se tienen las U10, U11, U12, U13, U14, U15, Área de Montaje Central: AMC1 y AMC2, U16, U17, y la U18. Para efectos de mantenimientos de las distintas áreas y equipos, se tiene un sistema de codificación en bloques, cotas, ejes, equipos y sub unidades, de forma que exista una programación preventiva de los mantenimientos.

3.4. EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS - TOMAS DE AGUA:

Constan de veinte Tomas de Agua ubicadas en la Presa Principal y en la Estructura de Desvío, por donde se captan y controlan las aguas que se utilizarán para girar las Turbinas.

La parte final de las obras de toma de agua se conecta con las tuberías de presión, las cuales fueron construidas por chapas metálicas de 25 a 65 mm de espesor, y un diámetro de 10,50 m, longitud de 142,2 m y un volumen transportable de 700 m^3/s.

3.5 EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS - TURBINAS:

La central cuenta con dieciochos turbinas tipo Francis (siendo que están siendo montadas más dos nuevas unidades). Con un peso unitario de 3.300 ton, para una Potencia Nominal de 715 MW, Caída Nominal de 112,9 m siendo la velocidad de proyecto de 90,9 rpm para 50Hz y 92,3 rpm para 60Hz. Las dimensiones de las turbinas y el caudal de agua turbinada determinan vibraciones y transmisiones de ruidos a toda la

estructura y a su vez por las galerías.

3.6. EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS - GENERADORES:

Consta con 18 generadores, 9 generadores para 50Hz conforme la frecuencia del Sistema Paraguayo y 9 para 60hz acorde a la frecuencia del Sistema Brasileño.

El Diámetro externo del Estator es de 18,65 m y el Diámetro Interno es de 16,00 m. Sus pesos son: 734 ton para 50Hz y 633 ton para 60Hz.

Las dimensiones de la parte girante o Rotor son: a) diámetro 15,93 m (50Hz) y 15,95 m (60Hz); b) altura: 3,82 m (50Hz) y 3,53 m (60Hz); c) peso: 1760 ton; d) número de polos: 66 (50Hz) y 78 (60Hz).

Regulador de velocidad tipo Proporcional-Integral-Derivativo (PID) APID 77 para 50Hz y RAPID 77 para 60Hz

Actualmente se están montando un generador en 50Hz y uno en 60Hz.

3.7. EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS – TRANSFORMADORES ELEVADORES DE TENSIÓN:

Para la elevación de la tensión de las unidades generadoras fueron especificados bancos de transformadores monofásicos con una potencia nominal por banco de 825 MVA (50Hz) y 768 MVA (60Hz). Las tensiones del primario son de 18 KV y el secundario de 525 KV0. Siendo sus pesos totales aproximadamente de 214 ton (50Hz) y 166 ton (60Hz). Líquido aislante utilizado es el aceite mineral de base nafténica, y el tipo de refrigeración OF-WF (circulación presurizada de aceite y agua) Los transformadores están agrupados en bancos (3 transformadores elevadores monofásicos por banco) Se tienen en total 9 bancos para 50Hz y 9 bancos para 60Hz, futuramente se tendrán 10 en cada frecuencia.

Los transformadores están localizados en la Galería de la Cota 108,00 donde se cuenta con oficinas del personal de mantenimiento, donde permanecen durante el periodo

laboral.

3.8. SUBESTACIÓN AISLADA POR GAS (GIS) – SF_6:

Localizada en la Cota 128 de la Casa de Máquinas, con una superficie aproximada de 20.000 m^2.

Se utiliza como aislante el gas Hexafluoruro de azufre SF6.

4 - METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La evaluación de los niveles de ruido medidos en cada punto de trabajo fueron conforme a las directrices establecidas en la Norma Reglamentadora Nº 15 (1978) *ACTIVIDADES Y OPERACIONES INSALUBRES*, NR 17 (1978) *ERGONOMIA*, y de la Norma de Higiene Ocupacional NHO-01(1999) de la FUNDACENTRO, todas del Brasil. No fueron usadas Normas del Paraguay por no se tiene una norma específica para este tipo de evaluación.

Siguiendo estas directrices, se definió obtener como primer paso una evaluación caso de una Central Hidroeléctrica.

Se establecieron los objetivos de la investigación y conforme a los objetivos se justifica el tema y la Hipótesis de la investigación y se establecen los siguientes pasos a seguir:

a) Se adopta como criterio de elección de las áreas de evaluación aquellos donde existen reclamaciones por parte del trabajador,
b) Para la evaluación del Ruido: en las áreas afectadas por niveles de presión sonoras consideradas incomodas para sus funcionarios, se realizaron 101 mediciones de niveles de presión sonora en 74 puntos donde se producen la mayor disponibilidad del trabajador en cuanto a tiempo de exposición,
c) Auditoria del Ruido: Comparación con Normas de Higiene Ocupacional NHO-01 FUNDACENTRO y con las NR15 y NR17 con el objetivo de obtener datos del problema de polución sonora dentro de un ambiente de trabajo de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU BINACIONAL. Fue realizada en el local de trabajo evaluación de desempeño acústico del protector auricular tipo concha y del tipo espuma.

4.2. PUNTOS DE MEDICIÓN ACÚSTICA:

Las mediciones acústicas se realizaron del día 8 al día 15 de enero de 2002, en periodos de la mañana y de la tarde, siendo que la temperatura media de los locales de medición oscilaba entre 27 y 30 °C. Previamente fue hecha la programación de los locales a ser mapeados, para que estos locales sean los frentes de trabajo de interés de cada grupo homogéneo, se realizó una presentación del programa de investigación a todos los gerentes del departamento de mantenimiento con el objetivo de buscar apoyo para realizarlos, así como para determinar los locales de trabajo acorde a cada división de mantenimiento. Cabe resaltar que los locales de medición fueron indicados por los jefes o responsables de turno de cada división de mantenimiento. Para la elección de los locales se tuvo en cuenta:

1. Área de trabajo,
2. Tiempo de permanencia en el local,
3. Niveles de ruido.

Además de esto, personal de la Seguridad del Trabajo de la Empresa colaboraron en la elección de los lugares de medición.

En la TABLA 4.1, se indican los locales de medición, conforme la cota en que se encuentran y al equipo en mantenimiento o en funcionamiento.

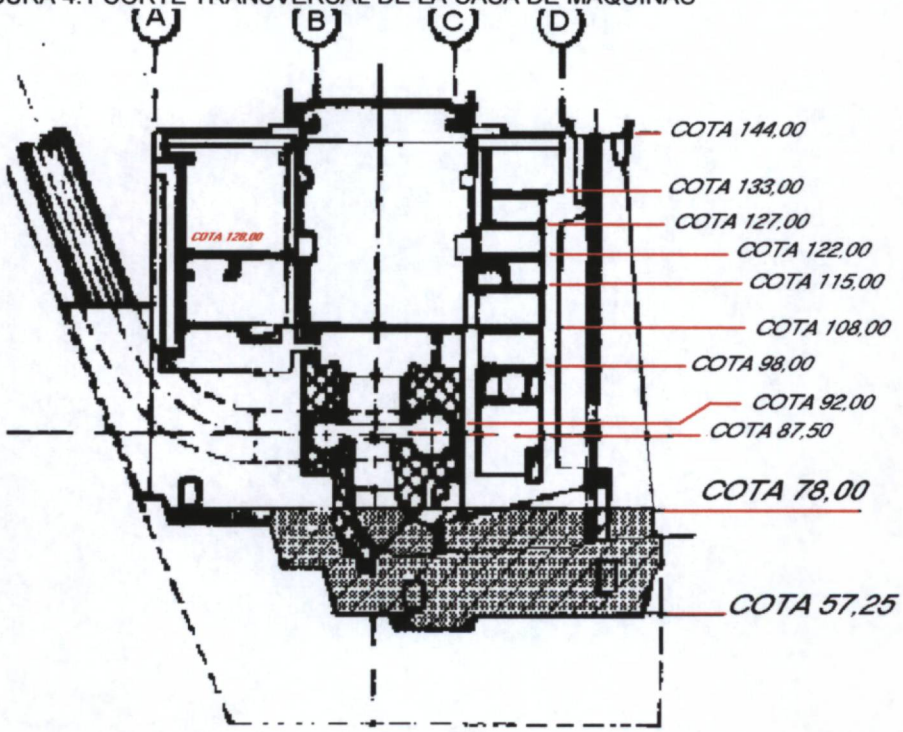
TABLA 4.1 LOCALES DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS

Locales de Mediciones	**Locales de Mediciones**
Cota 214 - Sala SMMU (puerta cerrada AA sin funcionar)	Cota 108 - Transformadores U06 Fase R ( )
Cota 214 - Sala SMMU (puerta cerrada AA funcionando)	Cota 108 - Transformadores U04 Fase S (TUSA)
Cota 214 - CTM U06 Bomba parada	Cota 108 - SCL U07/08 50Hz
Cota 214 - CTM U06 Bomba funcionado	Cota 108 - Sala SMMT U05 Fase R
Cota 145 Hall Visitante	Cota 108 - Sala Frente U9A (SMMU) con 7 Técnicos
Cota 145 - Despacho de Carga (Operación)	Cota 108 - Sala Frente U04 (SMMU) 4 técnicos
Cota 144 – Exhaustor U08 (ventilación)	Cota 108 - Gal Transformadores U05 Fase R (TUSA)
Cota 144 - Exhaustor U08 (reloj de marcación)	Cota 108 - Asesoria 50Hz U03
Cota 144 - Exhaustor U04	Cota 98 -Sala SMME U9A
Cota 139 Sala MET1/3	Cota 98 -Sala RV SMMU.DT (OP)
Cota 139 Sala MEL3	Cota 98 -Sala Agua Pura SMMU.DT U13 (OP)
Cota 139 Sala MEL2	Cota 98 -RV U04
Cota 139 Sala MEG3	Cota 98 -EC U07(Sistema Scada)
Cota 139 Sala MEG2	Cota 98 - Válvula Motriz. Agua Pura U10 (OP)
Cota 139 Sala MEG1	Cota 98 - UMCC U10 (OP)

TABLA 4.1 LOCALES DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS (CONTINUACIÓN)

Locales de Mediciones	Locales de Mediciones
Cota 139 Sala MCI1	Cota 98 - UMCC U06 (PD) T1
Cota 139 Sala MAM2	Cota 98 - UMCC U06 (PD) T2
Cota 139 CAFETERÍA	Cota 98 - UMCC U06 (PD) T3
Cota 135 CCR	Cota 98 - TAU/TEP U11 (OP)
Cota 133 -Sala de Control GD 1/2 AMD2	Cota 98 - TAU/TEP U09 (OP)
Cota 132 - Panel Central Evaporativa U12	Cota 98 - TAU/TEP U06 (PD)
Cota 132 - Bombas da Central Evaporativa U10	Cota 98 - Sala Agua Pura SMMU U13 (OP)
Cota 128 - Sala 1 SMMT	Cota 98 - RV U11 (OP)
Cota 128 - Sala SMMT	Cota 98 - RV U06 (PD)
Cota 128 - GIS U12	Cota 98 - Cuadro U11 (OP)
Cota 127-GD1/2 AMD2	Cota 98 - PWE U11 (OP)
Cota 127-AMBULATORIO AMD2 (Sist Ventilación parado)	Cota 98 - PWE U08 (OP)
Cota 127-AMBULATORIO AMD2 (Sist Ventilación Funcionando)	Cota 98 - PWE U06 (PD)
Cota 122 -KH16 U03 (Sistema Ventilación)	Cota 98 - PAP U06 (PD)
Cota 115 - Sala SMMU - Agua Pura AMD4 (4 tec MMU1)	Cota 92 - Turbina U06
Cota 115 - Sala SMMC -MCI2 - AMD3	Cota 92 - Turbina U07 (OP)
Cota 115 - Cuadro de las Bombas QJ0150Hz	Cota 92 - Turbina U06 (PD)
Cota 108 Taller SMMU (Tornería)	Cota 92 - PDB U07 (OP)
Cota 108 Taller SMMU (Rebobinado)	Cota 87 Acceso Caja Espiral U06
Cota 108 Taller SMMU (Calderería)	Cota 78 Galería frente U09 (OP)
Cota 108 - Transformadores U13 Fase A (BBC)	Cota 78 Acceso Rueda de la Turbina U09 (OP)
Cota 108 - Transformadores U10 Fase B (BBC)	Cota 78 Acceso Rueda de la Turbina U06 (PD)

FIGURA 4.1 CORTE TRANSVERSAL DE LA CASA DE MÁQUINAS



En la FIGURA 4.1 están indicados las localizaciones de las cotas de la casa de máquinas.

GRÁFICOS 4.1 – FOTOS DE LOCALES DE MEDICIONES



COTA 214 - SALA SMMU.DT

SALA DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS BY-PASS - MECÁNICOS



COTA 144 SALA DESPACHO DE CARGA –

OPERACIÓN DEL SISTEMA INTER CONECTADO PARAGUAY - BRASIL



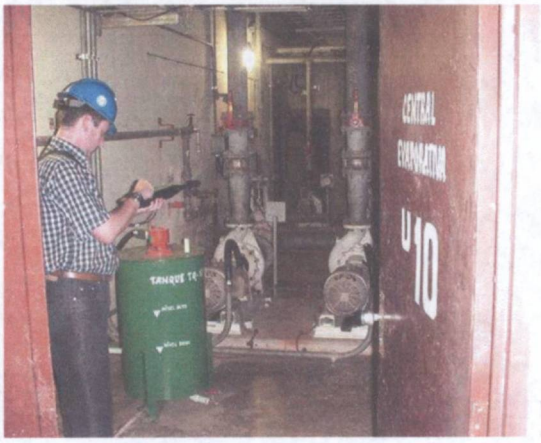
COTA 139 SALA SMMG.DT

OFICINA DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE GENERADORES - ELECTRICISTAS



COTA 135 SALA CONTROL – CCR

PERSONAL DE OPERACIÓN DE MÁQUINAS CONTROLA PRODUCCIÓN DE GENERADORES.



COTA 132 - BOMBAS CENTRAL EVAP U10

CENTRAL EVAPORATIVA DE LA UNIDAD GENERADORA Nº 10 – PERSONAL REALIZA MANTENIMIENTO DE BOMBAS



COTA 128 - SALA SMMT.DT

SALA DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA GIS

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS MEDICIONES ACÚSTICAS:

Debido al hecho de ser una Central Hidroeléctrica, las características de los ruidos son similares en el tiempo, y las variaciones de los niveles en dB(A) se mantienen constantes, como puede verse en las lecturas.

Los equipos utilizados en esto casos fueron: Analizador B&K 2260 y Medidor de presión sonora B&K 2238 Mediator descriptos a seguir.

4.4. EQUIPAMIENTOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN:

4.4.1 ANALIZADOR

Analizador marca Brüel&Kjær clase 1, precisión +/- 0,41 dB,

FIGURA 4.2 ANALIZADOR B&K 2260 INVESTIGATOR



Es un instrumento portátil programable, con el cual se pueden realizar mediciones en vivo y retransmitirlo por Internet a través de un computador ser operado a distancia en forma automática,

Usos del instrumento:

- Evaluación del ruido ambiental;
- Análisis de banda de octava;
- Análisis de bandas de Octava o 1/3-octava;
- Monitoreo del ruido;

- Estimación del esfuerzo de reducción de sonido;
- Acumulación de datos de campo para análisis posterior;
- Investigación y Desarrollo;

Características técnicas:

- IEC y ANSI Tipo 1 medidor de nivel de sonido;
- 8Hz a 20 kHz rango de frecuencia en 1/3-banda de octava de análisis;
- Anotaciones en vivo y exclusión de datos;
- Control de sonido grabado en un computador;
- Registro automático de los eventos;
- Operación remota vía conexión de MODEM;
- Carga Automática de chequeo de Inyección de Calibración (CIC);
- Bandas de frecuencias anchas y espectros estáticos.

4.4.2 MEDIDOR DE PRESIÓN SONORA

Medidor de presión sonora tipo 2238 Mediator marca Brüel&Kjær clase 1, precisión +/- 0,41 dB, instrumento de medición de amplio rango el cual permite evaluar el medio ambiente acústico midiendo el ruido en los locales de trabajo. Permite grabar las mediciones y por medio del software incluido el BZ 7126.

También, permite una completa evaluación estadística. Pueden ser seleccionados siete valores de LN (de L1 a L99) No obstante el instrumento graba la distribución estadística completa en cada medición por lo cual permite un análisis posterior utilizando una computadora y a través del software Brüel&Kjær 7820 Evaluador, 7825 Protector o 7815 Explorador de Ruido.

Rango de Frecuencia: 8 Hz a 16kHz ± 2 dB

Según datos del fabricante del equipo, las mediciones realizadas cumplen con las siguientes Normas:

o IEC/EN 60651 (1979) Type 1

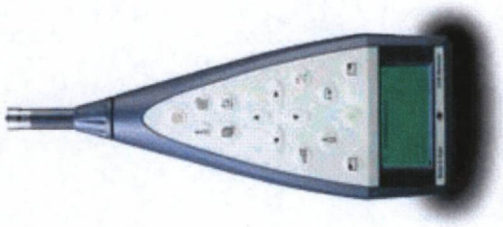
o IEC/EN 60804 (1985) Type 1

o IEC/EN 61672 – Draft March 1998 Class 1

o ANSI S1.4 –1983 Type S1

o ANSI S1.43 – 1997 Type 1

FIGURA 4.3 MEDIDOR B&K 2238



4.4.3 CALIBRADOR ACÚSTICO

Para la calibración del medidor de presión sonora B&K 2238 y del Analizador B&K 2260.se utilizó el calibrador B&K 4231. La calibración por este, según el fabricante, está conforme a las Normas IEC942 (1988) Clase 1 y ANSI S1.40–1984 (R1997), la precisión de calibración es de ± 0.2 dB, siendo la frecuencia de calibración: 1kH.

FIGURA 4.4 CALIBRADOR B&K 4231



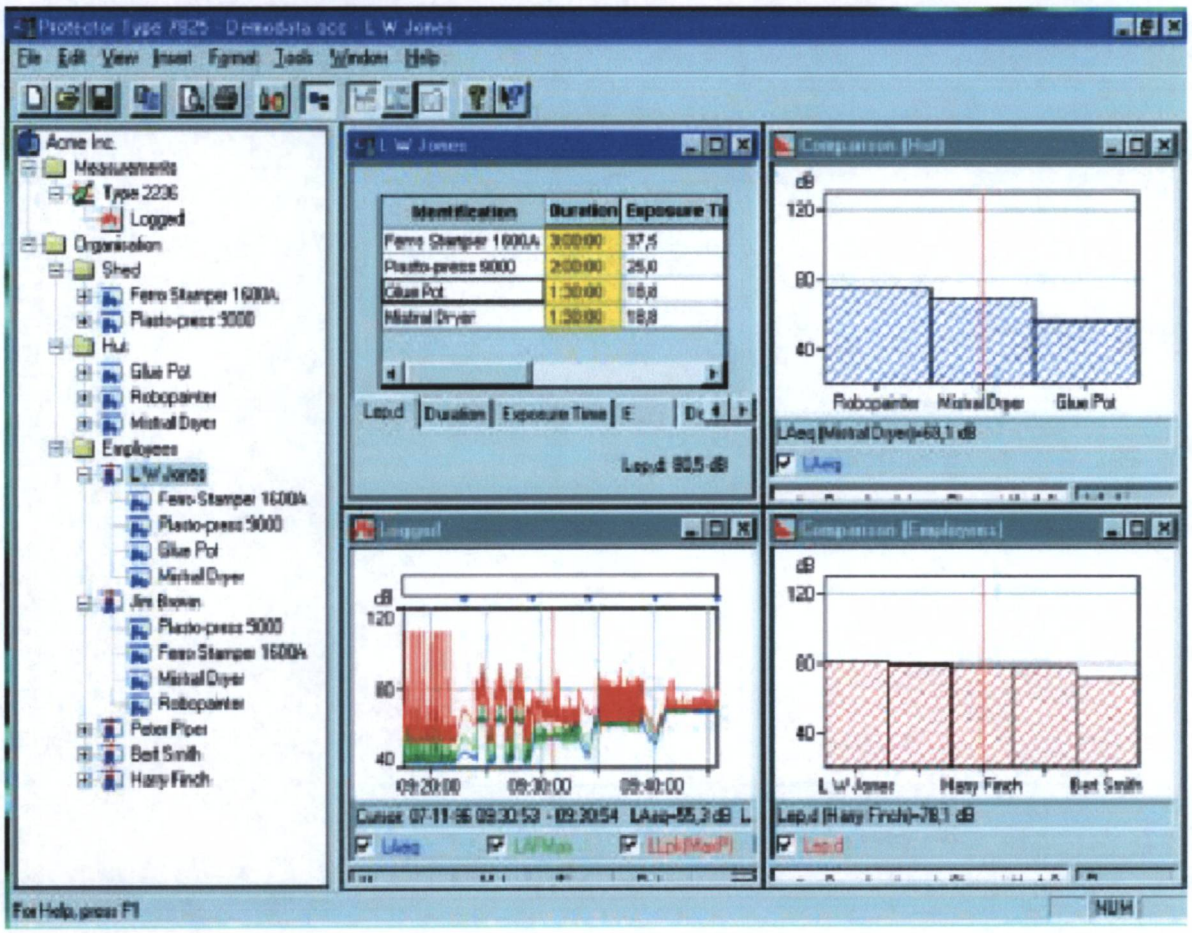
FIGURA 4.5 CALIBRADOR B&K 4231 Y 2238 MEDIATOR



4.4.4 PROGRAMA PARA EVALUACIÓN OCUPACIONAL

Protector Tipo 7825, Protector es un programa para procesamiento posterior, simula y archiva datos de exposición de ruido. Protector trabaja con la familia de dosímetro Brüel&Kjær, medidor de nivel de sonido e inclusive con el analizador 2260. Protector le permite bajar rápidamente los archivos de ruidos medidos para cualquier ejemplo para un lugar específico o una persona específica, con el Protector luego puede usar para calcular exposición a ruido para personas o locales en investigación. Protector calcula exposición al ruido acorde con la ISO 9612.2. Para situaciones donde solo son medidos y evaluados ruidos en un punto, y trabajadores que se desplazan en este punto, Protector puede combinar mediciones de puntos de trabajo con un archivo de persona en movimiento, para simular la exposición personal al ruido.

FIGURA 4.6 PROGRAMA DE EVALUACIÓN B&K 7825



El programa para Proyecto de Protección tiene dos carpetas principales – Medición y Organización.

- Carpeta de Medición:

La carpeta de Medición es usada para un conjunto de datos leídos en el Protector de las mediciones de campo. Las mediciones pueden ser vistan en la pantalla como:

- Gráficos de historia de tiempo;
- Gráficos de archivos de ruidos;
- Resultados del conjunto;
- Espectro;
- Nivel de distribución y acumulación;

Una vez verificados los datos grabados, se puede seleccionar las partes relevantes para incluir en los puntos de trabajo o archivos de personas en la Carpeta de Organización.

- Carpeta de Organización

La Carpeta de Organización es la parte del árbol de proyecto Protector donde la disposición de la compañía o local se modela, la FIGURA 4.6 muestra el árbol de un proyecto Protector típico. Se observa que la carpeta de Organización tiene sub carpetas anexadas a él. Algunas de estas carpetas se refieren al edificio y otras se refieren a las personas. Normalmente, los puntos de trabajo son agrupados en el edificio en el cual estos están situados y los trabajadores son agrupados acordes a sus ocupaciones. Son posibles tener niveles ilimitados de carpetas, lo que significa todos los locales de la industria en un solo proyecto.

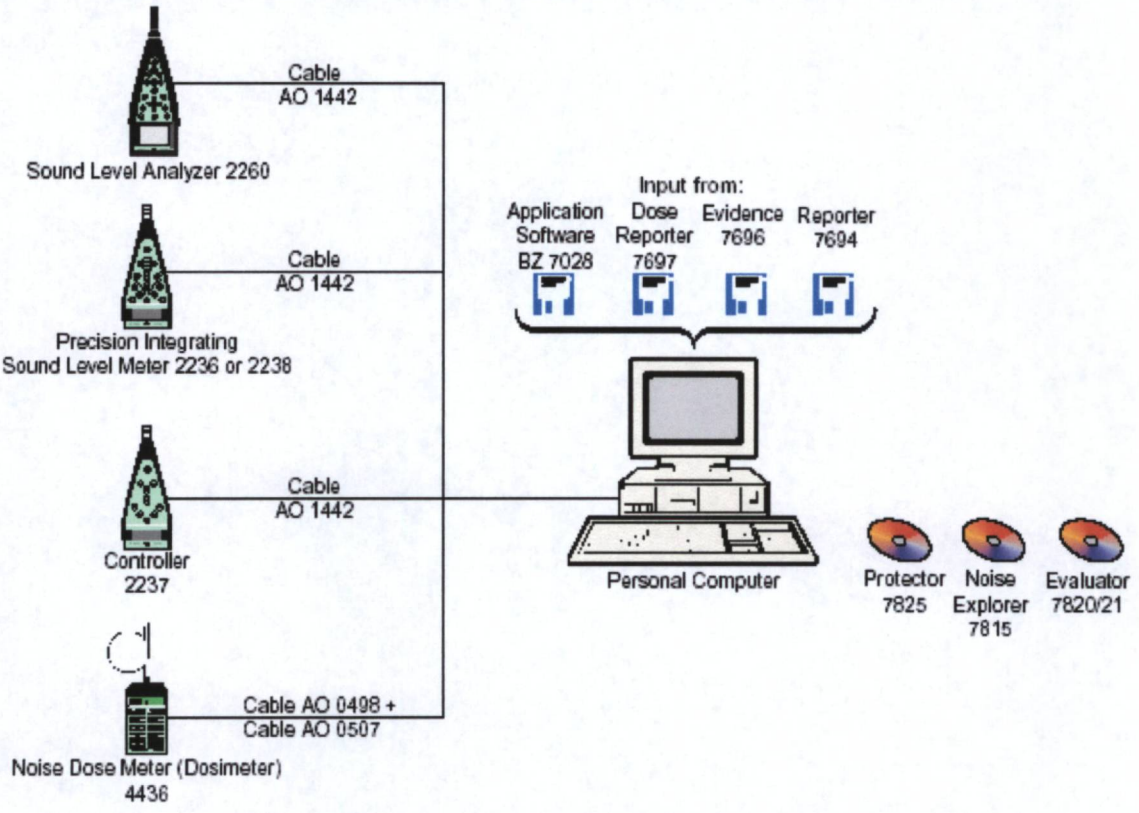
- Carpetas de Puntos de Trabajo y Personas

Cada punto de trabajo o persona en el proyecto de Protección tiene un registro asociado con él. Este registro, se le da el nombre después que los puntos de trabajo o personas se lo refieren, contiene todos los atributos asociados con la persona o punto de trabajo.

- Atributos incluidos:
- Porcentaje de Actividad
- Duración Efectiva
- Dosis de Ruido
- Palabras llaves

Mientras se construye la carpeta de Organización, se puede asignar los tiempos gastados en cada punto de trabajo en particular para cada persona. Este genera el archivo de trabajo padrón, del cual el $L_{EX,T}$ es calculado. Una vez que el trabajo padrón ha sido establecido, los datos del trabajador y el punto de trabajo quedan dinámicamente enlazados asegurando actualizaciones automáticas de los archivos si alguno es cambiado.

FIGURA 4.7 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE INSTRUMENTOS CON EL COMPUTADOR



El software Explorador de Ruido Tipo 7815, se usa para exhibir y reportar las mediciones de ruido hechas con un número de instrumentos portátiles de la Brüel&Kjærhand, incluyendo el 2260. Así como exhibir los datos gráficamente, curvas

de espectros o estadísticas, Explorador de Ruido tiene un rango de características para exportar permitiéndole exportar sus datos medidos a otro programa o enviarlo a una impresora. Explorador de Ruido tiene la facilidad de permitir al registrar la operación y repetir los eventos de sonidos para ayudar después de procesado

4.5. ANÁLISIS DEL PROTECTOR AURICULAR

El análisis de los protectores auriculares utilizados en la ITAIPU BINACIONAL será según la NORMA DIN EN458, y el método de bandas de octava. La Norma alemana permite realizar un análisis cuantitativo y cualitativo del protector auricular según los niveles sonoros del lugar, mientras que los otros métodos como el utilizado por OSHA, que suministra los valores NRR, solo permiten un análisis cuantitativo.

El método de análisis utilizado servirá para verificar cualitativamente y cuantitativamente en cada local si el empleado está protegido y en el caso de que el protector sea insuficiente se deberá utilizar doble protección o cambiar el protector auricular por otro que ofrezca mayor protección.

TABLA 4.2 - NORMA DIN EN458

FRECUENCIA BANDA DE 1/3 DE OCTAVA (Hz)	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**	**LINEA**
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	77,00	86,50	83,20	73,20	66,70	61,40	53,10	(1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	15,80	21,00	28,30	29,30	30,20	38,60	38,90	(2)
SUSTRAER LINEA(1) DE LA LINEA(2)	61,20	65,50	54,90	43,90	36,50	22,80	14,20	(3)
SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3) - L'_A	67	dB(A)		FILE:	0021.S1B	BK2260		

CLASIFICACIÓN	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
≥85	INSUFICIENTE
80 - 84	ACEPTABLE
75 - 79	BUENO
70 - 74	ACEPTABLE
<70	MUY ELEVADO

(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR

Análisis Cuantitativo: en la TABLA 4.2 se obtiene la suma de niveles sonoros

L'_A igual a 67 dB(A), representa el nivel de ruido percibido por el oído. Este valor es mucho menor que 85 dB(A) valor límite de exposición para una jornada de 8 horas de trabajo y según la NHO-01.

Análisis Cualitativo: en la TABLA 4.2 se indica la clasificación correspondiente para el protector auricular en estudio, el valor de L'_A igual a 67 dB(A) es menor a 70 dB(A), y según la Norma DIN-EN458, son considerados como protección muy elevada, no siendo recomendada por la Norma alemana, debiendo usarse en dicho local otro modelo de protector con menor grado de atenuación del ruido.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1.- INTRODUCCIÓN

Se realizaron en 74 locales de trabajo las mediciones acústicas, se utilizaron para el mismo local dos tipos de instrumentos, el BK2260 y el BK2238, ambos de la marca Brüel&Kjær. Los resultados de las mediciones de LA_{eq} por local de trabajo se presentan en la TABLA 5.1, siguiendo el criterio de clasificar por cotas los locales de trabajo. Cota, altura cuyo nivel de referencia es el nivel medio de las aguas del mar.

También se presentan resultados según la banda de octava medidos en cada local de trabajo, teniendo como objetivo analizar los equipos de protección individual distribuidos por la empresa, siendo estos de la marca 3M, tipo concha adherido al casco, espumas moldeables con cordón, de silicona.

Las mediciones se analizaron utilizando dos programas computacionales de la marca Brüel&Kjær por un lado el *Protector Type 7825* y el *Noise Explorer Type 7815*. Estos programas permiten evaluar los locales de trabajo en función a las mediciones de niveles de presión sonora registrados en los equipos BK2260 y BK2238, grupos homogéneos de trabajo, y tiempo de exposición por jornadas de trabajo. Se resalta la verificación de puntos de trabajo con niveles de presión sonora de riesgo para la salud cuando para el empleado que no utiliza protector auricular o lo usa en forma inadecuada, sea por desconocimiento o por propia intención de usarlo erradamente.

5.2 - MEDICIONES ACÚSTICAS

Resumen de las Mediciones de L_{Aeq} por áreas de trabajo son tabulados, indicándolos por cota decreciente a fin de ordenarlos en secuencia.

5.2.1 MEDICIONES DE LA_{EQ} POR ÁREAS DE TRABAJO

TABLA 5.1 MEDICIONES DE LA_{EQ} POR LOCALES DE TRABAJO

Locales de Mediciones	LA_{EQ}	Locales de Mediciones	LA_{EQ}
Cota 214 - Sala 1 SMMU.DT (puerta cerrada AA parado)	54,7	Cota 108 - Transformadores U06 Fase R	81,0
Cota 214 - Sala 2 SMMU.DT (puerta cerrada AA funcionando)	58,1	Cota 108 - Transformadores U04 Fase S	82,8
Cota 214 - CTM U06 Bomba parada	67,0	Cota 108 - SCL U07/08 50Hz	75,1
Cota 214 - CTM U06 Bomba funcionado	92,4	Cota 108 - Sala 4 SMMT.DT U05 Fase R	78,8
Cota 145 - Hall Visitante	76,8	Cota 108 - Sala 4 Frente U9A -SMMU.DT	76,0
Cota 145 - Despacho de Carga (Operación)	56,6	Cota 108 - Sala 5 Frente U04 - SMMU.DT	73,8
Cota 144 - Exhaustor U08 (ventilación)	88,5	Cota 108 - Gal Transformadores U05 Fase R	84,0
Cota 144 - Exhaustor U08 (reloj de marcación)	80,4	Cota 108 - Asesoria 50Hz U03	73,5
Cota 144 - Exhaustor U04	85,2	Cota 98 -Sala SMME.DT U9A	73,9
Cota 139 - Sala 1 SMMT.DT	57,2	Cota 98 -Sala 6 SMMU.DT (RV)	73,1
Cota 139 - Sala 1 SMME.DT	62,0	Cota 98 -Sala 7 SMMU frente a U13	78,0
Cota 139 - Sala 2 SMME.DT	69,2	Cota 98 -RV U04	85,0
Cota 139 - Sala 1 SMMG.DT	58,5	Cota 98 -EC U07(Sistema Scada)	81,9
Cota 139 - Sala 2 SMMG.DT	61,9	Cota 98 - Válvula Motorizada Agua Pura U10	98,6
Cota 139 - Sala 3 SMMG.DT	68,3	Cota 98 - UMCC U10 (OP)	90,3
Cota 139 - Sala 1 SMMC.DT	62,4	Cota 98 - UMCC U06 (PD)	84,0
Cota 139 - Sala SMMA.DT	64,3	Cota 98 - UMCC U06 (PD)	83.9
Cota 139 - Cafetería	64,7	Cota 98 - UMCC U06 (PD)	84,0
Cota 135 – CCR	63,3	Cota 98 - TAU/TEP U11 (OP)	86.6
Cota 133 –Sala de Control GD 1/2 AMD2	59,0	Cota 98 - TAU/TEP U09 (OP)	84.3
Cota 132 - Panel Central Evap U12	77,9	Cota 98 - TAU/TEP U06 (PD)	83,3
Cota 132 - Bombas da Central Evap U10	80,2	Cota 98 - Sala 8 SMMU.DT U13 (OP)	76,8
Cota 128 - Sala 2 SMMT.DT	65,9	Cota 98 - RV U11 (OP)	89.4
Cota 128 - Sala 3 SMMT.DT	67,7	Cota 98 - RV U06 (PD)	83.2
Cota 128 - GIS U12	79,8	Cota 98 – Cuadro- U11 (OP)	90.6
Cota 127 - Sala Generador Diesel 1/2 AMD2	74,1	Cota 98 - PWE U11 (OP)	94.6
Cota 127 - Enfermería AMD2 (Sist. Vent. parado)	57,9	Cota 98 - PWE U08 (OP)	90.2
Cota 127 - Enfermería AMD2 (Sist. Vent. Funcionando)	68,1	Cota 98 - PWE U06 (PD)	81.8
Cota 122 - Sistema Ventilación KH16 U03	81,6	Cota 98 - PAP U06 (PD)	82.7
Cota 115 - Sala 3 SMMU.DT -Agua Pura AMD4	67,4	Cota 92 - Turbina U06 (PD)	83,1
Cota 115 - Sala 2 SMMC.DT - AMD3	64,6	Cota 92 - Turbina U07 (OP)	97.8
Cota 115 - Cuadro Bombas QJ0150Hz (SMMG.DT)	77,7	Cota 92 - Turbina U06 (PD)	90.2
Cota 108 - Taller SMMU.DT (Torneria)	75,6	Cota 92 – Bomba Drenaje U07 (OP)	88.9
Cota 108 - Taller SMMU.DT (Rebobinado)	72,5	Cota 87 - Acceso Caja Esp U06	86,0
Cota 108 - Taller SMMU.DT (Calderería)	81,0	Cota 78 - Gal frente U09 (OP)	90,0
Cota 108 - Transformadores U13 Fase A	89,0	Cota 78 - Acceso Rueda Turbina U09 (OP)	96,8
Cota 108 - Transformadores U10 Fase B	88,8	Cota 78 - Acceso Rueda Turbina U06 (PD)	86,3

En la TABLA 5.1, se presenta un resumen de las Lecturas realizadas según el local de trabajo, estas mediciones se realizaron con los instrumentos BK2260 y BK2238, y luego descargados para su análisis con los programas BK7815 Y BK7825.

El criterio de clasificación fue conforme a las Cotas de localización de las áreas de trabajo. Trabajo similar fue realizado en una Central Termoeléctrica Cubana (Sexto,

2000), presentan los resultados según la Cota de localización. El siguiente criterio utilizado fue indicar la división responsable por el mantenimiento que trabaja en dicho local, además del equipo o máquina que opera en ese lugar.

5.2.2 MEDICIONES DE L_{AEQ} POR BANDAS DE OCTAVA Y POR ÁREAS DE TRABAJO

TABLA 5.2 MEDICIONES DE L_{AEQ} POR BANDAS DE OCTAVA

Cota 92 - Turbina U06 (Parada)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	70,63	73,31	76,73	79,66	82,13	73,3	63,69
Cota 92 - Turbina U07 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	85,17	85,29	89,2	85,92	84	79,3	71,76
Cota 92 - Turbina U07 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	85,87	86,48	90,21	87,43	85,47	81,01	73,56
Cota 92 – Frente al Panel PDB Turbina U07 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	76,94	80,03	78,49	76,31	72,5	66,19	54,48
Cota 98 - PWE Agua Pura U08 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	73,96	74,44	75,58	78,78	80,59	74,6	68
Cota 98 - PWE Agua Pura U11 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	68,77	69,91	75,54	83,35	86,77	80,51	73,51
Cota 98 – Frente al Cuadro U11 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	68	68,22	72,85	77,83	77,2	68,89	56,69
Cota 98 – Regulador de Velocidad U11 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	66,38	71,5	76,21	79,32	75,34	68,05	61,1
Cota 98 – Galería de los TAU/TEP U11 (Operando)	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	68,24	70,3	72,09	73,41	69,9	63,08	53,42
Cota 108 - Transformador U10 Fase B	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	60,9	77,94	80	73,22	67,86	62,4	52
Cota 108 - Transformador U13 Fase A	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	60,06	78,58	79,19	75,23	69,38	63,17	54,08
Cota 144 - Exhaustor U04	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	73,1	76,16	80,23	81,11	74,1	67,24	58,15
Cota 144 - Exhaustor U08	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	73,95	78,56	82,06	85,58	78,47	73,29	65,45
Cota 214-CTM Bomba By Pass U06	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	66,25	81,43	88,21	87,92	82,13	78,17	78,54
Cota78 Acceso Rueda Turbina U06	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	77,11	80,03	81	80,53	74,97	67,39	56,33
Cota 78 Acceso Rueda Turbina U09	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	86,05	85,35	88,43	91,5	90,81	86,97	82,43
Cota98 Válvula. Motorizada. Agua Pura U10	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	73,72	79,16	82,29	92,89	95,56	90,24	84,2
Cota 98 – Regulador de Velocidad U04	**Hz**	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
	LAeq	75,25	77,81	79,24	79,27	75,71	70,7	63,12

En la TABLA 5.2 se indican los valores de LAeq por frecuencia obtenidos en las mediciones acústicas y que se utilizaron para evaluar el desempeño de los protectores auriculares. Son presentados apenas los casos en que LAeq son iguales o superiores a 85

dB(A) esto considerando que es valor límite de exposición para una jornada de 8 horas de trabajo y sin uso de protector auricular, según la norma NR15 del Brasil.

5.3- ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS PROTECTORES AURICULARES

Se utilizó la Norma DIN-EN458 para evaluar los protectores utilizados en la empresa, los cuales son de la Marca 3M fabricados en el Brasil y suministrados para su uso obligatorio por el personal que accede a la Casa de Máquinas, específicamente en los locales donde se tienen niveles de presión sonora iguales o mayores 85 dB(A).

5.3.1 COTA 78 ACCESO A LA RUEDA DE LA TURBINA U09

Este local corresponde al punto de acceso a la rueda de la turbina y donde permanecen por periodos de hasta 6 horas, en este caso de la unidad generadora número 9, 50 Hz de frecuencia. A seguir se evalúan cuantitativa y cualitativamente para este local los distintos tipos de protectores de uso en esta empresa.

TABLA 5.3 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ACOPLADOS AL CASCO – MARCA 3M TIPO 1450								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	86,05	83,35	88,43	91,50	90,81	86,97	82,43	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	15,80	21,00	28,30	29,30	30,20	38,60	38,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	70,25	62,35	60,13	62,20	60,61	48,37	43,53	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	72 dB(A)			Archivo:		0053	Equipo BK2260	

En la TABLA 5.3 se muestra una evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1450 tipo concha acoplados al casco, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1). A estos valores se le disminuyen las atenuaciones del protector indicados en la LINEA (2) dando como resultados en la LINEA (3) los valores de presión sonora por banda de octava, se verifica que la mayor protección se tiene en

frecuencias altas. El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 72 dB(A) este valor es inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15.

TABLA 5.4 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ACOPLADOS AL CASCO – MARCA 3M TIPO 1450	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
72 dB(A) entre la faja 70 – 74 dB(A)	ACEPTABLE
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.4 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo concha adherido al casco, para el personal que se aproxime al área de acceso de la rueda de la turbina de la U09 en la cota 78, como **aceptable**, es decir, son recomendables para el área, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.5 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN – MARCA 3M TIPO 1110								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	86,05	83,35	88,43	91,50	90,81	86,97	82,43	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	35,00	38,00	37,20	36,70	35,80	40,70	42,50	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	51,05	45,35	51,23	54,80	55,01	46,27	39,93	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	60 dB(A)			Archivo		0053	Equipo BK2260	

En la TABLA 5.5 se presenta la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1110 tipo espuma moldeable con cordón, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1). A estos valores se le disminuyen las atenuaciones del protector indicados en la LINEA (2) dando como resultados en la LINEA (3) los valores de presión sonora por banda de octava, se verifica que son de mayor protección en frecuencias bajas que del tipo concha (TABLA 5.3), mientras que en altas frecuencias tienen comportamiento similar. El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 60 dB(A) este valor es inferior a

85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15.

TABLA 5.6 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN – MARCA 3M TIPO 1110	
PROTECTORES AURICULARES-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
Calculado.60 dB(A) entre la faja <70dB(A)	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.6 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo espuma moldeable con cordón, para el personal que se aproxime al área de acceso de la rueda de la turbina de la U09 en la cota 78, como **muy elevado**, es decir, la protección ejercida por este tipo de protector para el área es muy elevada, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local. En estos casos dificulta la conversación normal y las personas en dicha situación hemos verificado que se quita el protector para mejorar la conversación.

TABLA 5.7 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA O PREMOLDEADO CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1271								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	86,05	83,35	88,43	91,50	90,81	86,97	82,43	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	30,20	30,70	31,40	31,50	35,20	37,80	43,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	55,85	52,65	57,03	60,00	55,61	49,17	38,53	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	64 dB(A)			Archivo:		0053	Equipo BK2260	

En la TABLA 5.7 se presenta la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1271 tipo silicona con cordón, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1). A estos valores se le disminuyen las atenuaciones del protector indicados en la LINEA (2) dando como resultados en la LINEA (3) los valores de presión sonora por banda de octava, se verifica que son de mejor protección en frecuencias bajas, teniendo mejor desempeño para la frecuencia de 250 Hz. El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 64 dB(A)

este valor es inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15.

TABLA 5.8 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA O PREMOLDEADO CON CORDÓN – MARCA 3M TIPO 1271	
PROTECTORES AURICULARES-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
Calculado.64 dB(A) entre la faja <70dB(A)	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.8 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo silicona con cordón, para el personal que se aproxime al área de acceso de la rueda de la turbina de la U09 en la cota 78, como **muy elevado**, es decir, la protección ejercida por este tipo de protector para el área es muy elevada, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.9 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPÓN CON ARCO USANDO EN LA NUCA – MARCA 3M TIPO 1310								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	86,05	83,35	88,43	91,50	90,81	86,97	82,43	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	21,60	20,90	23,00	24,50	34,00	40,70	46,20	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	64,45	62,45	65,43	67,00	56,81	46,27	36,23	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	72 dB(A)			Archivo:		0053	Equipo BK2260	

En la TABLA 5.9 se presenta la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1310 tipo tapones con arco, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1). A estos valores se le disminuyen las atenuaciones del protector indicados en la LINEA (2) dando como resultados en la LINEA (3) los valores de presión sonora por banda de octava, se verifica que son de desempeño similar a los del tipo concha, teniendo mejor desempeño para la frecuencia de 8.000 Hz. El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 72 dB(A) este valor es inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas

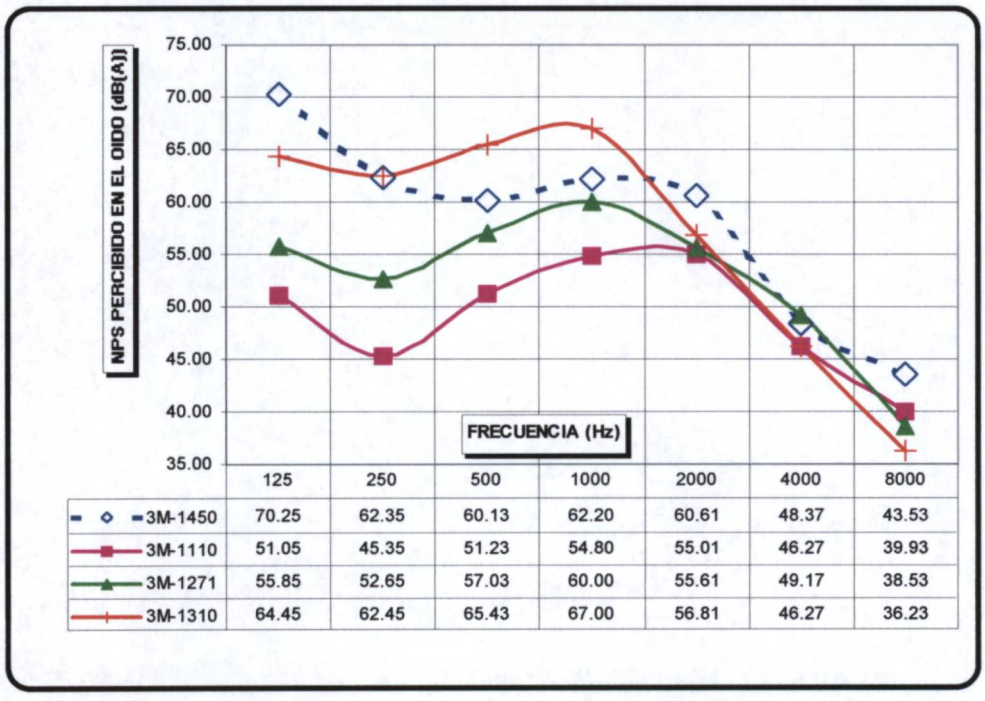
de trabajo según NR15.

TABLA 5.10 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPONES CON ARCO MARCA 3M TIPO 1310	
PROTECTORES AURICULARES-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
Calculado.72 dB(A) entre la faja 70 – 74 dB(A)	ACEPTABLE
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.10 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo tapones con arco usando en la nuca, para el personal que se aproxime al área de acceso de la rueda de la turbina de la U09 en la cota 78, como **aceptable**, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

FIGURA 5.1 - EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS PROTECTORES AURICULARES SEGÚN NORMA DIN-EN458



	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3M-1450	70.25	62.35	60.13	62.20	60.61	48.37	43.53
3M-1110	51.05	45.35	51.23	54.80	55.01	46.27	39.93
3M-1271	55.85	52.65	57.03	60.00	55.61	49.17	38.53
3M-1310	64.45	62.45	65.43	67.00	56.81	46.27	36.23

La FIGURA 5.1 permite observar el desempeño de cada tipo de protector auricular en cada banda de octava para el local específico cota 78 accesos a la rueda de la turbina U09, siendo similares en altas frecuencias mientras que para bajas frecuencias los

tipos espuma moldeable y silicona con cordón presentan comportamientos aproximados.

La voz humana, (EVEREST, 2001) varia entre 170 Hz a 4.000 Hz y el nivel de presión sonora entre 40 y 80 dB(A), por tanto los protectores tipo concha y tipo tapones con arco facilitan mas la comunicación en este local. Este se deduce de la evaluación cualitativa, mientras que los protectores tipo espuma y de silicona o premoldeado presentan una protección muy elevada dificultando la comunicación entre trabajadores.

5.3.2 COTA 92 ACCESO A LA TURBINA U06

Este local corresponde al punto de acceso a la caja espiral de la turbina, en este caso de la unidad generadora número 6, 50 Hz de frecuencia. Personal de área civil y mecánica acceden a este lugar durante los mantenimientos.

TABLA 5.11 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ACOPLADAS AL CASCO – MARCA 3M TIPO 1450								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	70,63	73,31	76,73	79,66	82,13	73,3	63,69	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	15,80	21,00	28,30	29,30	30,20	38,60	38,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	54,83	52,31	48,43	50,36	51,93	34,70	24,79	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	59	dB(A)		Archivo:	0005	EQUIPO BK2260		

En la TABLA 5.11 se realiza una evaluación cuantitativa del protector auricular modelo 3M 1450 para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, cálculos similares a la TABLA 5.3, resultando el nivel de presión sonora percibido por el oído igual a 59 dB(A), valor muy inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15

TABLA 5.12 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR TIPO CONCHA ACOPLADOS AL CASCO MARCA 3M TIPO 1450	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
59 dB(A) <70	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

Según el resultado, TABLA 5.12, de la aplicación de la Norma DIN-EN458, la protección suministrada por el protector auricular tipo concha adherido al casco, para el personal ejecutando mantenimiento en la turbina de la U06 cota 92, es muy elevado, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.13 - EVALUACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN – MARCA 3M TIPO 1110								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	70,63	73,31	76,73	79,66	82,13	73,30	63,69	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	35,00	38,00	37,20	36,70	35,80	40,70	42,50	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	35,63	35,31	39,53	42,96	46,33	32,60	21,19	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	49	dB(A)		Archivo:	0005	EQUIPO BK2260		

En la TABLA 5.13 se presenta una evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1110 para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260 e indicados en la LINEA (1), los cálculos son efectuados como en la TABLA 5.5. El NPS resultante obtenido de la suma logarítmica es 49 dB(A), menor en 10 dB(A) al protector 3M 1450 implicando mejor protección. La protección obtenida cumple con la norma NR 15 de 85 dB(A) para jornadas de 8 horas.

TABLA 5.14 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1110	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
49 dB(A) <70	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

Según el resultado de la aplicación de la Norma DIN-EN458, la protección suministrada por el protector auricular tipo espuma moldeable y con cordón, para el personal ejecutando mantenimiento de la turbina de la U06 en la cota 92, es muy elevado, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.15 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA O PREMOLDEADO CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1271								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	70,63	73,31	76,73	79,66	82,13	73,30	63,69	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	30,20	30,70	31,40	31,50	35,20	37,80	43,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	40,43	42,61	45,33	48,16	46,93	35,50	35,50	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	53 dB(A)			Archivo:		0005	Equipo BK2260	

En la TABLA 5.15 se presenta la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1271 tipo silicona o premoldeado con cordón, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1) los cálculos son efectuados como en la TABLA 5.7. El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 53 dB(A) este valor es inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15.

TABLA 5.16 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA O PREMOLDEADO CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1271	
PROTECTORES AURICULARES-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
Calculado.53 dB(A) <70dB(A)	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.16 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo silicona con cordón, para el personal que se aproxime al área de acceso a la turbina de la U06 en la cota 92, como **muy elevado**, es decir, la protección ejercida por este tipo de protector para el área es excesiva, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.17 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPÓN CON ARCO USANDO EN LA NUCA – MARCA 3M TIPO 1310								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	70,63	73,31	76,73	79,66	82,13	73,30	63,69	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	21,60	20,90	23,00	24,50	34,00	40,70	46,20	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	49,03	52,41	53,73	55,16	48,13	32,60	17,49	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	59 dB(A)			Archivo:		0005	Equipo BK2260	

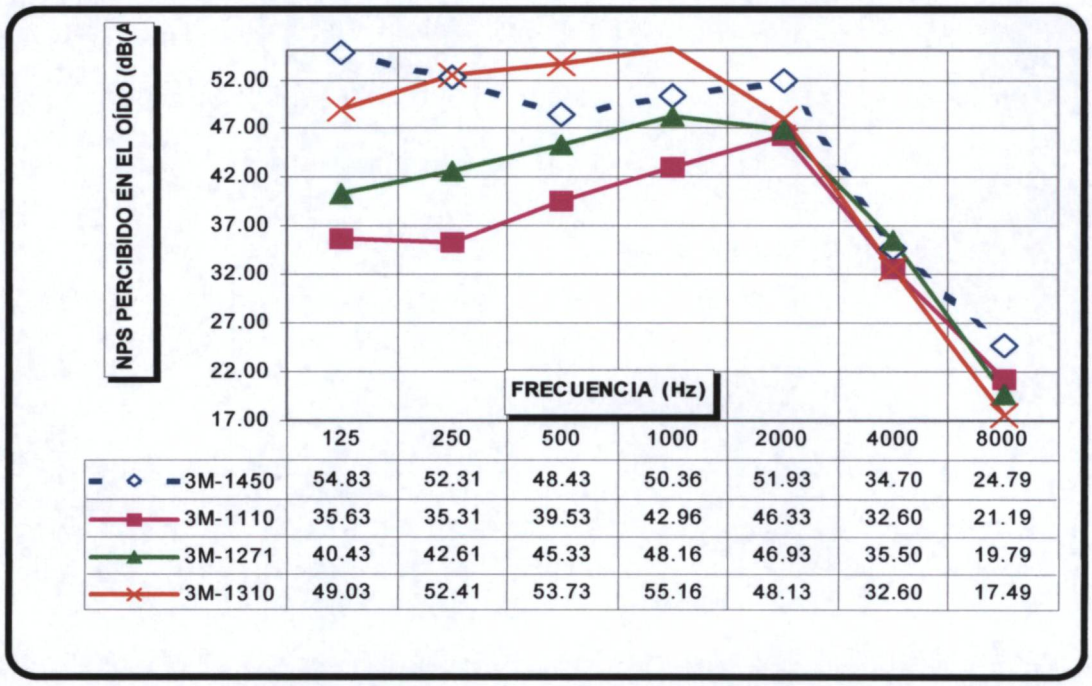
En la TABLA 5.17 se presenta la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1310 tipo tapones con arco, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1). A estos valores se le disminuyen las atenuaciones del protector indicados en la LINEA (2) dando como resultados en la LINEA (3) los valores de presión sonora por banda de octava. El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 59 dB(A) este valor es inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15.

TABLA 5.18 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPONES CON ARCO MARCA 3M TIPO 1310	
PROTECTORES AURICULARES-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
Calculado.59 dB(A) < 70 dB(A)	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.18 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo tapones con arco usando en la nuca, para el personal que se aproxime al área de acceso a la turbina de la U06 en la cota 92, como **muy elevada**, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

FIGURA 5.2 - EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS PROTECTORES AURICULARES



	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3M-1450	54.83	52.31	48.43	50.36	51.93	34.70	24.79
3M-1110	35.63	35.31	39.53	42.96	46.33	32.60	21.19
3M-1271	40.43	42.61	45.33	48.16	46.93	35.50	19.79
3M-1310	49.03	52.41	53.73	55.16	48.13	32.60	17.49

En la FIGURA 5.2 se observan los tipos de protectores auriculares de uso en el local en estudio, cota 92 acceso a la turbina de la U06, nótese el comportamiento similar de los protectores para frecuencias altas, en las frecuencias bajas se notan la diferencia de comportamiento, siendo mayores las protecciones en los tipos 3M 1110 y 1310, sin embargo, no es recomendable una protección excesiva para no dificultar la conversación entre trabajadores.

5.3.3 COTA 92 BOMBA DRENAJE DE LA U07

TABLA 5.19 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ACOPLADAS AL CASCO – MARCA 3M TIPO 1450								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	76,94	80,03	78,49	76,31	72,50	66,19	54,48	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	15,80	21,00	28,30	29,30	30,20	38,60	38,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	61,14	59,03	50,19	47,01	42,30	27,59	15,58	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	64	dB(A)	Archivo:		0008	EQUIPO BK2260		

En la TABLA 5.19 se evalúa el desempeño del protector 3M 1450 cuando el

personal realiza una inspección y/o mantenimiento de la bomba drenaje U07, los cálculos son efectuados en forma similar a los casos más arriba indicados, el valor LAeq = 64 dB(A) resultante cumple con la norma NR15. Análisis cualitativo según la norma alemana DIN-EN458 se ven en la TABLA 5.20:

TABLA 5.20 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR TIPO CONCHA ACOPLADOS AL CASCO MARCA 3M TIPO 1450	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
64 dB(A) <70 dB(A)	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

Del análisis cualitativo de la protección obtenida con el protector auricular modelo 3M 1450 resulta ser muy elevado, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.21 - EVALUACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN – MARCA 3M TIPO 1110								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	76,94	73,31	76,73	79,66	82,13	73,30	63,69	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	35,00	38,00	37,20	36,70	35,80	40,70	42,50	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	41,94	42,03	41,29	39,61	36,70	25,49	11,98	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	48	dB(A)		Archivo:	0008	EQUIPO BK2260		

En la TABLA 5.21 se presenta una evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1110 para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260 e indicados en la LINEA (1), los cálculos son efectuados como en la TABLA 5.5. El NPS resultante obtenido de la suma logarítmica es 48 dB(A), la protección obtenida cumple con la norma NR 15 de 85 dB(A) para jornadas de 8 horas.

TABLA 5.22 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1110	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
48 dB(A) <70	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

Según el resultado de la aplicación de la Norma DIN-EN458, la protección suministrada por el protector auricular tipo espuma moldeable y con cordón, para el personal ejecutando mantenimiento o inspeccionando la bomba drenaje U07 en la cota 92, es muy elevado, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.23 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA O PREMOLDEADO CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1271								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	76,94	80,03	78,49	76,31	72,50	66,19	54,48	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	30,20	30,70	31,40	31,50	35,20	37,80	43,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	46,74	49,33	47,09	44,81	37,30	28,39	10,58	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	53 dB(A)			Archivo:		0008	Equipo BK2260	

En la TABLA 5.23 se presenta la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1271 tipo silicona o premoldeado con cordón, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1) los cálculos son efectuados como en la TABLA 5.7. El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 53 dB(A) este valor es inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15.

TABLA 5.24 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1271

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA O PREMOLDEADO CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1271	
PROTECTORES AURICULARES-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
Calculado.53 dB(A) <70dB(A)	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.24 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo silicona con cordón, para el personal que ejecuta mantenimiento o inspección en el área de la bomba de drenaje de la U07 en la cota 92, resultando como **muy elevado**, es decir, la protección ejercida por este tipo de

protector para el área es excesiva, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

TABLA 5.25 - EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPÓN CON ARCO USANDO EN LA NUCA – MARCA 3M TIPO 1310								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (LAeq)	76,94	80,03	78,49	76,31	72,50	66,19	54,48	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	21,60	20,90	23,00	24,50	34,00	40,70	46,20	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	55,34	59,13	55,49	51,81	38,50	25,49	8,28	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	62 dB(A)			Archivo:		0008	Equipo BK2260	

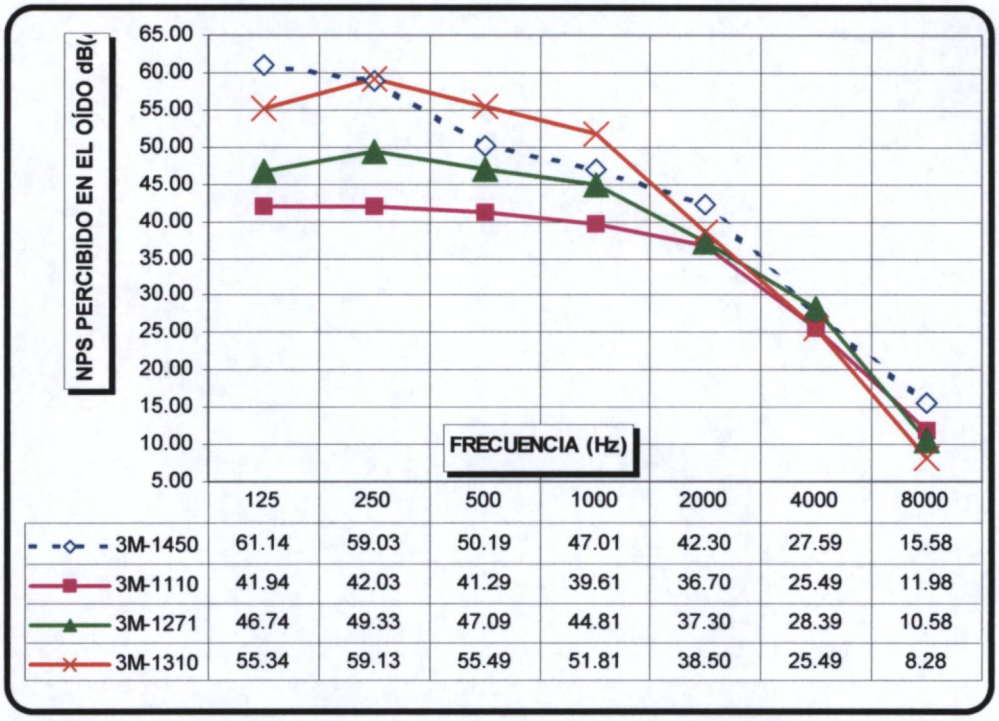
En la TABLA 5.25 se presenta la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1310 tipo tapones con arco, para la banda de octava obtenida de las mediciones acústicas con el instrumento BK2260, tabuladas en la TABLA 5.2, conforme se indica en la LINEA (1). El Nivel de Presión Sonora resultante obtenido de la suma logarítmica como se explicó en 2.7.2, se obtiene 62 dB(A) este valor es inferior a 85 dB(A) valor límite de riesgo auditivo para 8 horas de jornadas de trabajo según NR15.

TABLA 5.26 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1310

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO TAPONES CON ARCO MARCA 3M TIPO 1310	
PROTECTORES AURICULARES-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
Calculado.62 dB(A) < 70 dB(A)	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

En la TABLA 5.26 se aplica la Norma DIN-EN458 resultando la protección suministrada por el protector auricular tipo tapones con arco usando en la nuca, para el personal que ejecuta mantenimiento o inspección en el área de la bomba de drenaje de la U07 en la cota 92, como **muy elevada**, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local.

FIGURA 5.3 - EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS PROTECTORES AURICULARES



	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3M-1450	61.14	59.03	50.19	47.01	42.30	27.59	15.58
3M-1110	41.94	42.03	41.29	39.61	36.70	25.49	11.98
3M-1271	46.74	49.33	47.09	44.81	37.30	28.39	10.58
3M-1310	55.34	59.13	55.49	51.81	38.50	25.49	8.28

En la FIGURA 5.3 se representan los desempeños de cada tipo de protector analizado caso sea utilizado en el mantenimiento o inspección de la bomba de drenaje de la cota 92. Los cuatro tipos de protectores presentan similar comportamiento para la banda de octavas entre 2.000 y 8.000 Hz, mientras que en la banda de baja frecuencia los protectores 3M 1310 y 1450 presentan comportamiento comparable de menor aislación al ruido para el oído en comparación a los otros dos protectores tipo 3M 1271 y 1110, estos son de desempeños análogos. En los tres casos analizados en las FIGURAS 5.1 – 5.2 y 5.3 se observan comportamientos análogos de los protectores, caracterizándose los tipos 1271 y 1110 como de mejor desempeño para bajas frecuencias.

5.3.4 COTA 98 REGULADOR DE VELOCIDAD U11

VIEJO y ALONSO (1977) expresan que las turbinas Francis cuentan con válvula y regulador de velocidad a base de presión que permite el arranque manual y automático, cada turbina cuenta con tablero de control donde se leen las presiones aguas

arriba y aguas abajo de la válvula. En estos locales se efectúan inspecciones y mantenimientos durante las paradas programadas siendo por tanto evaluados estos a seguir:

TABLA 5.27 - EVALUACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ACOPLADAS AL CASCO – MARCA 3M TIPO 1450								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	66,38	71,50	76,21	79,32	75,34	68,05	61,10	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	15,80	21,00	28,30	29,30	30,20	38,60	38,90	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	50,58	50,50	47,91	50,02	45,14	29,45	22,20	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	56	dB(A)	Archivo:		0013	EQUIPO BK2260		

En la TABLA 5.27 se tiene una evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1450 para la banda de octava, en la LINEA (3), se tiene los valores de NPS por banda de octava resultante de usar el protector y se deduce que también este local la protección es mayor protección en frecuencias altas. El NPS resultante obtenido de la suma logarítmica de 56 dB(A) la evaluación cualitativa según la norma DIN-EN458, a seguir en la TABLA 5.28:

TABLA 5.28 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1450

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR TIPO CONCHA ACOPLADOS AL CASCO MARCA 3M TIPO 1450	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
56 dB(A) <70	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

Según el resultado de la Norma DIN-EN458, la protección obtenida por el protector auricular tipo concha adherido al casco, para el personal ejecutando inspección o efectuando mantenimiento frente al Regulador de Velocidad de la U11 en la cota 98, es **muy elevado**, resaltando que si se utiliza correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia o circulación por el local. El valor de LAeq es de 56 dB(A) al utilizar el protector tipo 3M 1450, una conversación normal tiene LAeq de 60 dB(A), es decir el grado de protección obtenido dificulta ña conversación normal lo que motiva a las personas a no usar el protector o a quitar un lado para mejorar la comunicación.

TABLA 5.29 - EVALUACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110 POR BANDAS DE OCTAVA

PROTECTOR AUDITIVO TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1110								
FRECUENCIA BANDA DE OCTAVA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NIVELES SONORO EN EL AMBIENTE (Laeq)	66,38	71,50	76,21	79,32	75,34	68,05	61,10	LINEA (1)
ATENUACIÓN MEDIA (FABRICANTE)	35,00	38,00	37,20	36,70	35,80	40,70	42,50	LINEA (2)
SUSTRACCIÓN LINEA(1) DE LA LINEA(2)	31,38	33,50	39,01	42,62	39,54	27,35	18,60	LINEA (3)
LAeq = SUMA NIVELES SONOROS LINEA (3)	46	dB(A)	Archivo:		0013	EQUIPO BK2260		

En la TABLA 5.29 se tiene la evaluación cuantitativa del protector modelo 3M 1110 cuando se circula o permanece en la cota 98 próximo al Regulador de Velocidad de la U11 (60Hz). El valor obtenido de LAeq de 46 dB(A) cumple con la norma NR 15 en cuanto al límite de riesgo auditivo. La evaluación cualitativa a seguir según la norma DIN-EN458:

TABLA 5.30 - EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO 3M 1110

CLASIFICACIÓN DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN MARCA 3M TIPO 1110	
PROTECTORES AUDITIVOS-RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN, UTILIZACIÓN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO-EDICIÓN MARZO 1994	
NIVEL SONORO EFECTIVO (*) dB(A)	PROTECCIÓN SUMINISTRADA POR PROTECTOR
46 dB(A) <70	MUY ELEVADO
(*) NIVEL PERCIBIDO POR EL TRABAJADOR CON USO DEL PROTECTOR	

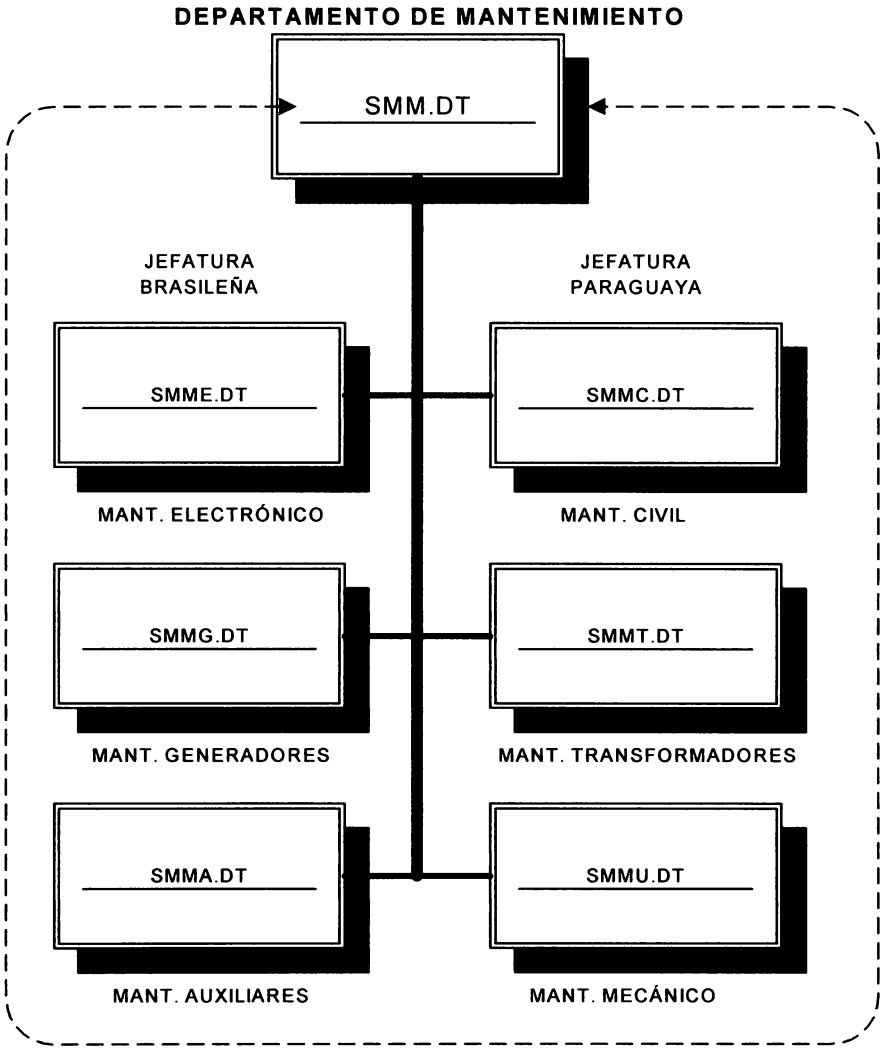
Según el resultado de la aplicación de la Norma DIN-EN458, la protección suministrada por el protector auricular tipo espuma moldeable y con cordón, para el personal ejecutando inspección o trabajando próximo al Regulador de Velocidad de la U11 en la cota 98, es **muy elevado**, siempre y cuando se utilice correctamente el protector y durante todo el tiempo de permanencia en el local o de circulación. Protecciones muy elevadas tienden a que el usuario no quiera usar el protector con el objetivo de mejorar su comunicación.

5.4- EVALUACIÓN DE LOS GRUPOS DE TRABAJO

5.4.1 - INTRODUCCIÓN

Los mantenimientos de las unidades generadoras son realizados por las divisiones de mantenimiento siguientes:

FIGURA 5.4 – ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO



El Departamento de Mantenimiento es responsable de efectuar los trabajos de mantenimientos de todas las instalaciones y equipos de la Central Hidroeléctrica. Para cumplir con ese objetivo cuenta con seis divisiones, siendo tres de ellas con jefatura

Brasileña (SMME.DT, SMMG.DT y SMMA.DT) y tres con jefatura Paraguaya (SMMC.DT, SMMU.DT y SMMT.DT) como se muestra en la FIGURA 5.4

SMMG.DT: Ejecuta mantenimientos periódicos y aperiódicos del generador, turbina, sistema de excitación, sistema de regulación de velocidad, barra blindada de fases aisladas, sistema auxiliar de CA, equipos comunes a las Sub Unidades, sistema CO2 – Antiincendio de los generadores, sistema auxiliar CA común, central hidráulica de comando de las válvulas By-Pass, sistema de aire de estabilización en carga, Inspección en los recintos de los anillos colectores

SMMT.DT: Ejecuta mantenimiento periódicos y aperiódicos de transformadores elevadores, transformadores de la SEMD, transformadores de la Cota 144, transformadores del Grupo Diesel, GIS Cota 128.

SMMU.DT: Ejecuta mantenimiento de equipos mecánicos como: Turbina, regulador de velocidad, bombas, sistema de agua pura, taller mecánico, Torneria, calderería, toma de agua, central hidráulica de comando de las válvulas By-Pass, tuberías de aire, agua y aceite.

SMMC.DT: Ejecuta mantenimiento civil de todas las estructuras de hormigón, protección anticorrosiva de estructuras metálicas, carpintería, plomería, herrería, pintura predial.

SMME.DT: Ejecuta mantenimiento electro electrónico de equipos de protección y control de la central, equipos de regulación, elevación y transporte, registradores y sistemas antiincendio, equipos de comunicación.

Cada división de mantenimiento está formada por sectores cuyos trabajos son permanentes en cuanto al tipo de servicio, y la evaluación se realizó para aquellos sectores con mayor riesgo auditivo.

Según la Norma Reglamentadora N° 15 del Brasil, en su Anexo N° 1 presenta una tabla de Límites de Tolerancias para Ruido Continuo o Intermitente. Esta Norma establece para un Nivel de Ruido de 85 dB(A) el Máximo de Exposición Diaria Permitida en 8 horas. Además dispone que si el empleado queda expuesto a dos o más

ruidos de diferentes niveles durante una jornada de trabajo, se deba considerar los efectos combinados. El programa Protector Type 7825 permite considerar los efectos combinados sin necesidad de efectuar sumas fraccionadas y suministra la dosis total de los efectos combinados. La Norma NHO-01 también indica como Nivel de Ruido Límite al valor de 85 dB(A) para jornada de 8 horas. La diferencia entre ambas normas es que la NR15 considera un factor q = 5 (tasa duplicación de dosis) y la NHO-01 considera q = 3. Para todos los efectos en este trabajo se ha considerado q = 3, es decir, según la NHO-01 por cada aumento de 3 dB(A) de Nivel de Presión Sonora, el tiempo de Exposición permitido cae a la mitad. La NHO-01 considera 80 dB(A) como valor limite de detección y como faja de medición entre 80 y 115 dB(A), siendo NPS = 85 dB(A) a la dosis de 100%.

5.4.2 – DIVISIÓN DE MECÁNICA SMMU.DT

5.4.2.1 REGULADOR DE VELOCIDAD - CASO 1

En este caso se evalúa una situación normal de duración del Trabajo y sin uso del Protector Auricular, para verificar la dosis de exposición, siendo que, dosis representa el máximo porcentaje de energía que puede ser absorbido por el trabajador durante una jornada de 8 horas de trabajo sin que corra riesgo de pérdida auditiva.

FIGURA 5.5 – EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144,00 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - Regulador Velocidad U04	5:15:00	65.6	85.0	65.3
Cota 98 - Regulador Velocidad U11	0:50:00	10.4	89.4	28.5
Cota 98-Sala de Técnico en RV	0:45:00	9.38	72.7	0.55
Cota 214 - Sala de Técnico	0:55:00	11.5	64.9	0.11
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**95.6%**
Dosis resultante: 95.6%				

Cuando no se controla el tiempo de exposición del personal de mantenimiento y de verificarse que no se usa protector auricular, la dosis puede alcanzar valores de 95,6 % según el tiempo de exposición indicado (Duración). Siendo factores de riesgo cuando LAeq son superiores a 85 dB(A). Según las normas NR15 y NHO-01 la dosis límite es de 100% para LAeq = 85 dB(A) y 8 horas de jornada laboral, en este caso la dosis no ultrapasa el valor límite.

5.4.2.2 REGULADOR DE VELOCIDAD – CASO 2

Evaluación con Control del Tiempo de Exposición al Ruido y sin uso de Protector Auricular por el trabajador, efectuándose así la evaluación de ruido sobre los trabajadores utilizando el programa PROTECTOR 7825 de la B&K.

FIGURA 5.6 – EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO CON CONTROL DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144,00 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - Regulador Velocidad U04	5:15:00	65.6	85.0	65.3
Cota 98 - Regulador Velocidad U11	0:30:00	6.25	89.4	17.1
Cota 98-Sala de Técnico en RV	1:00:00	12.5	72.7	0.74
Cota 214 - Sala de Técnico	1:00:00	12.5	64.9	0.12
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**84.4%**
Dosis resultante: 84.4%				

El personal de mantenimiento al llegar de su casa por la mañana, se dirige a la cota 214 en su sala para organizar sus actividades. Pasando luego a la sala de la cota 98 de donde retira las herramientas pasa efectuar el mantenimiento. Se considera al regulador de velocidad de U04 en mantenimiento y el regulador de velocidad U11 en operación como representando a la prueba del regulador durante que se efectúa su mantenimiento, pero reduciendo a 30 min el tiempo máximo de exposición. Esta operación es realizada para verificar el funcionamiento y detectar situaciones de anormalidades.

La dosis obtenida según el programa PROTECTOR 7825 es de 84,4 %, siendo en un 15,6% menor al valor límite según las normas NR15 y NHO-01 para un tiempo de exposición al ruido o jornada laboral de 8 horas, por tanto no existe riesgo de pérdida auditiva debido a que se controla el tiempo máximo de exposición en aquella situación controlable, pero esto representa un riesgo extra, que es controlar al máximo el tiempo de exposición.

5.4.2.3 REGULADOR DE VELOCIDAD – CASO 3

En este caso, se evalúa la situación con Control de Exposición al Ruido por uso de Protector Auricular en las Áreas con LAeq > 85 dB(A).

FIGURA 5.7 – EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144,00 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - Regulador Velocidad U04	5:15:00	65.6	**62.0**	0.33
Cota 98 - Regulador Velocidad U11	0:50:00	10.4	**56.0**	0.013
Cota 98-Sala de Técnico en RV	0:45:00	9.38	72.7	0.55
Cota 214 - Sala de Técnico	0:55:00	11.5	64.9	0.11
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**2.1%**
Dosis resultante: 2.1%				



La dosis se reduce utilizando protectores auriculares, en la FIGURA 5.7 el protector utilizado es el tipo concha adherido al casco es utilizado en la cota 98 durante los trabajos de mantenimiento, por tanto los valores de LAeq son cambiados e utilizados los valores obtenidos 62,0 y 56,0 dB aplicando la Norma DIN-EN458 y colocándolos en el programa Protector 7825, con esto se reduce de 65,3% para 0,33% y de 17,1% para 0,013%, al final de la jornada la dosis total es de 2,1% con lo cual se elimina el riesgo de pérdida auditiva, visto que según normas NR15 y NHO-01 el valor límite es 100%.

En la FIGURA 5.8 se evalúa el mismo caso pero utilizando otro tipo de protector.

FIGURA 5.8 – EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO CON SITUACIÓN DE USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144,00 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - Regulador Velocidad U04	5:15:00	65.6	**48.0**	0.013
Cota 98 - Regulador Velocidad U11	0:50:00	10.4	**46.0**	0.001
Cota 98-Sala de Técnico en RV	0:45:00	9.38	72.7	0.55
Cota 214 - Sala de Técnico	0:55:00	11.5	64.9	0.11
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**1.8%**
Dosis resultante: 1.8%				



En este caso se evalúa la reducción de la dosis utilizando el protector tipo espuma moldeable en el local donde se ejecuta el mantenimiento. Se realiza la simulación en el programa Protector 7825 alterando los valores de LAeq y colocando los valores obtenidos según el análisis de protección para este protector conforme la Norma DIN-EN-458, es decir LAeq = 85 por 48,0 dB(A) produciendo una dosis de 0,013% para este valor y LAeq = 89,4 por 46,0 dB(A) produciendo una dosis de 0,001%, el total de dosis resultante es de 1,8% valor inferior a la límite según norma NR15 y NHO-01 que establece en 100%.

5.4.2.4 SISTEMA DE AGUA PURA – PWE – CASO 1

Situación normal de jornada de trabajo y sin uso de Protector Auricular, en esta situación se busca evaluar los efectos del ruido sobre el trabajador cuando no se toman medidas de protección.

FIGURA 5.9 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - QCG U11	1:00:00	12.50	90.6	44.9
Cota 92 - Bomba de drenaje de U07	1:00:00	12.50	88.9	31.0
Cota 214 - Sala de Técnico	0:50:00	10.40	64.9	0.10
Cota 115 - Sala de Técnico	0:55:00	11.50	67.4	0.20
Cota 98 - PWE U08	4:00:00	50.00	81.8	23.8
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**101.0%**
Dosis resultante: 101.0%				

Mantenimiento del Sistema de Agua Pura sin control del Tiempo de Exposición en las áreas con LAeq > 85 dB(A) y sin uso de protector auricular. .La rutina de trabajo implica llegada del personal a su sala donde verifica las actividades a ejecutar, permaneciendo por un periodo de 50 a 55 minutos, se dirige a la cota 92 bomba de drenaje para realizar el mantenimiento por un tiempo de 1 hora, se dirige a la cota 98 Cuadro de la U11 para efectuar mantenimiento por tiempo de 1 hora y luego en la cota 98 efectúa mantenimiento del PWE por un tiempo de 4 horas, de todo este circuito de actividades resulta una dosis de 101,0% siendo este superior a los valores límites establecidos por Normas NR15 y NHO-01

La reducción de la dosis puede ser controlando el tiempo de exposición en las áreas con LAeq > 85 dB(A) o utilizando protectores auriculares en las áreas con LAeq > 85 dB(A), a seguir estas evaluaciones.

5.4.2.5 SISTEMA DE AGUA PURA – PWE – CASO 2

Evaluación cuando se Controla el Tiempo de Exposición al Ruido y trabajador no usa el Protector Auricular, utilizando el programa Protector 7825 se simula la dosis variando la duración de la actividad como se indica en la FIGURA 5.10.

FIGURA 5.10 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO CON CONTROL DE TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - QCG U11	0:45:00	9.38	90.6	33.6
Cota 92 - Bomba de drenaje de U07	0:30:00	6.25	88.9	15.5
Cota 214-Sala de Técnico	0:30:00	6.25	64.9	0.061
Cota 115 - Sala de Técnico	1:00:00	12.50	67.4	0.22
Cota 98 - PWE U08	5:00:00	62.50	81.8	29.7
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**80.2%**
Dosis resultante: 80.2%				

Situación del personal de mecánica que ejecuta mantenimiento del sistema de Agua Pura, para el caso que se muestra si se limita el tiempo de exposición y de prueba de funcionamiento suponiendo que no usan protectores auriculares, la dosis se reduce a

80,2 %, valor aceptable según las normas NR15 y NHO-01 respecto a límite de exposición al ruido.

5.4.2.6 SISTEMA DE AGUA PURA – PWE – CASO 3

Situación de reducción de la dosis total por medio del control de exposición al ruido por el uso del protector auricular durante su permanencia en las Áreas con LAeq > 85 dB(A).

FIGURA 5.11 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN: USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - QCG U11	1:00:00	12.50	56.0	0.016
Cota 92 - Bomba de drenaje de U07	1:00:00	12.50	64.0	0.1
Cota 214-Sala de Técnico	0:50:00	10.40	64.9	0.10
Cota 115 - Sala de Técnico	0:55:00	11.50	67.4	0.20
Cota 98 - PWE U08	4:00:00	50.00	81.8	23.8
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**25.3%**
Dosis resultante: 25.3%				



En esta situación la dosis se controla utilizando el protector auricular tipo concha adherida al casco. En forma similar, se ejecutaron simulaciones en el programa Protector 7825 alterando los valores de LAeq de 90,6 a 56,0 dB(A) y de 88,9 a 64,0 dB(A), siendo que estos valores de 56,0 y 64,0 dB(A) son obtenidos según el análisis de protección de cada protector conforme la Norma DIN-EN458, para los locales donde se tienen LAeq > 85 dB(A). De la simulación se verifica que la dosis se reduce a 25,3 %.

Es importante verificar el correcto uso del protector para tener una certeza de protección.

A seguir se evalúa el caso del uso del protector tipo silicona o premoldeado con cordón (3M 1271):

FIGURA 5.12 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN: USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO SILICONA PREMOLDEABLE CON CORDÓN

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - QCG U11	1:00:00	12.50	49.0	0.0000
Cota 92 - Bomba de drenaje de U07	1:00:00	12.50	53.0	0.0000
Cota 214-Sala de Técnico	0:50:00	10.40	64.9	0.0010
Cota 115 - Sala de Técnico	0:55:00	11.50	67.4	0.0020
Cota 98 - PWE U08	4:00:00	50.00	81.8	0.24
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**25.2%**
Dosis resultante: 25.2%				



En esta situación la dosis se controla utilizando con el protector auricular tipo silicona premoldeado con cordón. En forma similar, son simulados en el programa Protector 7825 alterando los valores de LAeq y colocando los valores obtenidos según el análisis de protección de cada protector conforme la Norma DIN-EN458, para los locales donde se tienen LAeq > 85 dB(A). La dosis se reduce a 25,2 %. Las dosis en ambos casos son próximas, es decir el trabajador puede optar por cualquiera de los dos tipos 3M 1450 o 3M 1271 que recibirá la misma protección.

5.4.2.7 TURBINA – CASO 1

Situación normal de Duración de Trabajo y sin uso de Protector Auricular, se procura en este caso verificar la dosis total recibida por el trabajador cuando no se realiza ninguna medida protectora a fin de verificar los puntos críticos de exposición.

FIGURA 5.13 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3,13	80,4	1,08
Cota 108 - Sala de Técnicos	1:15:00	15,62	90,6	1,19
Cota 92 - Turbina de U06	6:30:00	81,25	88,9	267,8
TOTAL	**8:00:00**	**100,00**		**270,1%**
Dosis resultante: 270.1%				

En este caso se evalúa los trabajos de mantenimiento de la turbina por el grupo de mecánicos, área en estudio es la cota 92 y galería de acceso a la turbina para ejecutar el mantenimiento durante parada de la unidad, donde se tiene un tiempo de exposición promedio de 6 horas 30 minutos e incluso en ocasiones mayores, suponiendo que no usan el protector auricular, lo cual fue observado durante las mediciones acústicas. La dosis calculada por medio del programa Protector 7825 alcanza valor de 270,1 %, valor muy superior al límite permitido por las normas NR15 y NHO-01, es decir a 100%.

En este caso no se puede evaluar la posibilidad de reducir la duración de la jornada y sin uso de protector debido a que el tipo de servicio no permite realizarlo en varios días sino por el contrario, en general se realizan en mayor cantidad de hora por día con el objetivo de acortar los plazos de mantenimientos. Por este motivo se evaluaron los casos de uso de protectores auriculares.

5.4.2.8 TURBINA – CASO2

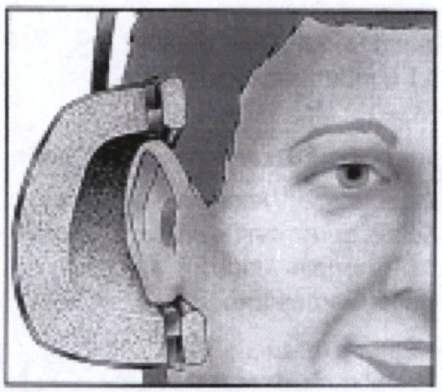
Situación con Control de Exposición al Ruido por uso de Protector Auricular en las Áreas con LAeq > 85 dB(A)

FIGURA 5.14 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3,13	80,4	1,08
Cota 98 - QCG U11	1:15:00	15,62	73,8	1,19
Cota 92 - Bomba de drenaje de U07	6:30:00	81,25	59,0	0,20
TOTAL	**8:00:00**	**100,0**		**2,47%**
Dosis resultante: 2.47%				



FIGURA 5.15 – ESQUEMA DE USO DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA



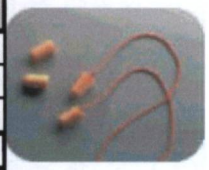


FUENTE: BGR 194 (1998)

Considerando el control de la dosis utilizando protector auricular tipo concha adherida al casco. Para verificar la dosis se efectuó simulación en el programa Protector 7825 alterando el valor de LAeq y colocando el valor obtenido según el análisis de protección de cada protector conforme la Norma DIN-EN458, para el local donde se tiene LAeq > 85 dB(A). La dosis se reduce a 2,47 % con el uso del protector auricular, esto se cumple siempre y cuando se utilice correctamente el protector conforme estable el fabricante y estando el protector en buen estado de conservación y mantenimiento, como se muestra en la FIGURA 5.15, debe cubrir totalmente a la oreja.

FIGURA 5.16 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE CON CORDÓN

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - QCG U11	1:15:00	15.62	73.8	1.19
Cota 92 - Bomba de drenaje de U07	6:30:00	81.25	49.0	0.02
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**2.29%**
Dosis resultante: 2.29%				



En el caso del control de la dosis utilizando protector auricular tipo espuma moldeable con cordón. Se evalúa la dosis efectuando simulación en el programa Protector 7825 alterando el valor de LAeq y colocando el valor obtenido según el análisis de protección de cada protector conforme la Norma DIN-EN458, para los locales donde se tienen LAeq > 85 dB(A). La dosis se reduce a 2,29 %, haciendo la salvedad que esta

dosis se reduce solo y exclusivamente si se utiliza correctamente el protector conforme estable el fabricante como se muestra en la FIGURA 5.17, además debe estar el protector en buen estado de conservación y mantenimiento, en caso de estar sucio debe ser cambiado para evitar ingreso de bacteria u otras sustancias dañinas al oído interno.

FIGURA 5.17 – ESQUEMA DE USO DEL PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA



FUENTE: BGR 194 (1998)

5.4.2.9 BOMBA DE COMPUERTA DE LA TOMA DE AGUA – CASO 1

En la cota 214 se encuentran las bombas que accionan la Compuerta de la Toma de Agua, a estas bombas se ejecutan mantenimientos períodicos en cada parada de unidad generadora. Durante el mantenimiento se efectuan pruebas de funcionamiento, esta condición es evaluada, pues se considera bomba parada y bomba funcionando la cual produce ruido con LAeq = 92,4 dB(A). Inicialmente se verifica la situación Normal de Duración de Trabajo y sin uso de Protector Auricular.

FIGURA 5.18 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 214 - Sala de Técnico	1:15:00	15.62	64.9	0.15
Cota 214 - CTM bomba parada	5:00:00	62.50	67.0	1.00
Cota 214 - CTM bomba funcionando	1:30:00	18.75	92.4	104.0
TOTAL	**8:00:00**	**100.00**		**106.2%**
Dosis resultante: 106.2%				

En la FIGURA 5.18 se presenta la evaluación del personal que ejecuta el mantenimiento de la bomba CTM, la rutina consiste en: llega el personal a la sala en la cota 214 y programa sus actividades luego procede al mantenimiento de la bomba estando esta parada y ejecuta las pruebas de funcionamiento.

Como en todos los casos, el grupo de mantenimiento es estable y ejecuta siempre el mismo tipo de servicio este personal está sujeto a riesgos debido a que la dosis encontrada es de 106,2 % si no se usa protector auricular. Seguidamente se evalúan la eliminación del riesgo utilizando protectores auriculares.

5.4.2.10 BOMBA DE COMPUERTA DE LA TOMA DE AGUA – CASO 2

Situación con de Control de Exposición al Ruido por uso de Protector Auricular en las Áreas con LAeq > 85 dB(A)

FIGURA 5.19 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO

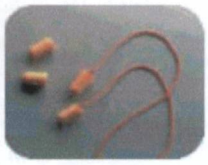
Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 214 - Sala de Técnico	1:15:00	15.62	64.9	0.15
Cota 214 - CTM bomba parada	5:00:00	62.50	67.0	1.00
Cota 214 - CTM bomba funcionando	1:30:00	18.75	65.0	0.19
TOTAL	**8:00:00**	**100.00**		**2.42%**
Dosis resultante: 2.42%				



Considerándose el control de exposición al ruido utilizando protectores auriculares, se tienen para: a) protector tipo concha adherido al casco FIGURA 5.19, y b) protector de espuma con cordón FIGURA 5.20, aplicando el mismo criterio explicado anteriormente, se tienen dosis reducidas, garantizando la salud del empleado. En ambos casos se reducen las dosis si se utiliza correctamente el protector y durante todo el tiempo de exposición al ruido.

FIGURA 5.20 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 214 - Sala de Técnico	1:15:00	15.62	64.9	0.15
Cota 214 - CTM bomba parada	5:00:00	62.50	67.0	1.00
Cota 214 - CTM bomba funcionando	1:30:00	18.75	55.0	0.019
TOTAL	**8:00:00**	**100.00**		**2.25%**
Dosis resultante: 2.25%				



5.4.3 – DIVISIÓN DE TRANSFORMADORES SMMT.DT

5.4.3.1 TRANSFORMADOR - CASO 1

En la galería de transformadores cota 108 (FIGURA 5.21) se tienen instaldos los 54 transformadores elevadores, cada transformador es monofásico, por tanto cuando para un generador para mantenimiento, se tienen tres transformadores parados. Debido a la estructura cerrada de la galeria existe concentración de ruido. En la situación inicial se considera el caso de jornada laboral normal de duración y sin uso de Protector Auricular con el objetivo de verificar los riesgos probable de exposición al ruido durante el mantenimiento de los transformadores, y en función a eso evaluar los metodos de protección mas adecuados.

FIGURA 5.21 TRANSFORMADOR U13 FASE A 60 HZ

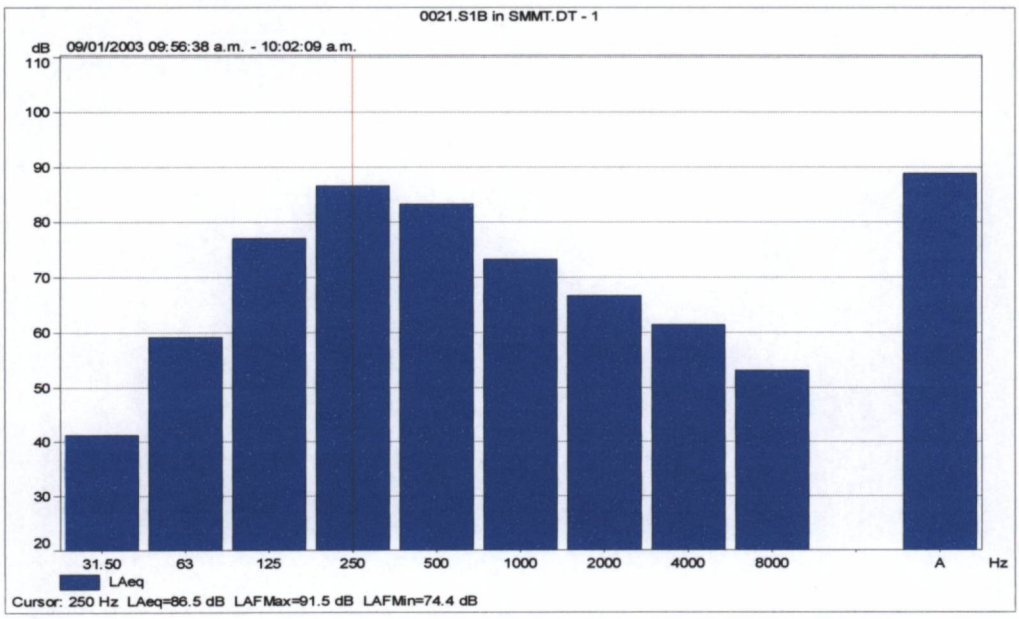


FIGURA 5.22 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 139 - Sala de Técnico	0:45:00	9.38	57.2	0.016
Cota 108 - Transformador U10 Fase B	0:30:00	6.25	88.8	15.1
Cota 108 - Transformador U06 Fase R	6:30:00	81.30	81.0	32.4
TOTAL	**8:00:00**	**100.06**		**48.6%**
Dosis resultante: 48.6%				

En este caso se trata de la galería de transformadores elevadores donde se tienen LAeq mayores a 85 dB(A) enfrente a los transformadores en funcionamiento, y como en este local solo se tienen tres accesos desde las Salas de Control Localizado, por lo cual se debe caminar durante un periodo aproximado de 15 min de ida y 15 min de vuelta frente a los transformadores en funcionamiento hasta llegar al transformador en mantenimiento, en este caso el transformador de la U06. En la FIGURA 5.22 se presenta la evaluación realizada con el programa Protector 7825. El valor de la dosis encontrado fue de 48,6% que resulta menor al valor límite de 100% según las normas NR15 y NHO-01. A pesar de que la dosis calculada es de 48,6 % es obligatorio el uso de protectores auriculares por encontrarse locales próximos con LAeq > 85 dB(A),

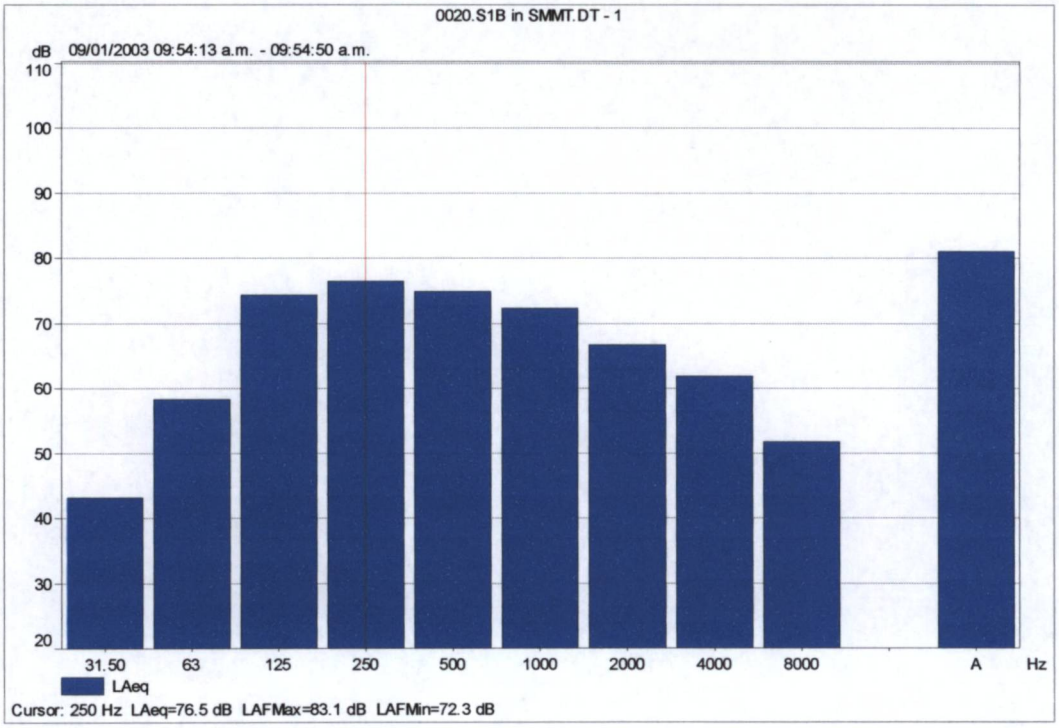
FIGURA 5.23 – BANDAS DE OCTAVAS MEDIDOS EN LA COTA 108 – TRANSFORMADOR U10 FASE B (EN FUNCIONAMIENTO)



En la FIGURA 5.23 se muestra el espectro de bandas de octavas medidas en la galería enfrente a un transformador funcionando notándose que son las bajas frecuencias las predominantes cuyos efectos son estresantes en el trabajador y debido a las características de la galería y al tipo de onda, se propagan a gran distancia afectando al personal que se encuentra en dicha galería.

En la siguiente FIGURA 5.24 que se trata de un transformador en mantenimiento, pero puede notarse la influencia de la baja frecuencia predominante que proviene de los otros transformadores.

FIGURA 5.24 – BANDAS DE OCTAVAS MEDIDOS EN LA COTA 108 – TRANSFORMADOR U06 FASE R (EN MANTENIMIENTO)



En la FIGURA 5.24 se constata las frecuencias predominantes, siendo las bajas cuyas longitudes de ondas son largas por lo cual viajan a gran distancia, ejerciendo influencia en toda la galería, cuya estructura encajonada y de paredes de hormigón facilitan su propagación del ruido

5.4.3.2 SUB ESTACIÓN BLINDADA A GAS SF6 - CASO 1

El grupo de trabajadores responsables por el mantenimiento de la sub estación a gas es permanente debido al grado de especialización necesario. Cuentan con oficinas proximas a las barras de la subestación. Se evaluó la situación normal de duración de trabajo y sin uso de Protector Auricular, para verificar las condiciones normales existentes.

FIGURA 5.25 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 128 - Sala de Técnico	1:45:00	21.9	67.2	0.37
Cota 128 - BARRA DE GIS U12	6:00:00	75.0	79.8	22.6
TOTAL	**8:00:00**	**100.03**		**24.0%**
Dosis resultante: 24.0%				

De todas las áreas de mantenimiento esta fue la de menor efecto del ruido por tratarse de una sub estación blindada y aislada con gas SF6, los valores de LAeq encontrados fueron inferiores a 85 dB(A) por tanto no se realizaron simulaciones con el programa Protector 7825 para calcular tiempos máximos de exposiciones dado que la dosis encontrada fue de 24,0 %.

5.4.4 – DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO DE GENERADORES SMMG.DT

5.4.4.1 PANELES DEL GENERADOR – CASO 1

Fue evaluado trabajos de mantenimiento de los paneles correspondientes a los generadores en situación normal de duración de Trabajo y sin uso de Protector Auricular, en su mayoria los miembros de este grupo de trabajo utilizan radios para comunicarse, motivo por el cual no utilizan protectores auriculares, según entrevista con ellos, esto es debido a que dificulta la comunicación. En la FIGURA 5.26 se presenta la evaluación del

local, utilizando el programa Protector 7825.

FIGURA 5.26 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - Panel UMC U06	4:00:00	50.0	83.9	38.8
Cota 139 - Sala de Técnico	0:45:00	9.38	68.3	0.20
Cota 98 - TAU/TEP U09	3:00:00	37.5	84.3	32.1
TOTAL	**8:00:00**	**100.01**		**72.20%**
Dosis resultante: 72.2%				

Grupo de mantenimiento de generadores, para cuyas áreas de trabajos no se detectaron valores de riesgo resultantes, Según la FIGURA 5.26 la dosis resultante es de 72,2% inferior al 100% y el mayor valor de Laeq es de 83,9 dB(A), cuyo valor es inferior al valor límite de exposición al ruido de85 dB(A) según las normas NR15 y NHO-01, en consecuencia no es necesario evaluar el uso de protectores auriculares.

5.4.5 – DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO ELECTRO ELECTRÓNICA SMME.DT

5.4.5.1 SISTEMAS ELECTRONICOS DEL GENERADOR – CASO 1

La evaluación inicial de la situación normal de duración de trabajo y sin uso de Protector Auricular se aprecia en la FIGURA 5.27, donde se tiene en cuenta una jornada de 8 horas, el personal a su sala en la cota 139 para programar sus actividades, desplazándose luego para el mantenimiento de los paneles UMC en la cota 98, efectúa ensayos en la sala de ensayos en la cota 98, efectúa mantenimiento de los paneles de la sala de control en la cota 108 y al final de la jornada se dirigen al reloj marcador de asistencia.

FIGURA 5.27– EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3.13	80.4	1.08
Cota 98 - Sala ensayo	1:00:00	12.5	73.8	0.94
Cota 139 - Sala técnico	0:15:00	3.13	62.0	0.016
Cota 98 - Panel UMC U06	3:15:00	40.60	83.9	31.5
Cota 108 - Sala Control	3:15:00	40.60	73.5	2.89
TOTAL	**8:00:00**	**100.0**		**36.5%**
Dosis resultante: 36.5%				

En los puntos de trabajo del grupo de mantenimiento electro electrónico investigados no se encontraron valores superiores a 85 dB(A) valor límite de exposición según las normas NR15 y NHO-01, así como a las mediciones obtenidas representa una dosis de 36,5 % que es inferior al 100% de dosis permitida como limite de exposición al ruido según las normas mencionadas con anterioridad. Por tanto, no se efectuaron evaluaciones de usos de protectores auriculares.

5.4.6 – DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO CIVIL E INDUSTRIAL - SMMC.DT

5.4.6.1 MANTENIMIENTO CIVIL – CASO 1

La evaluación inicial de la situación normal de duración de trabajo y sin uso de Protector Auricular se aprecia en la FIGURA 5.28, donde se tiene en cuenta una jornada de 8 horas, el personal a su sala para programar sus actividades, desplazándose luego para el mantenimiento de las estructuras civiles en distintas áreas, y al final de la jornada se dirigen al reloj marcador de asistencia.

FIGURA 5.28 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN NORMAL DE DURACIÓN DEL TRABAJO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3,13	80,4	1,08
Cota 98 - Regulador de Velocidad	0:30:00	6,25	89,4	17,1
Cota 92 - Turbina U06	3:00:00	37,5	90,2	123,6
Cota 108 - Transformador U06 Fase R	3:00:00	37,5	81,0	15,0
Cota 139 - Sala técnico	1:15:00	15,62	62,4	0,085
TOTAL	**8:00:00**	**100,0**		**156,8%**
Dosis resultante: 156.8%				

En la FIGURA 5.28 se evalúa al personal de mantenimiento civil ejecutando trabajos en distintas áreas, en situación normal de trabajo y sin protector auricular está expuesto a una dosis de 156,8 % que es superior al 100% de dosis permitida por norma NR15 y NHO-01, requiriéndose una evaluación del uso de protectores auriculares y de los tiempos límites de exposición al ruido buscando garantizar su salud.

5.4.6.2 MANTENIMIENTO CIVIL – CASO 2

La evaluación de la situación con control del tiempo de exposición al ruido y sin uso de Protector Auricular se presenta.en la FIGURA 5.29, esta evaluación se efectuó con el programa Protector 7825.

FIGURA 5.29 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN DE CONTROL DEL TIEMPO DE EXPOSCIIÓN AL RUIDO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3,13	80,4	1,08
Cota 98 - Regulador de Velocidad	0:15:00	3,13	89,4	8,55
Cota 92 - Turbina U06	1:56:00	24,3	90,2	80,1
Cota 108 - Transformador U06 Fase R	2:00:00	25,0	81,0	9,98
Cota 139 - Sala técnico	3:33:00	44,4	62,4	0,24
TOTAL	**7:59:00**	**100,0**		**100,0%**
Dosis resultante: 100.0%				

El control de dosis se realizó suponiendo menor tiempo de permanencia en los locales de valores de LAeq superiores a 85 dB(A) y aumentando el tiempo de permanencia en la sala ejecutando trabajo administrativo, a fin de verificar para el valor límite de exposición, es decir 100% según normas NR15 y NHO-01. Pero por tratarse de personal ejecutores de servicio y no de servicios de oficina se analizó el uso de protectores auriculares para reducir la dosis de exposición como puede verse a continuación.

5.4.6.3 MANTENIMIENTO CIVIL – CASO 3

En esta situación se evalúa la reducción de la dosis por medio del control de exposición al ruido por uso de Protector Auricular en las Áreas con LAeq > 85 dB(A). El procedimiento es similar a los otros casos de uso de protector auricular, es decir se utilizan los valores de LAeq obtenidos por la aplicación de la norma DIN EN458 para cada local donde se verifican valores iguales o superiores a 85 dB(A), y luego se los reemplazan en el programa 7825 según el local a que corresponde, pero sin variar el tiempo de exposición o jornada de trabajo.

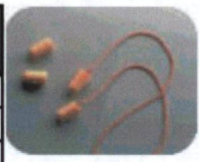
FIGURA 5.30 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO CONCHA ADHERIDA AL CASCO

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3,13	80,4	1,08
Cota 98 - Regulador de Velocidad	0:30:00	6,25	**56,0**	0,0079
Cota 92 - Turbina U06	3:00:00	37,5	**59,0**	0,094
Cota 108 - Transformador U06 Fase R	3:00:00	37,5	81,0	15,0
Cota 139 - Sala técnico	1:15:00	15,62	62,4	0,085
TOTAL	**8:00:00**	**100,0**		**16,2%**
Dosis resultante: 16.2%				



FIGURA 5.31 – EVALUACIÓN MANTENIMIENTO SITUACIÓN USO DE PROTECTOR AURICULAR TIPO ESPUMA MOLDEABLE

Identificación	Duración (hh:mm:ss)	Tiempo de Exposición (%)	LAeq (dB)	Dosis (%)
Cota 144 - Reloj marcador	0:15:00	3,13	80,4	1,08
Cota 98 - Regulador de Velocidad	0:30:00	6,25	**46,0**	0,00079
Cota 92 - Turbina U06	3:00:00	37,5	**49,0**	0,0094
Cota 108 - Transformador U06 Fase R	3:00:00	37,5	81,0	15,0
Cota 139 - Sala técnico	1:15:00	15,62	62,4	0,085
TOTAL	**8:00:00**	**100,0**		**16,1%**
Dosis resultante: 16.1%				



En las FIGURAS 5.30 y 5.31 se consideran el control de exposición al ruido utilizando protectores auriculares. En ambas evaluaciones, son considerados como tiempo total de exposición del 100% correspondiente a una jornada normal de trabajo de

8 horas diarias. Las dosis se reducen a 16,4 si se utiliza el protector auricular tipo concha adherida al casco y 16,1 % con el uso del protector auricular tipo espuma moldeable. Las dosis resultantes son menores al valor límite 100% establecido por las normas NR15 y NHO-01, por tanto se cumple con el objetivo de reducción de dosis.

5.5 – EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS SEGÚN LAS NORMAS Y SUS EFECTOS EN EL TRABAJADOR

5.5.1 ÁREAS DE TRABAJO Y SALAS

Del total de 74 puntos de trabajo evaluados, el 25 % presentaron valores iguales o superiores a 85 dB(A), estos puntos según la norma NHO-01 deben ser controlados el tiempo de exposición ocupacional, siendo de 8 horas para los locales con 85 dB(A) como tiempo máximo permitido de exposición diaria, siendo que el incremento de duplicación de dosis igual a 3 y el nivel limiar de integración igual a 80 dB(A). La seguridad del Trabajo de la empresa realiza el control de las áreas colocando carteles indicadores de niveles de presión sonora equivalentes según la faja A, indicando la obligación del uso de protectores auriculares los cuales son distribuidos según el modelo solicitado por el empleado.

El 81% de los locales presentaron valores superiores a 65 dB(A) que conforme a la norma NBR 10152 no son considerados confortables para actividades administrativas. La evaluación de los escritorios o salas de trabajo según la norma NBR 10152 se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 5.31 EVALUACION DE CONFORT SEGÚN NORMA NBR 10152

ESCRITORIOS	dB(A)	CLASIFICACIÓN SEGÚN NBR 10152
Cota 214 - Sala SMMU AA funcionando	58,1	confortable
Cota 214 - Sala SMMU AA apagado	54,7	confortable
Cota 145 - Despacho de Carga (Operación)	56,6	confortable
Cota 139 Sala Mecánica de Auxiliares- MAM2	64,3	confortable
Cota 139 Sala Civil MCI1	62,4	confortable
Cota 139 Sala Generadores MEG1	68,3	no confortable
Cota 139 Sala Generadores MEG2	61,9	confortable
Cota 139 Sala Generadores MEG3	58,5	confortable
Cota 139 Sala Electrónica MEL2	69,2	no confortable
Cota 139 Sala Transformadores MET1/3	57,2	confortable
Cota 135 CCR	63,2	confortable
Cota 133-Sala de Control GD ½ AMD2	59,0	confortable
Cota 128 - Sala 1 SMMT.DT	67,7	no confortable
Cota 128 - Sala 2 SMMT.DT	65,9	no confortable
Cota 127-AMBULATORIO AMD2 AA funcionando	68,1	no confortable
Cota 127-AMBULATORIO AMD2 AA apagado	57,9	confortable
Cota 115 - Sala SMMC -MCI2 - AMD3	63,4	confortable
Cota 115 - Sala SMMU -Agua Pura AMD4 (MMU1)	67,4	no confortable
Cota 108 - Asesoria 50Hz U03	73,5	no confortable
Cota 108 - Sala Frente U04 (SMMU.DT)	73,8	no confortable
Cota 108 - Sala Frente U04 (SMMU.DT)	73,3	no confortable
Cota 108 - Sala Frente U9A (SMMU.DT)	76,0	no confortable
Cota 108 - Sala SMMT.DT U05 Fase R	78,8	no confortable
Cota 108 - SCL U07/08 50Hz	74,9	no confortable
Cota 98 - Sala 1 Agua Pura SMMU.DT U13	76,8	no confortable
Cota 98-Sala 2 Agua Pura (de lado)SMMU.DT U13	78,0	no confortable
Cota 98-Sala RV 1 SMMU.DT	73,1	no confortable
Cota 98-Sala SMME U9A	73,8	no confortable

Del total de 28 salas evaluadas, 12 salas resultaron confortables representando el 43 % mientras que 57 % resultaron no confortables para trabajos de escritorio según la norma NBR 10152.

5.5.2 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Durante las mediciones se detectaron una gran cantidad de trabajadores que no utilizaron los protectores auriculares y en otros casos un mal uso.

Al ser observados automáticamente colocaban el protector auricular pero pasado cierto tiempo volvían a quitárselos, colocando como justificativa la incomodidad

de comunicarse con sus compañeros de trabajo.

Otro hecho resaltante es la verificación de personas que manifestaban tener problemas auditivos, y otros inconvenientes de salud.

De hecho, existen locales con riesgo a la salud por exposición superior a lo indicado por la norma NHO-01 y NR 15, también existen personal que son reacios al uso de los protectores auriculares.

Los protectores suministrados por la empresa son adecuados para los niveles de presión sonora detectados, siempre y cuando sean utilizados correctamente y conservados en forma adecuada.

Existen áreas con predominio de bajas frecuencias en los que se detectaron la incomodidad para el trabajador de permanecer sin protector auricular, a pesar de que algunos manifestaron estar acostumbrados.

Estudios hechos en otra central eléctrica presentaron resultados superiores a los encontrados en este caso, por lo que los riesgos son diferentes.

Problemas de salud por efectos del ruido han sido manifestados por varios empleados, verificando estudios realizados en otros tipos de industrias, a pesar de las manifestaciones de incomodidad ante los niveles de ruido, se verificaron el no uso de los protectores.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En esta disertación, se presentaron conceptos básicos de Acústica, metodología de mediciones de ruido en una Central Hidroeléctrica, las dificultades a tenerse en cuenta para otros trabajos similares y un cronograma tentativo para optimizar las mediciones.

La cooperación de los trabajadores en los ambientes a ser estudiados dictará el éxito de la investigación o el fracaso, visto que el objetivo final de la empresa es buscar el bienestar de sus empleados a fin de garantizar su seguridad física. Es más que conocido que, el éxito económico de una empresa depende de la salud física y mental de sus trabajadores, como ejemplo podemos citar a la DUPONT.

Por tratarse de un estudio de evaluación acústico de una central hidroeléctrica de gran porte y en operación, se tropiezan con dificultades en aislar las áreas de estudios o en buscar todas las combinaciones posibles de situaciones para realizar mediciones acústicas, a fin de garantizar el máximo de situaciones posibles. Y, como una disertación de maestría consta de un corto plazo de investigación, amen del costo de los equipos para realizar las mediciones, deberá tenerse en cuenta para otras investigaciones los periodos de mantenimientos de unidades generadoras, visto que durante esta investigación sólo se tuvo una máquina en mantenimiento. El mayor espectro de posibilidades se tendrá con el mantenimiento más variado y de distintos equipos componentes de un turbogenerador.

En ka Formulación del Problema a Investigar se consideraba: ¿Cuáles son los niveles de presión sonora a que están sometidos los trabajadores en el caso de una Central Hidroeléctrica?, ¿Son adecuados los protectores auriculares?, y ¿Se cumplen las Normas Brasileñas de Seguridad para la salud y de confort para el tipo de trabajo ejecutado? Del Problema a Investigar se establecieron las siguientes Hipótesis como ser:

Hipótesis 1: Los equipos electromecánicos producen niveles de ruidos cuyos valores son considerados de riesgo para la salud.

Las mediciones acústicas efectuadas han confirmado esta hipótesis resultando que del total de locales evaluados, el 25% presentaron valores iguales o superiores a 85

dB(A) correspondiente al valor límite de riesgo de pérdida auditiva para una exposición de 100% de dosis y 100% de tiempo de exposición.

En la TABLA 5.1 MEDICIONES DE LAeq POR LOCALES DE TRABAJO se presentaron los valores de nivel de presión sonora equivalente obtenidos de las mediciones acústicas. Se concluye que

TABLA 6.1 RESUMEN DE LOCALES CON NIVELES DE PRESIÓN SONORA MAYORES O IIGUALES A 85 dB(A)

LOCAL DE MEDICIÓN	dB(A)
Cota 92 – Turbina funcionando	98,9
Cota 92 – Turbina en mantenimiento	90,2
Cota 98 – Sistema de Agua Pura funcionando	94,6
Cota 98 – Frente a Paneles UMCC	91,5
Cota 98 – Cuadros próximos al Generador funcionando	90,6
Cota 98 – Regulador de Velocidad funcionando	89,4
Cota 98 – Próximo a los Transformador TAU/TEP	86,6

En la TABLA 6.1 se tiene un resumen de los equipos que cuando funcionan producen niveles de presión sonora mayores o iguales a 85 dB(A), siendo sus efectos detectados en toda la proximidad del equipo, por tanto según las normas NR15 y NHO-01 que establecen como límite en 85 dB(A) al nivel de presión sonora permitido para exposición durante una jornada normal de trabajo de 8 horas diarias y sin uso de protector auricular. Conforme se estableció en la Hipótesis 1.

Hipótesis 2: En las áreas auditadas, conforme las Normas y Leyes del Brasil, presentan riesgos a la salud del trabajador, debiendo tomarse medidas preventivas.

De las evaluaciones hechas en el Capítulo 5 ítem 5.4 EVALUACIÓN DE LOS GRUPOS DE TRABAJO, se concluye que aquellos grupos de trabajo como mecánicos y civiles están mas expuestos al ruido y presentan riesgos a su salud auditiva para una jornada normal d trabajo, sin embargo, de la evaluación cuantitativa de los protectores auriculares se deducen que los efectos dañinos son controlables, siempre y cuando se utilicen correctamente los protectores auriculares como establece el fabricante, así como del correcto mantenimiento y cambio cuando dañados los protectores. Estas áreas

indicadas en la TABLA 6.1 presentan valores de niveles de presión sonora mayores a 85 dB(A) y según las normas vigentes en el Brasil, como NR15 y NHO-01 presentadas en las TABLA 2.2 página 21 y TABLA 2.3 página 22, representan riesgos para la salud del trabajador si no se protegen utilizando protectores auditivos o controlando el tiempo de exposición.

Se puede concluir que cualquier trabajador que permanezca en las áreas indicadas en la TABLA 6.1 corre riesgos a su salud si no son tomadas las protecciones, conforme indicada en la Hipótesis 2.

Hipótesis 3: Los protectores auriculares son adecuados.

De las evaluaciones hechas en los ítem 5.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS PROTECTORES AURICULARES, se puede concluir que todos los protectores de forma cuantitativa reducen el nivel de presión sonora percibido por el oído. De las evaluaciones cualitativas, aplicando la norma DIN EN458, conforme obtenidos son aceptables para las áreas con nivel de presión sonora mayor o igual a 85 dB(A), e incluso en ciertas áreas estos protectores presentan una protección muy elevada. Lo que corrobora la hipótesis 3.

6.2. SUGERENCIA A TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN FUTUROS

Los estudios realizados en este trabajo podrán ser utilizados como base a otros que aprovechen las mediciones acústicas de las áreas de trabajo más frecuentes. La continuación puede ser:

- . Evaluación subjetiva del ruido existente en el trabajado;
- . Criterios para establecer jornadas de trabajo límite vs. protección auditiva;
- . Sistema de absorción de ruidos de bajas frecuencias
- Tipos de Encapsulado de áreas de trabajo,
- Efectos simultáneos de los equipos sobre un área de trabajo.

6.3. RECOMENDACIONES

Las salas de trabajo donde detectadas las faltas de confort pueden ser resueltas mejorando la absorción de ruido dentro de la sala, visto que la mayoría no cuenta con un tratamiento acústico. Se verificaron existencia de aberturas inadecuadas para obtener aislamiento acústico, por lo cual para mejorar la aislación deben ser cambiadas por aberturas apropiadas.

Vibraciones del piso y la transmisión de ruido por él pueden ser resueltas colocando pisos flotantes, en el caso de la necesidad de usar dicha sala, de lo contrario puede ser relocalizada la sala en otras áreas de meno impacto acústico.

La mayoría de salas cuentan con aire acondicionado mal instalado y que permiten el ingreso del ruido por estos a la sala, así como el ruido efectuado por el propio funcionamiento, detectado tras mediciones con aire funcionando o parado, considerando la existencia de un sistema de ventilación en la central, se sugiere reemplazar dichos aires por sistema de ventilación por conductos y el mantenimiento de los conductos en forma más regular para evitar vibraciones de los ventíleles de ventilación.

Se sugiere control más cercano pro el órgano de seguridad laboral en el uso adecuado de los protectores auriculares y establecer programas de control de calidad de los protectores en uso por los usuarios, en cuanto a la necesidad de ser reemplazados por su estado inadecuado. También se recomienda la divulgación de los mapas acústicos indicando el tipo de protector más adecuado, siendo los del tipo concha más apropiada para las áreas de alta frecuencia y los del tipo espuma moldeable para locales de baja frecuencia.

REFERENCIAS

• Bas, P.; Gala, F. J.; Paublete, M. C., et al.,: **Exposición al Ruido e Hipoacusia Una relación indiscutible aunque paradójica**, Disponible en: http://www3.usal.es/inico/investigacion/jornadas/jornada2/poster/p2.html, Accesado en: 13 may 2002

• Berenak, L; Vér. I. (1992) **Noise and Vibration Control Engineering – Principles and Aplications** – ISBN 0-471-61751-2, pg 1

• Berglund, B; Hassmén. P.;Job Soames, R. F.. (1996) **Source and effects of low frequency noise** .Journal Acoustics Soc. Am 99(5), May, 1996

• Berglund, B; LINDVALL. T. (1995) **Community Noise** .Disponible en: http://www.who.int/environmental_information/Information_resources/documents/Noise/noise1.pdf. Accesado en 01 oct 2002

• BGR 194 (1998), **Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit**, BGFE, Disponible en: http://www.bgfe.de, Accesado en 19 ago 2002

• Brookhouser, P. E. (1994) **Prevention of Noise-Induced hearing Loss** – Preventive Medicine 23, pg 665-669

• Environmental Protection Agency - EPA (1981) – **Noise Effects handbook – A Desk Reference to Health and Wwlfare Effects of Noise – Publicado por the National Association of Noise Control Officials**, Jul.,1981, EPA 500 9-82-106

• Everest, F. Alton. (2001) **Master Handbook of Acoustics** , ISBN: 0071360972, pag 107-108

• European Commission (1996) - **Future Noise Policy - Green Paper (Libro Verde), Brussels 1996** Disponible en:http://www.nonoise.org/library/eunoise/greenpr.htm Accesado en: 23 feb 2001

• Fearn, R. W. (1993) **Hearing Loss in Musicians**, Journals of Sound and Vibration (1993) 163(2), 372-378

• Gerges, Samir N.Y. (2000) **Ruido Fundamentos e Controle**, NR Editora, 2ª ed., Florianopolis –SC - Brasil.

• International Standard Organization -ISO-1999.2 **Acoustics – Determination of Occupational Noise Exposure and Estimation of Noise-induced Hearing Impairment,** Geneva 1990

• Kjellberg, A. (1990) **Subjective, behavioral and psychophysiological effects of noise**, Scan. J. Work Environ. Health, 16 (suppl 1) 29-38

• Kinsler, L.; Frey, A.; et al. (2000) **Fundamentals of Acoustics** ,4ª Ed, ISBN: 0-471-84789-5, pag 305

• Kryter, K.D. (1983) **Presbysusis, Sociocusis and Nososusis** ,JASA, 73(6), 1887-1916, June

• Melnick, W; (1980) **Noise and Hearing Loss, Audiology for the Physian**, Baltimore, Willinas&Wilkins, Cap. 10, pag 213-137

• Miyakita, T; Ueda, A.. (1997) **Estimates of workers with Noise-Induced Hearing Loss and Population at risk**, Sound and Vibration 205(4), pag 441-449

• Miyara, F. (2000) **Día del Entorno Sonoro Saludable, Rosario -Argentina**, Disponible en: http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/index.htm Accesado en 7 nov 2001

• NHO 01. **Norma de Higiene Ocupacional** (1999), Brasil

• Noise and Hearing Loss. **NIH Consens Statement Online 1990 Jan 22-24 (2001, 03,31);8(1):1-24**. EE. UU., Disponible en: http://text.nlm.nih.gov/nih/cdc/www/76txt.html, Accesado en: 22 mar 2002

• NBR-10152.(1987) **Niveis de ruido para conforto acústico**, Norma Brasileira

• Norma DIN-EN 458 (1994) **Protectores auditivos – Recomendaciones para la elección, utilización, limpieza y mantenimiento**, Edición Marzo 1994

• NR15 (1978). **Atividades e operações insalubres**, MTE, Brasil, Norma Regulamentadora

• NR17. **Ergonomía**, MTE, Brasil, Norma Regulamentadora

• Nudelmann A., et al,.(2001) **PAIR - Perda Auditiva Induzida Pelo Ruído**, Vol.II, Ed. Livraria e Editora RevinteR Ltda., ISBN 85-7309-468-0, RJ - Brasil

• OSHA St- 29 CFR (2001) – **Exposición al Ruido Ocupacional – 1910.95, en su parágrafos (a), (b)(1) y (2), (d)(1), EE. UU**, Disponible en: http://www.osha-slc.gov/, Accesado en: 28 nov 2001

• Peterson, A. P. G.; Goss, Jr. E. E. (1978) **Handbook of noise-Measurenent**, Copyrught by Genrad Inc. Conrcord, Massachusetts USA.

• Poulos, A. C.; Gravendeel. D. W.; Doyle,T.E. (1980) **Ocupational impact/impulse noise:an overview**, Sound and Vibration, Jannuary, 1980, p, 8-13.

• Puckett, J. S.; Newell D., T.; Carrell, T. (199-) **Evaluation of Susceptibility of TTS in males and females in relation to left-right ear asymmetry**, University of nebraska-Lincoln USA.

• Rabinowitz, P. (2000) **Noise Induced Hearing Loss**, Am. Fram. Physician Vol. 61 ISS9, May 1, 2000

• Real Decreto 1316/1989 del 27 de octubre. BOE. Nº 263. Jueves 2 de noviembre 1989. (pp. 34.430-34431). España

• Rendiles, H. (1999) **Efectos del Ruido Industrial, Venezuela** Disponible en: http://members.tripod.com/RENDILES/RUIDO1.html Accesado en: 17 nov 2001

• Ries, P.. (1994) **Vital and health statisics – Pevalence and Characteristics of person with hearing trouble: United States 1990**. U.S. Department of Health and Human Services. National Center of health Statistics; 1-75, March, 1994

• Riley, P.. (1979) **Rating of noise nuisance**, Noise Control Vibration Isolation, 87-90

• Saliba Filho, A. (2001) **Curso Gerência de Riscos**, Itaipu Binacional, 10 oct 2001

• Sexto, L.F. (2000) **Análisis de ruido en áreas de una central termoeléctrica**, CEIM/ISPJAE, La Habana - Cuba, Disponible en: http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/Habana.htm , Acceso en:20 oct 2001

• The Occupational Safety and Health Service - Department of Labour,(1996) **Código Aprobado de práctica para el Gerenciamiento del Ruido en Locales de Trabajo,** publicado por, Wellington, Nueva Zelanda, 1ª Ed Setiembre 1996, ISBN 0-477-03593-0, OSH 3290 ABC

• Viejo Zubicaray, M.; Alonso Palacios. P. (1977) **Energía Hidroeléctrica – Turbinas y Plantas Generadoras**, Ed. Limusa, 1977, p, 119. Mexico

• Ward, W. D. (1966) **The use of TTS in the derivation of damage risk criteria for noise exposure**, Intern. Audiol. 5, 309-313

• Webb, J. D. (1978) **Noise control in Industry**, John Willey&Sons, Inc. New York

• Yanz, J. L.; Abbas. P. J. (1982) **Age effects in susceptibility to noise-induced hearing loss**, JASA, 72(5), p. 1450-1455, November,

• Zannin, P. H. (2002) **Apostila do Curso de Comforto Acústico**, curso de Pos-Graduacao em Engenhería Civil, UFPR, Curitiba - Brasil