

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Trabajo de fin de carrera titulado:

**ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEDIDAS
DE CONTROL DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO EN LAS
INSTALACIONES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA
CUMBAYÁ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO
EEQ S.A**

Realizado por:

MÓNICA PAULINA PÁEZ CEVALLOS

Como requisito para la obtención del título de
MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

QUITO, AGOSTO DE 2012

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Mónica Paulina Páez Cevallos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.....

Nombre

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación de fin de carrera, titulado

**ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL DEL FACTOR DE
RIESGO RUIDO EN LAS INSTALACIONES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CUMBAYA
DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO EEQ S.A.**

Realizado por el alumno

MÓNICA PAULINA PÁEZ CEVALLOS

como requisito para la obtención del título de

MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
ha sido dirigido por la profesora

MSc. Ing. MARÍA GRACIA CALISTO RAMÍREZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

.....
MSc. Ing. MARÍA GRACIA CALISTO RAMÍREZ

Director

Los profesores informantes

MSc. Ing. ROSSELINE CALISTO RAMÍREZ, y

MSc. Ing. DAVID TRUJILLO OTAÑEZ

después de revisar el trabajo escrito presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

.....
MSc. Ing. ROSSELINE CALISTO RAMÍREZ MSc. Ing. DAVID TRUJILLO OTAÑEZ

Quito, a 10 de septiembre de 2007

DEDICATORIA

A mi Angy, la razón de ser de mi vida, le dedico la presente, por haberme comprendido, y darme la inspiración y fortaleza, una sonrisa tuya ilumina mi mundo y me da fuerzas necesarias para luchar y conseguir nuestras metas.

A toda mi familia, que me dieron fuerzas para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido llegar a cumplir una meta más y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposito Jonathan, quien permanentemente me apoyo, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos, Te amo, gracias por tu amor y comprensión.

A mis padres Byrito y Rosita, por haberme apoyado en todo momento, por sus bendiciones, sus consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.

A mis hermanos y a toda mi familia que me acompañaron a lo largo del camino, brindándome el impulso y momentos de ánimo.

A mis profesoras y amigas las Ingenieras Calisto que me han brindando siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y para la elaboración de esta tesis, con generosidad absoluta.

A los miembros de mi tribunal, gracias por sus inestimables sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo de este trabajo.

Un especial agradecimiento a todo el personal de la Central Hidroeléctrica Cumbayá por el apoyo brindado, en especial al Ing. Patricio Mora, al Ing. Santiago Jaramillo, al Ing. Juan Carrión y al Ing. Geovanny Segovia por proporcionarme las facilidades necesarias para completar la investigación.

RESUMEN

La identificación, medición y evaluación del factor de riesgo ruido en la Casa de Maquinas de la Central Hidroeléctrica Cumbayá, de la Empresa Eléctrica Quito EEQ S.A. permitió obtener resultados importantes y proponer medidas de control con el fin de evitar fatiga auditiva, enfermedades profesionales o accidentes de trabajo. Se realizaron mediciones de ruido en los tres niveles mediante la metodología NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido, para ello se utilizó un sonómetro integrador-promediador tipo 1 obteniéndose directamente el $L_{Aeq,T}$ tomando mediciones cada segundo durante 1 minuto 30 segundos en cada punto en horarios aleatorios, en 25 puntos 14 mediciones en cada uno, en total 350 mediciones.

Los puntos de medición con dosis mayor a 1 son: Turbinas de los Generadores 3 y 4, Compresor, las cuatro secciones de Válvulas y las cuatro fosas. El cuarto de control también supera la dosis, en este caso se puede considerar la posibilidad de construirlo en el área del parqueadero posterior con aislamiento acústico.

No es posible aislar los generadores y turbinas, debido a que estos al estar en funcionamiento elevan la temperatura y por lo tanto necesitan ventilación, para el caso de las válvulas de los generadores es recomendable que se construyan puertas en todos los ingresos.

En la Comparación Estadística de las Audiometrías, se concluye que, 6 trabajadores se encuentran en estado normal, y 6 trabajadores tienen una afectación de sus oídos, los cuales corresponden a los de más de 43 años de edad y mayor tiempo de exposición de 18 a 34 años de vida laboral.

Se recomienda seguir en el proceso de implementación del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo con el fin de reducir en éste caso el factor de riesgo ruido, incluyendo un programa de Vigilancia de la Salud de los trabajadores.

Utilizar siempre los protectores de copa u orejeras, junto con los protectores tipo tapón, para una atenuación más efectiva. La empresa llevará un Programa de Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de las máquinas, dotará, capacitara en el uso de equipos de protección auditiva y factor de riesgo ruido a los trabajadores.

ABSTRACT

The identification, measurement and assessment of noise risk factor in the powerhouse of the hydroelectric Cumbayá of Empresa Eléctrica Quito EEQ S.A. yielded important results and suggest control measures to avoid ear fatigue, illnesses or accidents in the work. Noise measurements were made at three levels using the methodology NTP 270: Assessment of exposure to noise, it was used for integrating-averaging sound level meter Type 1 obtained directly $L_{Aeq,T}$. taking measurements every second during 1 minute 30 seconds at each point at random time in 14 measurements at 25 points each, in total 350 measurements. The measurement points at doses greater than 1 are: Turbine Generators 3 and 4, Compressor, the four sections of the four valves and pits. The control room also exceeds the dose, in this case you may consider building it in the rear parking area with soundproofing.

In this case it is not possible to isolate the generator and turbine as these to be operational temperature rise and therefore require ventilation, for the case of generators valves is recommended to be built in all revenue doors.

In the statistical comparison of the audiometric concluded that 6 workers are in normal state, and 6 workers have an affectionation of his ears, which correspond to those over 43 years of age and longer exposure time of 18 to 34 years of working life.

It is recommended to continue the process of implementing the Safety Management System and Occupational Health in order to reduce in this case the noise risk factor, including a program of health surveillance of workers.

Always use glass shields or earmuffs, together with the protective cap type, for a more effective attenuation. The Company implemented a maintain program of preventive, predictive and corrective maintenance of machinery, train in the use of hearing protection equip and noise risk factor for workers.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.1.1 Ubicación.....	2
1.1.2 Central Cumbayá.....	3
1.1.3 Descripción de la Central.....	4
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.3.1 Objetivo General.....	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	11
1.5 MARCO TEÓRICO.....	12
1.6 MARCO CONCEPTUAL.....	13
1.6.1 Trabajo.....	13
1.6.2 Salud.....	13
1.6.3 Higiene industrial.....	13
1.6.4 Seguridad en el Trabajo.....	13
1.6.5 Evaluación de riesgos.....	13
1.6.6 Peligro.....	14
1.6.7 Riesgo.....	14
1.6.8 Accidente de Trabajo.....	14
1.6.9 Enfermedad Ocupacional.....	14
1.6.10 Ruido.....	14
1.6.11 Tipos de Ruido.....	15
1.6.11.1 Ruido Continuo.....	15
1.6.11.2 Impulsivo o de impacto.....	16
1.6.12 Sonómetro.....	16

1.6.13	Dosímetro.....	17
1.6.14	Frecuencia (f)	17
1.6.15	Presión Sonora [Pa]	17
1.6.16	Potencia Sonora [W]	18
1.6.17	Frecuencias y ancho de bandas normalizados.....	19
1.6.18	Unidad de medida del sonido	20
1.6.19	Filtro de ponderación A (dBA)	20
1.6.20	Espectro Acústico.....	21
1.6.21	Audiometría	23
1.6.22	Ruido Industrial y Efectos a la Salud.	23
1.6.22.1	Efectos psicológicos.....	27
1.6.22.2	Interferencias con la comunicación y la seguridad.....	28
1.6.22.3	Efectos fisiológicos extra-auditivos.	28
1.6.22.4	Efectos Auditivos.....	29
1.6.22.5	Factores de Riesgo en la Exposición a Ruido.....	31
1.7	HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	32
1.8	DISEÑO METODOLÓGICO.....	32
1.8.1	Tipo de Estudio.....	33
1.8.2	Metodología NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.....	33
1.8.2.1	Objetivo.....	33
1.8.2.2	Estudio previo.....	33
1.8.2.3	Metodología de evaluación.....	34
1.8.2.4	Método directo.....	34
1.8.2.5	Método de muestreo.....	35
1.8.2.6	Ciclo de trabajo.....	35
1.8.2.7	Muestreo de ciclos de trabajo.....	35
1.8.2.8	Evaluación del $L_{Aeq,d}$ por muestro.....	36
1.8.2.9	Elección del momento de la medición.....	36
1.8.2.10	Estimación estadística de $L_{Aeq,d}$	37
1.8.2.11	Técnicas e Instrumentos.....	38
CAPITULO II.....		40

2.	IDENTIFICACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO.....	40
2.1	Identificación del factor de riesgo ruido en la Central Hidroeléctrica Cumbayá.....	40
2.1.1	Antecedentes.....	40
2.1.2	Información Técnica.....	42
2.1.2.1	Principales Equipos.....	42
2.1.2.2	Organización: Estructura de la Central Cumbayá.....	44
	CAPITULO III.....	46
3.	MEDICIÓN Y EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO.	46
3.1	Medir y Evaluar el grado de exposición a ruido de los trabajadores en el Área de Cuarto de Maquinas en función del Nivel de Presión Sonora y el Tiempo de Exposición.	46
3.1.1	Medición del factor de riesgo ruido en los tres niveles de la Casa de Maquinas.....	46
3.2	Caracterizar el factor de riesgo ruido en función de su distribución en las frecuencias audibles.....	52
3.3	Analizar los resultados de las audiometrías de los trabajadores expuestos con el fin de obtener conclusiones.	61
	CAPITULO IV.....	65
4.	PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO.....	65
4.1	Propuesta de Medidas de Control del factor de riesgo ruido.....	65
	CAPITULO V.....	70
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1	Conclusiones.....	70

5.2	Recomendaciones.....	71
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Dimensiones.....	2
Tabla 2:	Atenuación natural del oído humano	21
Tabla 3:	Espectro en bandas de octava y tercio de octava.....	22
Tabla 4:	Números aleatorios para la medición de ruido.....	36
Tabla 5:	Niveles Sonoros permitidos.....	38
Tabla 6:	Especificaciones equipos.....	43
Tabla 7:	Coeficientes de Absorción acústica de los materiales	45
Tabla 8:	Horarios de las mediciones.....	52
Tabla 9:	Jornada de Trabajo.....	52
Tabla 10:	Resultados de las mediciones y cálculos.....	54
Tabla 11:	Dosis en los diferentes puntos de medición.....	54
Tabla 12:	Dosis calculada con la atenuación de los protectores de copa u orejeras.....	56
Tabla 13:	Puestos de trabajo con niveles de exposición con dosis mayor a uno.....	60
Tabla 14:	Listado Actual de Trabajadores que laboran en la Central Hidroeléctrica Cumbayá.....	61
Tabla 15:	Listado Audiometría Año 2003.....	62
Tabla 16:	Listado Audiometría Año 2005.....	62
Tabla 17:	Listado Audiometría Año 2012 (Actuales)	62
Tabla 18:	Comparación Estadística.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación.....	2
Figura 2: Partes principales de la C.H. Cumbayá.....	4
Figura 3: Fotografías.....	5
Figura 4: Casa de Maquinas.....	6
Figura 5: Fotografías.....	7
Figura 6: Tipos de Ruido.....	16
Figura 7: Curvas de audibilidad.....	19
Figura 8: Frecuencias Audibles.....	23
Figura 9: Partes del oído.....	24
Figura 10: Mapa Corporal para Ruido.....	27
Figura 11: Componentes de un generador.....	42
Figura 12: Estructura General.....	45
Figura 13: Sonómetro.....	46
Figura 14: Sala de Generadores (foto día y noche)	47
Figura 15: Sala de Control.....	48
Figura 16: Compresor Área Taller de Mantenimiento.....	48
Figura 17: Turbinas.....	48
Figura 18: Cuarto de PLCs	49
Figura 19: Cuarto de Baterías	49
Figura 20: Cuarto de Aceites.....	49
Figura 21: Cuarto de Compresores.....	50
Figura 22: Sala de Equipos Eléctricos.....	50
Figura 23: Área de Válvulas.....	50
Figura 24: Área de Transformadores.....	51
Figura 25: Fosa del Generador.....	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Nivel de Presión Sonora.....	18
Ecuación 2: Nivel de Presión Sonora, nivel de percepción.....	18
Ecuación 3: Decibel.....	20
Ecuación 4: Nivel Equivalente, $L_{Aeq,T}$	35
Ecuación 5: Nivel Equivalente, $L_{Aeq,d}$	35
Ecuación 6: Nivel Equivalente, L_{Aeq}	37
Ecuación 7: Desviación tipo S_L	37
Ecuación 8: Regulación de la OSHA sobre protectores auditivos.....	56
Ecuación 9: Tiempo permitido.....	59
Ecuación 10: Dosis de ruido.....	59

ANEXOS

Anexo 1: Intervalos de confianza al 95% de la NTP 270.	79
Anexo 2: Certificado de Calibración vigente del sonómetro integrador	80
Anexo 3: Mapa de ruido (puntos de medición en los tres niveles)	81

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

MRL: Ministerio de Relaciones Laborales

IESS: Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

G1: Generador 1

G2: Generador 2

G3: Generador 3

G4: Generador 4

SC: Sala de Control

T4: Eje de Turbina 4

T3: Eje de Turbina 3

T2: Eje de Turbina 2

T1: Eje de Turbina 1

PLC: Cuarto de PLC (*programmable logic controller*)

B: Cuarto de Baterías

A: Cuarto de Aceites

C: Cuarto de Compresores

VG1: Área de Válvulas Generador 1

VG2: Área de Válvulas Generador 2

VG3: Área de Válvulas Generador 3

VG4: Área de Válvulas Generador 4

SEE: Sala de Equipos Eléctricos

CTM: Área del compresor del Taller de Mantenimiento

T: Área de Transformadores

OF: Oficina Jefatura

FG1: Fosa del Generador 1

FG2: Fosa del Generador 2

FG3: Fosa del Generador 3
 FG4: Fosa del Generador 4
 KV: Kilovoltios
 KW: kilovatios
 Hz: hertzio
 KHz: kilohertzio
 Pa: Presión Sonora
 F: Frecuencia
 N/m²: newton por metro cuadrado
 dB: decibelio.
 NPSeq: Nivel de presión sonora continuo equivalente
 W: Potencia Sonora
 μbar: microbar
 dBA: desibelio con filtro de ponderación A
 Δf: ancho constante
 Δf / f_c: ancho proporcional a la frecuencia central
 L_{Aeq} : nivel equivalente
 L_{Aeq, T} :nivel equivalente del periodo T
 L_{Aeq,d} : cuando la jornada laboral coincida con el tiempo de exposición al ruido.
 T: tiempo total del ciclo
 i: número de subciclos
 T_i: tiempo de cada subciclo
 S_L : Desviación tipo
 rpm: revoluciones por minuto
 NPS_{ef}: Nivel de presión sonora efectivo
 NPS: Nivel de presión sonora
 NRR: *Noise Reduction Ratings*
 t: es el tiempo real de exposición
 T: es el tiempo máximo permitido

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La Central Cumbayá es una planta de generación hidroeléctrica con una capacidad total instalada de 40 MW en base a 4 turbinas tipo Francis de eje vertical. Cuenta con las siguientes áreas principales: Reservorio, Casa de máquinas: la misma que consta de Nivel 1, Sala de Generadores, Nivel 2, Sala de Equipos Eléctricos, Nivel 3, Galería de Válvulas, Patio de Transformadores (de Elevación 46 KV), Patio de Maniobras.

1.1.1 Ubicación

Todo el complejo que comprende la Central, se localiza a unos 10 Km al este de la ciudad de Quito, en los alrededores de la Parroquia de Cumbayá. Cuenta con un reservorio y a unos 680 m se ubica la casa de máquinas, sobre el margen derecho del río Machángara, a unos 1100 m aguas arriba de la unión con el río San Pedro.

El reservorio está prácticamente en una zona urbana de clase alta y luego de este se accede a la casa de máquinas por una vía empedrada, cuyo mantenimiento es responsabilidad de la EEQ S.A. Sus Coordenadas Geográficas son: 0°, 11', 10.41", S y 78°, 25'08, 65", O.

Figura 1: Ubicación



1.1.2 Central Cumbayá

La Central Hidroeléctrica Cumbayá, fue planificada para disponer de una potencia instalada de 40 MW, con el aporte directo de las aguas turbinadas de la central Guangopolo, más los remanentes del río San Pedro que serían almacenados en un reservorio exclusivo para el efecto.

Su construcción se inició en 1958 y finalizó en 1967, y se la hizo en dos etapas:

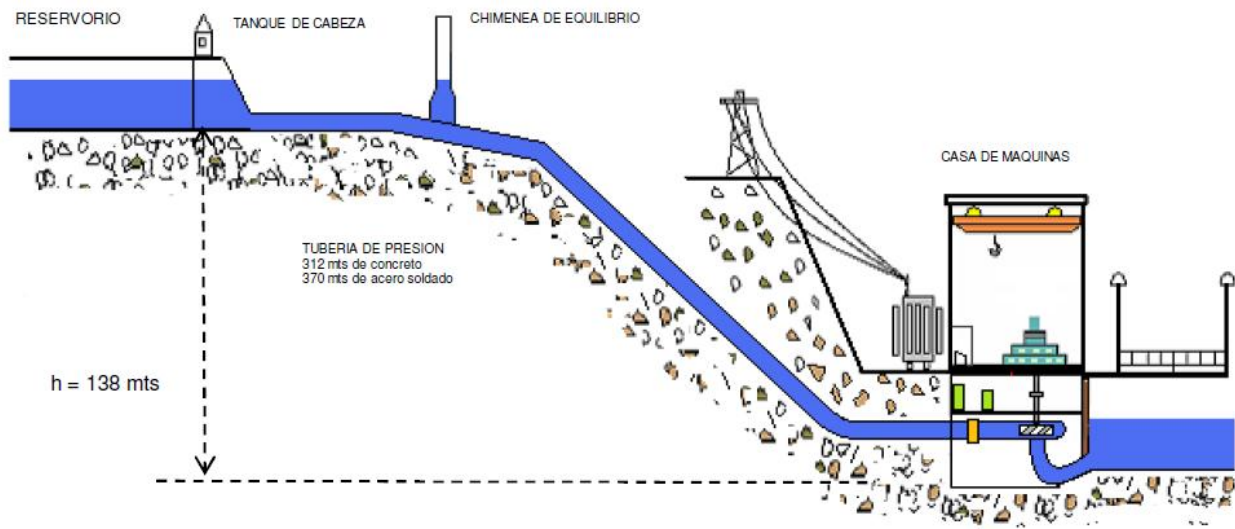
En la primera de ellas, se realizaron obras tales como el túnel de aducción de 8,5 km, reservorio de regulación diaria, casa de máquinas, campamento, etc. Se instaló la primera tubería de presión, las 2 turbinas y generadores, transformadores de elevación y la línea de transmisión para los primeros 20 MW, con dos grupos generadores, dejando listo los espacios respectivos para la segunda etapa. Esta primera parte se inauguró en el año 1961.

En la segunda etapa se complementaron las obras pendientes, que consistían en la construcción y montaje de una nueva tubería de presión para las otras dos máquinas que darían 20 MW adicionales; además se incluyó en esta fase, una segunda línea de transmisión, para evacuar energía hacia la subestación Tumbaco y las subestaciones Norte 1 y Norte 2 en Quito. Esta segunda etapa entró en operación en el año 1967.

En los últimos años se han realizado algunas obras para optimizar su operación, como son el cambio a reguladores de voltaje modernos, motorización de válvulas de sistema de enfriamiento, motorización de compuertas en sistemas de captación y conducción, estabilización de laderas, etc., estando al momento culminando el proceso de automatización total de su sistema de control mediante el cual dispondrán digitalmente y en línea de varios parámetros de operación de los equipos, como temperaturas, presiones, velocidades, caudales, e incluso, vibraciones. Un proceso similar ya se instaló en la central Nayón, donde se encuentra en pleno funcionamiento.¹

¹ Becerra, G. y Grijalva, H. (2010). *Unidad de Seguridad y Salud en el Trabajo – EEQ: Empresa Eléctrica Quito S.A, Estudio Integral de Riesgos, Informe del Análisis, Evaluación de Riesgos y las Correspondientes Acciones de Control, Central Hidroeléctrica Cumbayá, Quito.* p.29.

Figura 2: Partes principales de la C.H. Cumbaya



Fuente: Santiago Jaramillo, Operador C.H. Cumbaya.

1.1.3 Descripción de la Central

La Central Hidroeléctrica Cumbayá, cuenta con cuatro unidades generadoras, cada una de 10 MW de potencia; todas son turbinas marca VOITH, tipo Francis de eje vertical; dos de los generadores son TOSHIBA y corresponden a la primera etapa, y los otros dos generadores son AEG; El reservorio es de regulación horaria, para unos 350.000 m³, disponiendo de compuertas de admisión, regulación y seccionamiento, tanque de carga, dos tuberías de presión, dos torres de equilibrio, patios de elevación y maniobra, un sistema de bypass hidráulico hacia la Central Nayón, sistemas auxiliares para operación de la central, etc. Entre sus principales instalaciones están:

- Canales de Aducción, Reservorio y Carga:

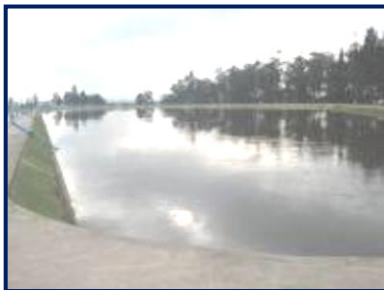
La obra de toma está constituida por dos partes. La primera consiste en una captación directa de las aguas turbinadas de la Central Guangopolo y la segunda está conformada por un azud de derivación y una toma a filo de agua en el río San Pedro que capta los remanentes de este y los conduce por un canal abierto hacia la descarga de las aguas turbinadas de la central Guangopolo. La suma de los dos caudales son conducidos hacia el reservorio de Cumbayá por un túnel de 8,7 km de longitud.

El reservorio de regulación diaria consta de cuatro cámaras y sirve principalmente para la regulación del caudal, acumulación del caudal en horas de poca demanda y descarga en hora pico. Está equipado con 5 compuertas radiales, una al final del canal de conducción e inicio de la transición y 4 a la entrada de la cámara.

Tabla 1: Dimensiones

TUNEL ADUCCIÓN		RESERVORIO	
Longitud:	8707,05 m	Cámara 1:	30.940 m ²
Diámetro interior:	3,5 m	Cámara 2:	37.570 m ²
Diámetro exterior:	4,10 m	Cámara 3:	34.740 m ²
Espesor de hormigón:	30 cm	Cámara 4:	29.400 m ²
Volumen total de excavación:	36.689 m ³	Capacidad Total:	350.000 m ³
Volumen total de hormigón:	46.713 m ³	Tanque de Cabeza:	3545 m ²
TORRES DE EQUILIBRIO		Desarenadores:	9664 m ²
Cantidad /Altura / Diámetro interno:	2 torres / 30 m / 5 m	Profundidad:	varía 3,2 - 3,5 m

Figura 3: Fotografías



Reservorio



Torres de Equilibrio



Tubería de Presión

Luego del reservorio se encuentra el tanque de carga con sus respectivas rejillas y 2 compuertas de acceso a la tubería de presión. La tubería de presión se desarrolla en dos tramos, el primero que va desde el tanque de carga hasta la chimenea de equilibrio y el segundo de acero, se desarrolla desde la chimenea hasta la casa de máquinas. Las aguas turbinadas se utilizan posteriormente para alimentar a la central Hidroeléctrica Nayón, ubicada algunos kilómetros aguas abajo del Río Machángara.

- Casa de Máquinas:

La casa de máquinas en la Central Cumbayá es de tipo superficial; está construida completamente en hormigón armado y se encuentra localizada en la margen derecha del río Machángara. Tiene aproximadamente unos 2765 m² de superficie en total, distribuidos en tres niveles en los cuales se alojan sus cuatro unidades de generación, con sus respectivos equipos auxiliares y equipos de control.

Figura 4: Casa de Maquinas

CASA DE MAQUINAS		
LARGO TOTAL	45	MTS
ANCHO TOTAL	22,5	MTS
ALTO	21,2	MTS
NIVELES	3	



El primer nivel en la casa de máquinas, corresponde al área de generadores; este piso cuenta con aproximadamente 1192.5 m² de superficie y 12 m de altura, en el que se encuentran alojados los cuatro generadores con sus respectivas excitatrices, equipos y tableros de control, un puente grúa y a un costado en una edificación de menor altura, se encuentra la sala de control, una oficina de jefatura, un taller mecánico y una bodega de repuestos.

En el taller mecánico, se ha instalado un nuevo compresor.

Figura 5: Fotografías



Puente Grúa



Generadores y Excitadores



Cuarto de Control



Pantallas actuales de control

Un nivel más abajo se encuentra el área de turbinas; este piso dispone de 1082.5 m² de superficie y en él se encuentran ubicados los accesos a los ejes de las turbinas; los armarios eléctricos; reguladores de voltaje, cuartos para tratamiento de lubricantes, cuarto de baterías, cuarto de compresores antiguos y los sistemas de descarga automática de CO₂.



Eje de Turbina



Armarios Eléctricos



Reguladores de voltaje



Cuarto de aceites



Sistema Descarga CO₂

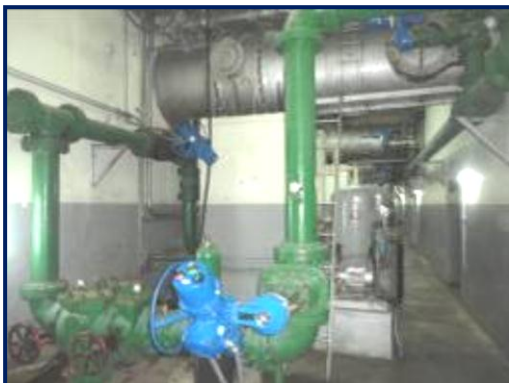


Cuarto de Baterías

En este nivel se ha instalado el cuarto de armarios del nuevo sistema de automatización para la operación y control de las cuatro unidades de generación.



Un nivel más abajo, se encuentra el piso de válvulas, que cuenta con una superficie de 490.2 m² y donde se ubican los tramos finales de las tuberías de presión; válvulas de mariposa, las electroválvulas para el control de la entrada y salida de agua y el sistema de refrigeración para las unidades. En un nivel inferior a este, se ubica un pozo de recolección de aguas.



- Patios de Elevación y de Maniobras:

La central dispone de un patio de elevación de 46 KV, localizado en la parte posterior de la casa de máquinas. Este patio cuenta con un área de 292.5 m² y en él se encuentran instalados 4 transformadores de 125.000 KVA cada uno, dos de marca TOSHIBA que corresponden a la primera etapa y 2 ELIM que corresponden a la segunda etapa.

Como parte del programa de control de riesgos que lleva adelante la EEQ S.A., para la protección pasiva de los transformadores, se han construido muros cortafuegos entre ellos y cubetos para control de derrames de aceite dieléctrico.



Patio de Elevación 46 KV



Transformador

El patio de maniobras o Subestación Cumbayá se localiza en una plataforma de unos 984 m², localizada a unos 30 m de la casa de máquinas y a unos 8 m de altura de ella; en esta subestación de 46 KV se evacúa la energía hacia Tumbaco y a las subestaciones Norte 1 y 2 en Quito.²

En la Central laboran directamente 12 personas y se complementan con el personal de los Departamentos de Mantenimiento Mecánico, Electrónico y Eléctrico de las Centrales, el personal directo labora en tres turnos, en cada uno dos o tres operadores (uno en el cuarto de control y otro en la oficina adyacente), dependiendo el tipo de mantenimiento, por ejemplo

² Unidad de Seguridad y Salud en el Trabajo – EEQ: Empresa Eléctrica Quito S.A, 2010, Estudio Integral de Riesgos, Informe del Análisis, Evaluación de Riesgos y las Correspondientes Acciones de Control, Central Hidroeléctrica Cumbayá, y Análisis de Riesgos realizado por: Ing. Galo Becerra; Ing. Henry Grijalva, 7 de diciembre del 2010, Quito.

de los generadores el personal de mantenimiento permanece la jornada completa o solamente algunas horas hasta arreglar el problema.

La maquinaria mencionada genera un alto nivel de ruido, por lo tanto este estudio permitirá analizar, evaluar y proponer medidas de control tanto en la fuente, en el medio de transmisión y en el equipo de protección personal auditivo a los trabajadores expuestos.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Central Hidroeléctrica de Cumbayá por ser una planta industrial donde existe una gran cantidad de motores que generan un riesgo inminente de ruido, especialmente en el Cuarto de Maquinas, la misma que está constituida de un galpón y dos subsuelos en el Nivel 1 la Sala de Generadores en el Nivel 2 la Sala de Equipos Eléctricos y en el Nivel 3 la Galería de Válvulas, por lo tanto, dicho factor de riesgo puede desencadenar hipoacusias crónicas u otras repercusiones fisiológicas de tipo auditivo a los trabajadores que se encuentran en el Nivel 1 en el cuarto de control, los mismos que permanecen la jornada laboral de 8 horas diarias (un operador en cada turno), en la oficina posterior un jefe de turno labora las 8 horas diarias y el personal de mantenimiento dependiendo del daño, la jornada completa o algunas horas, por consiguiente es necesario efectuar una evaluación de ruido en las áreas del Cuarto de Maquinas donde existe mayor riesgo por el tiempo de exposición y proponer las medidas de control que permitirán a futuro evitar lesiones y enfermedades profesionales auditivas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Realizar la Gestión Técnica del Factor de Riesgo Ruido en las Instalaciones de la Central Hidroeléctrica Cumbayá de la Empresa Eléctrica Quito EEQ S.A.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar el factor de riesgo ruido en la Central Hidroeléctrica Cumbayá.

- Evaluar el grado de exposición a ruido de los trabajadores en el Área de Cuarto de Maquinas en función de los decibeles y tiempo de exposición de los trabajadores.
- Caracterizarlo en función de su distribución en las frecuencias audibles.
- Analizar los resultados de las audiometrías de los trabajadores expuestos con el fin de obtener conclusiones.
- Proponer medidas de control que disminuyan la exposición a ruido, tanto en la fuente, medio de transmisión y en los trabajadores.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La presente investigación es importante para la empresa porque con la Gestión Técnica que se realizará, se obtendrán resultados y con estos, propuestas de medidas de control con el fin de minimizar el factor de riesgo ruido, posteriormente la empresa tomará la libre decisión de implementarlas tomando en cuenta el tiempo y los recursos económicos que esto implica. Además se beneficiaran los trabajadores porque dependiendo de la implementación futura se velará por su salud y seguridad evitando así enfermedades profesionales auditivas o accidentes en los diferentes puestos de trabajo.

La Constitución Política del Ecuador en la Sección Tercera “Formas de Trabajo y su retribución” Art. 326 numeral 5 dice: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.”³, la presente investigación pretende proponer medidas preventivas y correctivas que a futuro la empresa podrá implementarlas.

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo Decreto Ejecutivo 2393, constituye un Marco Legal vigente en el Ecuador, el cual en el Art 55⁴ enuncia límites permisibles de ruido, convirtiéndose en una herramienta para que la organización alcance el nivel de actuación preventiva ante el factor de riesgo ruido.

³ Constitución Política del Ecuador. (2010). *Formas de Trabajo y su retribución. Sección Tercera*. Art. 326 Numeral 5. Ecuador.

⁴ *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo Decreto Ejecutivo 2393*. Art 55. (1986). Ecuador.

Para las organizaciones es un deber vigilar que los accidentes laborales y enfermedades profesionales sean insignificantes o nulos. La empresa en cuestión, ha tomado la decisión de realizar este estudio, por lo que existe la facilidad de recolectar la información necesaria y se dispone de tiempo para lograr un estudio completo.

1.5 MARCO TEÓRICO

Dentro de las entidades gubernamentales ecuatorianas dedicadas a la Seguridad y Salud de los trabajadores están el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y el Ministerio de Relaciones Laborales (MRL), además de la Comunidad Andina de Naciones (CAN). Estas instituciones tienen como fin, impulsar, realizar y participar en estudios e investigaciones sobre la prevención de riesgos y mejoramiento del medio ambiente laboral; y, de manera especial en el diagnóstico de enfermedades profesionales.

Tomando como referencia la legislación nacional, Decreto Ejecutivo 2393, Reglamentos de los diferentes sectores de trabajo y leyes tanto del MRL e IESS, tienen por objeto promover la Seguridad y la Salud de los trabajadores mediante la aplicación de las medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de los riesgos derivados del trabajo.

La ausencia de un control de riesgos en la empresa puede ocasionar enfermedades profesionales y accidentes de las personas que trabajan en los mismos; se define como enfermedad profesional a “las afecciones agudas o crónicas causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión o trabajo que realiza el asegurado y que produce incapacidad⁵”; mientras que accidente de trabajo “Es todo suceso imprevisto y repentino que ocasione al afiliado lesión corporal o perturbación funcional, o la muerte inmediata o posterior, con ocasión o como consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena. También se considera Accidente de Trabajo, el que sufre el asegurado, al trasladarse directamente desde su domicilio al lugar de trabajo o viceversa⁶.”

La Organización Internacional del Trabajo garantiza la seguridad, el derecho a condiciones de trabajo seguras. Trata de hacer conciencia a todo el mundo sobre las dimensiones y consecuencias de los accidentes, lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo.

⁵ Estatuto del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Art. 177. (1996). Ecuador.

⁶ Estatuto del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Art. 174. (1996). Ecuador.

Todas estas entidades Asesoran, capacitan, controlan y realizan seguimientos de programas de prevención de riesgos laborales en los centros de trabajo con la finalidad de reducir la siniestralidad laboral, mejorar la productividad y aumentar la calidad de vida de los trabajadores.

Este estudio permitirá analizar y cumplir las normas constituidas en materia de Seguridad y Salud Ocupacional referente a ruido industrial.

1.6 MARCO CONCEPTUAL

A continuación se desarrollan conceptos, términos y definiciones relacionados con el tema propuesto.

1.6.1 Trabajo

Actividad social convenientemente organizada, que a través de la combinación de una serie de recursos de materias diferentes, como pueden ser principalmente, los propios trabajadores, los materiales, productos, equipos, máquinas, energía, tecnologías y organización, permite al ser humano alcanzar unos objetivos prefijados y satisfacer sus necesidades.

1.6.2 Salud

✓ O.M.S 1948

La salud es un estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente la ausencia de daño y enfermedad.

1.6.3 Higiene industrial

Disciplina preventiva cuyo objeto fundamental es identificar, evaluar y controlar, las concentraciones de los diferentes contaminantes ya fueran de carácter físico, químico o biológico presentes en los puestos de trabajo y que pueden llegar a producir determinadas alteraciones de la salud de los trabajadores.

1.6.4 Seguridad en el Trabajo

Disciplina preventiva que estudia todos los riesgos y condiciones materiales relacionadas con el trabajo, que podrían llegar a afectar directa o indirectamente, a la integridad física de los trabajadores.

1.6.5 Evaluación de riesgos

Estrategia para planificar todas aquellas actividades preventivas que sean precisas realizar en la empresa, con el objetivo de controlar los riesgos para la seguridad y Salud de los

trabajadores.

1.6.6 Peligro

Aquella fuente o situación con capacidad de producir daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o a una combinación de ellos.

1.6.7 Riesgo

El riesgo es una “situación que puede conducir a una consecuencia negativa no deseada en un acontecimiento” o, “la probabilidad de que suceda un determinado peligro potencial” o aún “consecuencias no deseadas de una actividad dada, en relación con la probabilidad de que ocurra.”⁷

“La combinación de la frecuencia y la probabilidad y de sus consecuencias que podrían derivarse de la materialización de un peligro”⁸

1.6.8 Accidente de Trabajo

Un accidente es “un acontecimiento inesperado en el cual un trabajador toma contacto o se expone a objetos, sustancias o energías que interrumpen el trabajo.”⁹

Se considera accidente de trabajo: “Es todo suceso imprevisto y repentino que ocasione al afiliado lesión corporal o perturbación funcional, o la muerte inmediata o posterior, con ocasión o como consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena. También se considera Accidente de Trabajo, el que sufre el asegurado, al trasladarse directamente desde su domicilio al lugar de trabajo o viceversa”¹⁰.

1.6.9 Enfermedad Ocupacional

“Las afecciones agudas o crónicas causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión o trabajo que realiza el asegurado y que produce incapacidad”¹¹.

1.6.10 Ruido

El “SONIDO” es la sensación percibida por la persona a través del órgano auditivo, debido a las diferencias de presión transmitidas por el aire y producidas por la vibración de un cuerpo. Cuando tal sensación resulta desagradable, se habla entonces de RUIDO.

El “RUIDO”, es todo sonido que puede producir una pérdida de audición, ser nocivo para la salud o interferir gravemente una actividad¹².

El ruido se define como aquel sonido no deseado. Es aquella emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia. Es un caso particular del sonido: se entiende por ruido aquél sonido no deseado.

⁷ Casal. (2001). p.99.

⁸ Mariño, H., Msc. MBA. (2009). *Fundamentos de Seguridad y Salud Ocupacional*. Presentacion power point. Unidad 2 y 3. Maestría de Seguridad y Salud. UISEK. Quito. p.1-35.

⁹ Fundación IPC, C. F., (2007). *Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en la Empresa*, Quito, p.45.

¹⁰ *Estatuto del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*. Art. 174. (1996). Ecuador.

¹¹ *Estatuto del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*. Art. 177. (1996). Ecuador.

¹² Boca, R., (2011). *Nuevas tecnologías de Instrumentación en Ruido y Vibraciones Humanas*. Florida. USA. p.2.

Un ruido es la sensación auditiva no deseada correspondiente generalmente a una variación aleatoria de la presión a lo largo del tiempo. Es un sonido complejo, y puede ser caracterizado por la frecuencia de los sonidos puros que lo componen y por la amplitud de la presión acústica correspondiente a cada una de esas frecuencias. Si estas últimas son muy numerosas, se caracteriza entonces el ruido por la repartición de la energía sonora en bandas de frecuencias contiguas, definiendo lo que se denomina espectro frecuencia del ruido. El espectro de frecuencias de un ruido varía aleatoriamente a lo largo del tiempo, a diferencia de otros sonidos complejos, como los acordes musicales, que siguen una ley de variación precisa.¹³

1.6.11 Tipos de Ruido

La clasificación del ruido se deriva en dos clases, que son ruido continuo y de impulso o impacto.

1.6.11.1 Ruido Continuo

Es aquel que se mantiene en el tiempo (más de 60 impactos por minuto), De banda ancha y nivel prácticamente constante que presenta fluctuaciones despreciables. ± 2 dB. Producido por maquinas que operan del mismo modo sin interrupción. Ejemplo: ventiladores, bombas centrifugas, motores y equipo de proceso. El ruido continuo se divide en:

✓ Ruido Continuo Constante o Estable

Es aquel cuyo nivel sonoro es constante en el tiempo, presenta diferencias menores a 5 dBA entre los valores máximos y mínimos.

✓ Ruido Continuo Fluctuante

Es aquel cuyo nivel sonoro fluctúa durante todo el período de medición, presenta diferencias mayores a 5 dBA entre los valores máximos y mínimos. El Ruido Continuo Fluctuante se divide en:

• Ruido Fluctuante Periódico o Intermitente

En el que se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior. Cuando la maquina opera en ciclos, o al pasar vehículos o aviones. Presenta características estables o fluctuantes durante un segundo o más, seguidas por interrupciones mayores o iguales a 0,5 segundos.

• Ruido Fluctuante Aleatorio

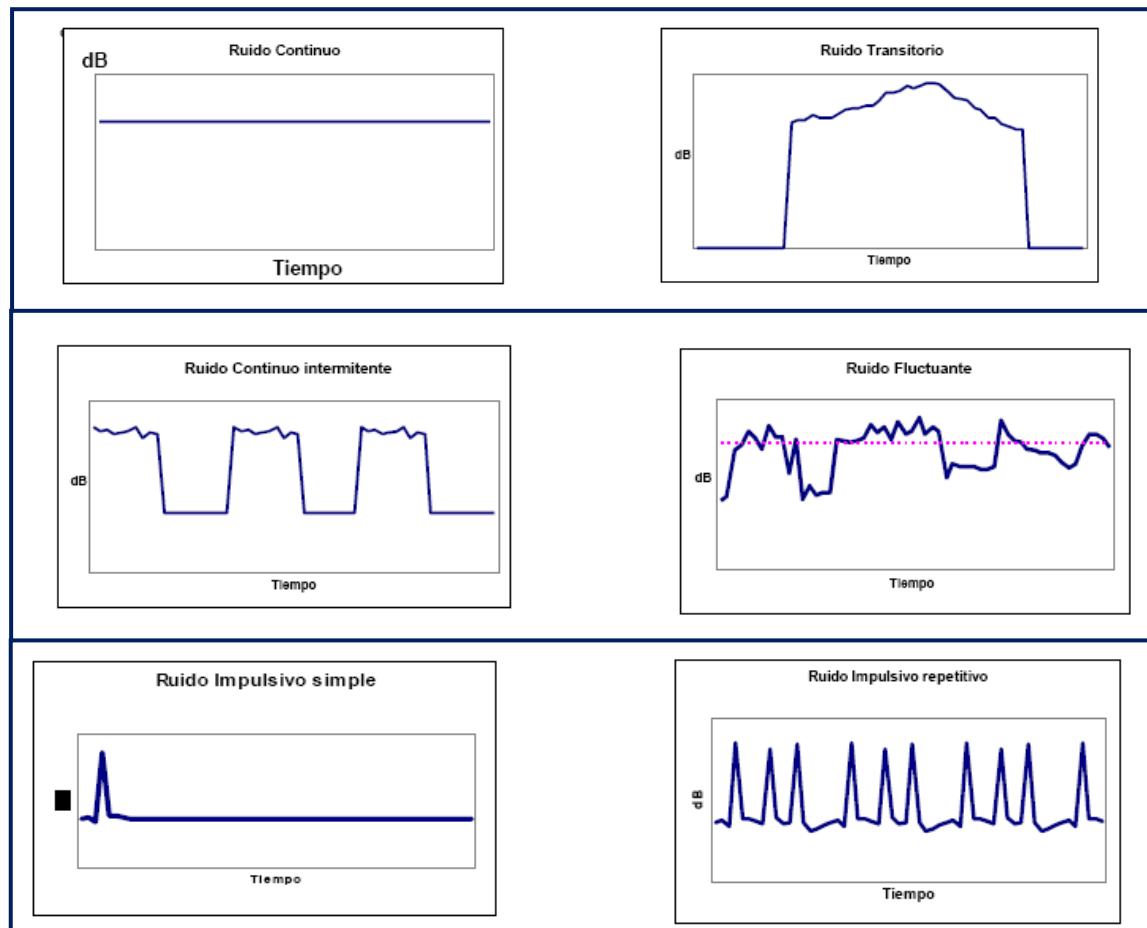
Varía continuamente sin apreciar estabilidad. Si el nivel sonoro varía de forma continua con el tiempo sin seguir un patrón definido. Ej: Taller Mecánico.

¹³ Segués, Fernando, Conceptos Básicos del Ruido Ambiental. Recuperado el 15 de junio de 2012, de: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentos/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>

1.6.11.2 Impulsivo o de impacto

Son de corta duración, con niveles de alta intensidad que aumentan y decaen rápidamente en menos de 1 segundo. Ruido de impacto o explosiones. Es breve y abrupto y su efecto sorprendente causa molestias, se producen menos de 60 impactos por minuto.^{14,15,16.}

Figura 6: Tipos de Ruido¹⁷



1.6.12 Sonómetro

Equipo de medición de ruido que mide de forma directa el nivel sonoro en un punto. Poseen filtros tipo A para registrar el sonido de forma idéntica a como lo percibe el oído humano.¹⁸

¹⁴ Corzo Gilbert A., Dr. Médico Ocupacional. (2010). *Ruido Industrial y Efectos a la Salud*. Recuperado el 15 de junio de 2012, de: <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>.

¹⁵ Salgado, Francisco. M.Sc. MBA. (2010). *Higiene Industrial II. Agentes Fisicos*. Presentacion power point. Sección 1. Maestría de Seguridad y Salud, UISEK. Quito – Ecuador.

¹⁶ Calisto Ramirez, Maria. Ing. M.Sc. (2010). *Higiene Industrial. Riesgos Fisicos*. Presentacion power point. Maestría de Seguridad y Salud. UISEK. Quito – Ecuador.

¹⁷ Segués, Fernando, *Conceptos Básicos del Ruido Ambiental*. Recuperado el 15 de junio de 2012, de: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentos/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>

1.6.13 Dosímetro

Es un sonómetro provisto de un filtro A, con posibilidad de acumulación de ruido, que proporciona, en valor promedio una dosis acumulada de los ruidos medidos en el tiempo. Se emplea para los trabajadores que se mueven en ambientes acústicos diferentes.¹⁹, normalmente cuando el ruido es fluctuante aleatorio.

1.6.14 Frecuencia (f)

La frecuencia de una onda sonora se define como el número de variaciones (ciclos) de presión que ocurren en la unidad de tiempo, generalmente un segundo. La unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el Hertzio (Hz).

La frecuencia es el factor que califica la agudeza del sonido, las más bajas corresponden con los denominados sonidos " graves " son sonidos de vibraciones lentas. Las frecuencias más altas corresponden a los tonos " agudos " y son vibraciones muy rápidas.

El oído normal de personas jóvenes adultas pueden percibir sonidos que se encuentran en el rango de frecuencias de 20 a 20,000 Hz, esta es la llamada gama de frecuencias audibles o rango de audición.

El oído humano es especialmente sensible a las frecuencias comprendidas entre los 1,000 y 5,000 Hz.

Las frecuencias correspondientes a la voz humana están entre los 300 y 3,000 Hz llamado rango de conversación.²⁰

1.6.15 Presión Sonora [Pa]

Es la variación de Presión que puede ser detectada por el oído humano. El umbral de percepción para un individuo se produce a partir de una presión sonora de 2×10^{-5} N/m². Es necesario utilizar los decibeles (dB) para expresar la magnitud de la presión sonora, la cual es el logaritmo (de base 10) de la relación de dos intensidades y viene dada por la siguiente expresión:

Nivel de Presión (dB) = $10 \log (\text{Presión acústica existente} / \text{Presión acústica de referencia})$.²¹

Para que las variaciones de la presión puedan producir sensación auditiva es imprescindible que se produzcan de forma rápida, del orden de 20 a 20000 veces por segundo. El campo de audición humana para ruidos está en las frecuencias de 20 y 20000 Hz.

El umbral de audición para un individuo con buenas características auditivas, se produce a partir de una presión sonora de 2×10^{-5} N/ m². El nivel de presión sonora máximo que el

¹⁸ Idem 13

¹⁹ Idem 13

²⁰ Google Imágenes. *Curvas de audibilidad*. Recuperado el 15 de junio de 2012, de: <http://www.google.com/imgres?imgurl=http://Aprendersinruidomadrid.files.wordpress.com>

²¹ Idem 12

oído puede soportar sin que aparezcan efectos dolorosos (umbral del dolor), se considera de 20 N/m^2 .

Entre esos rangos de presión, si pretendiéramos emplear las mencionadas unidades, tendríamos que utilizar una escala de un millón de unidades.

La escasa operatividad que supone la escala antes aludida ha traído consigo la utilización de otra, logarítmica, que utiliza como unidad el decibelio.

La magnitud de la presión sonora en decibelios dB, viene dada por la expresión:

Ecuación 1: Nivel de Presión Sonora

$$\text{Nivel de presión (en dB)} = 20 \text{ Log } \frac{\text{Presión acústica existente}}{\text{Presión acústica de referencia}} = 10 \text{ Log } \frac{P^2_{\text{ex}}}{P^2_{\text{ref}}}$$

Se toma como presión acústica de referencia la correspondiente al nivel de percepción, es decir $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$. Por lo tanto:

Ecuación 2: Nivel de Presión Sonora, nivel de percepción

$$\text{NPS} = 20 \text{ Log } \frac{20}{2 \times 10^{-5}} = 20 \times \text{Log } 10^6 = 120 \text{ dB}$$

El Nivel de presión sonora continuo equivalente NPSeq, es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total o dosis que el ruido medido.²²

1.6.16 Potencia Sonora [W]

Cantidad de energía sonora que radia una fuente en la unidad de tiempo. Es una característica propia y constante de la fuente.²³

La potencia acústica es la cantidad de energía radiada por una fuente determinada. El nivel de potencia acústica es la cantidad de energía total radiada en un segundo y se mide en vatios (w). La referencia es $1P_w = 10^{-12} \text{ w}$.

La potencia acústica es un valor intrínseco de la fuente y no depende del lugar donde se halle.

La potencia acústica de un foco sonoro es constante y solo depende de las características de la fuente. En cambio, la intensidad y la presión varían inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

²² Ídem 14

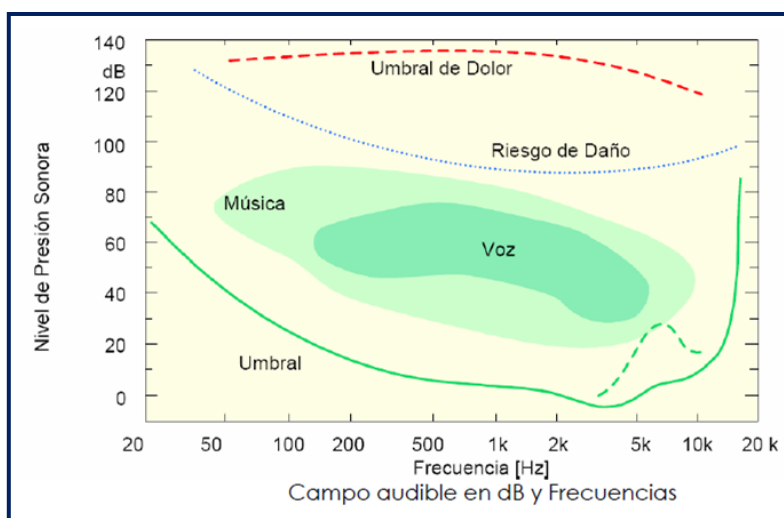
²³ Ídem 13

Las dos características del sonido mencionadas anteriormente, frecuencia y presión sonora son percibidas por el oído de una manera particular, que no se limita simplemente a la medición de un fenómeno físico sino a una sensación auditiva. Llamándose audibilidad a la magnitud de esta sensación auditiva.

Un sonido con el doble de presión sonora no es percibido por el oído con el doble de sonoridad.

Al aumentarse la frecuencia el oído percibe un aumento de tono. Sonidos de frecuencias diferentes e idénticas presiones sonoras, son percibidos por el oído con intensidades de sensación diferentes; las frecuencias graves o las muy agudas a pesar de tener la misma presión sonora se perciben más débilmente que las frecuencias medias. Por lo tanto, en el rango de frecuencias de 20 a 1,000 Hz se requiere de presiones sonoras progresivamente menores para que un sonido sea audible. De 1,000 a 4,000 Hz la respuesta del oído es casi constante. Para frecuencias superiores a 4,000 Hz se necesita de presiones sonoras cada vez mayores para que el sonido sea audible. Se obtiene así una curva de audibilidad o sensación auditiva que presenta una depresión en su parte central y que corresponde a la mayor sensibilidad del oído, de 1,000 a 4,000 Hz aproximadamente.

Figura 7: Curvas de audibilidad²⁴



1.6.17 Frecuencias y ancho de bandas normalizados

Frecuencia es el número de variación de presión por segundo, se mide en Hz. Las mediciones acústicas también se realizan a determinadas frecuencias, de acuerdo con las normas correspondientes. Estas frecuencias se establecen con base en la frecuencia de 1 KHz. Se han establecido tres series de frecuencias denominadas octavas (1/1), medias octavas (1/2) y tercios de octava (1/3) de banda.

Los seres humanos sólo podemos percibir el sonido en un rango de frecuencias relativamente reducido, aproximadamente entre 20 y 20.000 Hz.²⁵

²⁴ Google Imágenes. *Curvas de audibilidad*. Recuperado el 15 de junio de 2012, de: <http://www.google.com/imgres?imgurl=http://Aprendersinruidomadrid.files.wordpress.com>

1.6.18 Unidad de medida del sonido

El decibelio es una unidad logarítmica de medida utilizada en diferentes disciplinas de la ciencia. En todos los casos se usa para comparar una cantidad con otra llamada de referencia. Normalmente el valor tomado como referencia es siempre el menor valor de la cantidad.

En Acústica la mayoría de las veces el decibelio se utiliza para comparar la presión sonora, en el aire, con una presión de referencia. Este nivel de referencia tomado en Acústica, es una aproximación al nivel de presión mínimo que hace que nuestro oído sea capaz de percibirlo y es de 0.0002 μ bar.

El Bel es el logaritmo en base 10 de la relación de dos potencias o intensidades. No obstante esta unidad resulta demasiado grande por lo que se ha normalizado el uso de la décima parte del Bel, siendo el decibel o decibelio. La fórmula para su aplicación es la siguiente:

Ecuación 3: Decibel

$$Decibel(dB) = 10 \log \frac{Cantidad}{Cantidad\ referencia}$$

La relación de la escala decibel como medida del sonido se debe principalmente a las siguientes razones:

En la práctica, el rango de presiones sonoras a las cuáles pueden estar expuestas las personas, varía desde 0.0002 μ bar, hasta presiones sonoras superiores a 200 μ bar, siendo este último valor un millón de veces superior a la presión mínima que el oído normal puede detectar y al usar del decibelio se evita manejar números o muy pequeños o excesivamente grandes, llenos de ceros, con posibilidad de error muy grande al hacer cálculos.

Además la escala decibel se asemeja más a la respuesta del oído humano. Experimentos han demostrado que el comportamiento del oído humano está más cerca de una función logarítmica que de una lineal. Es capaz de percibir y soportar sonidos correspondientes a niveles de presión sonora entre 0 y 120 dB. Este último nivel de ruido marca aproximadamente el denominado “umbral del dolor”. A niveles de ruido superiores pueden producirse daños físicos como rotura del tímpano.

1.6.19 Filtro de ponderación A (dBA)

El oído no se comporta igual para el mismo nivel de presión en diferentes frecuencias. Por ejemplo tomemos un sonido lineal en toda la banda de 20 Hz a 20 KHz tenemos en todas las bandas un nivel de 30 dB, si el oído fuese lineal se oiría con la misma intensidad auditiva tanto las frecuencias bajas, como las medias y las agudas. Sin embargo esto no es

cierto el oído humano tiene una menor sensibilidad en las frecuencias mas graves, y en las más agudas frente a las medias.

Es necesario encontrar una forma de ajustar los niveles de dB que se han medido con la percepción que el oído tiene de los mismos según cada frecuencia.

Esta corrección se realiza ponderando los dB medidos mediante una tabla de ponderación ya especificada y que se llama tabla "A". Los decibelios ya ponderados en "A" se representan como dBA y los no ponderados, llamados lineales, como dB.

Tabla 2: Atenuación natural del oído humano

Frecuencias Hz	Atenuación natural, Filtro de ponderación "A"
31	-39
63	-26
125	-16
250	-9
500	-3
1.000	0
2.000	1
4.000	1
8.000	-1
16.000	-7

1.6.20 Espectro Acústico

Los ruidos se pueden descomponer en una superposición de sonidos puros de frecuencias diferentes. La repartición de la energía sonora en función de cada una de estas frecuencias define el espectro de frecuencias de ruido. El conocimiento del espectro permite establecer si el ruido contiene frecuencias bajas (graves), medias o altas (agudas). Este es un fenómeno importante de la investigación, ya que el oído humano reacciona de manera diferente según las frecuencias, y la propagación del ruido en el aire y a través de los obstáculos depende asimismo del espectro de frecuencias del ruido.

El dominio audible de frecuencias se sitúa aproximadamente en el intervalo 20-20.000 Hz. Para realizar un análisis de frecuencias- análisis espectral- se descompone este intervalo en bandas, y se determina el nivel de presión sonora correspondiente a cada una de las bandas. Estas bandas pueden ser:

- De ancho constante $\Delta f = k$
- De ancho proporcional a la frecuencia central. $\Delta f / f_c = k$

Este último tipo de repartición es el más utilizado en la práctica, y es el que corresponde al análisis por filtros de octava y por filtros de tercio de octava. Cada octava y tercio de

octava se denomina por el valor de su frecuencia central en Hz. Las frecuencias centrales del espectro se articulan alrededor del valor 1000 Hz.

La anchura de los filtros de octava es

$f_2 - f_1 = 0,707 f_c$, siendo $f_2 = 2 f_1$

f_1, f_2 son las frecuencias extremas de cada banda.

La palabra octava significa que el límite superior de la banda de frecuencia es el doble del límite inferior.

La anchura de los filtros de tercio de octava es:

$f_2 - f_1 = 0,232 f_c$, siendo $f_2 = 32 f_1$

El análisis espectral realizado en tercios de octava es más fino que en octavas. Los niveles obtenidos para una octava son superiores a los obtenidos para un tercio de octava, ya que cada uno de los primeros resulta de la suma energética de los niveles de los tres tercios de octava que contienen como se observa en la siguiente ilustración.

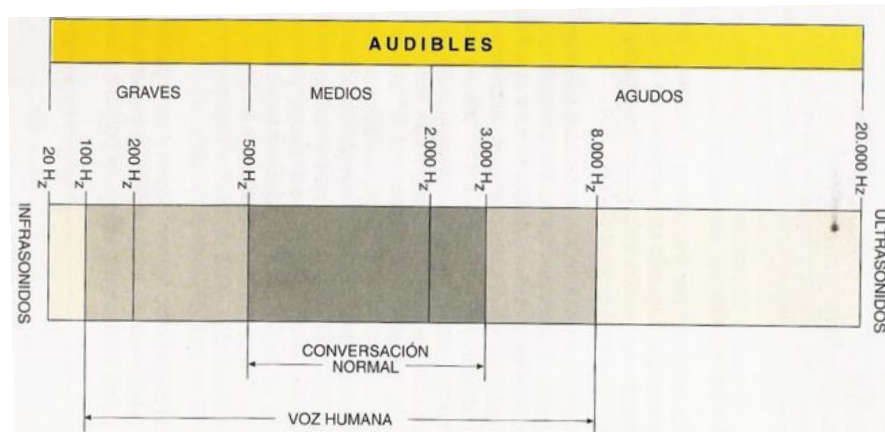
Tabla 3: Espectro en bandas de octava y tercio de octava²⁶

OCTAVAS EN Hz	1/3 OCTAVAS EN Hz
	16
	20
	25
31,5	31,5
	40
	50
63	63
	80
	100
125	125
	160
	200
250	250
	315
	400
500	500
	630
	800
1000	1000
	1250
	1600
2000	2000
	2500
	3150
4000	4000

²⁶ Segués, Fernando, Conceptos Básicos del Ruido Ambiental. Recuperado el 15 de junio de 2012, de: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentos/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>

OCTAVAS EN Hz	1/3 OCTAVAS EN Hz
	5000
8000	6300
	8000
	10000
16000	12500
	16000
	20000

Figura 8: Frecuencias Audibles



Fuente: Calisto Ramirez, Maria. Ing. M.Sc. (2010). *Higiene Industrial. Riesgos Fisicos*. Presentacion ppt.

1.6.21 Audiometría

La audiometría es una exploración de medida funcional de la audición, de reducido costo y de fácil realización, siendo necesario un aprendizaje para el uso del audiómetro, aparato electrónico que nos va a medir el umbral de audición, entendiendo como tal el mínimo nivel auditivo de la persona explorada para una frecuencia determinada. ²⁷

1.6.22 Ruido Industrial y Efectos a la Salud

La generación de sensaciones auditivas en el ser humano es un proceso extraordinariamente complejo, el cual se desarrolla en tres etapas básicas:

- Captación y procesamiento mecánico de las ondas sonoras.
- Conversión de la señal acústica (mecánica) en impulsos nerviosos, y transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro.
- Procesamiento neural de la información codificada en forma de impulsos nerviosos.

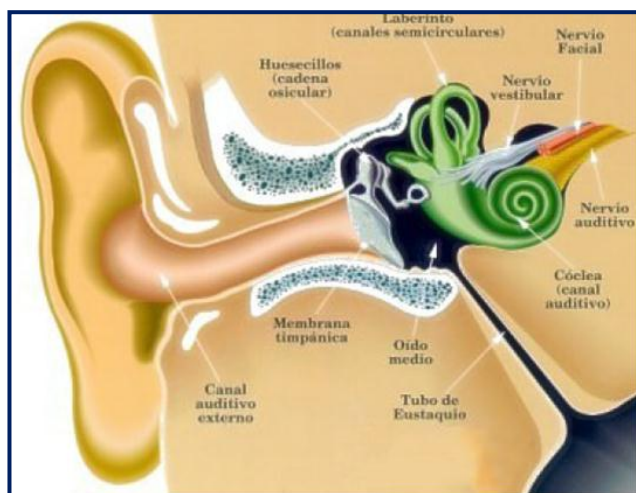
La captación, procesamiento y transducción de los estímulos sonoros se llevan a cabo en el oído propiamente dicho, mientras que la etapa de procesamiento neural, en la cual se producen las diversas sensaciones auditivas, se encuentra ubicada en el cerebro. Así pues, se pueden distinguir dos regiones o partes del sistema auditivo: la región periférica, en la cual los estímulos sonoros conservan su carácter original de ondas mecánicas hasta el

²⁷ Ídem 16

momento de su conversión en señales electroquímicas, y la región central, en la cual se transforman dichas señales en sensaciones.

El oído o región periférica se divide usualmente en tres zonas, llamadas oído externo, oído medio y oído interno, de acuerdo a su ubicación en el cráneo, como puede verse en la siguiente figura:

Figura 9: Partes del oído



Los estímulos sonoros se propagan a través de estas zonas, sufriendo diversas transformaciones hasta su conversión final en impulsos nerviosos. Tanto el procesamiento mecánico de las ondas sonoras como la conversión de éstas en señales electroquímicas son procesos no lineales, lo cual dificulta la caracterización y modelado de los fenómenos perceptuales.

El proceso de transducción o conversión de señal mecánica a electroquímica se desarrolla en el órgano de Corti, situado sobre la membrana basilar.

Las vibraciones de la membrana basilar hacen que ésta se mueva en sentido vertical. A su vez la membrana tectorial, ubicada sobre las células ciliares (los transductores), vibra igualmente; sin embargo, dado que los ejes de movimiento de ambas membranas son distintos, el efecto final es el de un desplazamiento "lateral" de la membrana tectorial con respecto a la membrana basilar. Como resultado, los cilios de las células ciliares externas se "doblan" hacia un lado u otro.

En el caso de las células internas, aún cuando sus cilios no están en contacto directo con la membrana tectorial, los desplazamientos del líquido y su alta viscosidad (relativa a las dimensiones de los cilios) hacen que dichos cilios se doblen también en la misma dirección.

La diferencia fundamental entre los dos fluidos de la cóclea, la perilinfa y la endolinfa, estriba en las distintas concentraciones de iones en los dos fluidos. De esta manera, la endolinfa se encuentra a un potencial eléctrico ligeramente positivo.

Por otro lado, los movimientos de los cilios en una dirección determinada, hacen que la conductividad de la membrana de las células ciliares aumente. Debido a las diferencias de potencial existentes, los cambios en la membrana modulan una corriente eléctrica que fluye a través de las células ciliares.

La consiguiente disminución en el potencial interno de las células internas provoca la activación de los terminales nerviosos aferentes, generándose un impulso nervioso que viaja hacia el cerebro. Por el contrario, cuando los cilios se doblan en la dirección opuesta, la conductividad de la membrana disminuye y se inhibe la generación de dichos impulsos.

Las fibras aferentes están conectadas mayormente con las células ciliares internas, por lo que es posible concluir con certeza que éstas son los verdaderos "sensores" del oído. Por el contrario, el papel de las células ciliares externas (más numerosas que las internas) era objeto de especulaciones hasta hace pocos años.

Recientemente se ha comprobado que dichas células no operan como receptores, sino como "músculos", es decir, como elementos móviles que pueden modificar las oscilaciones en la membrana basilar.

La actuación de las células ciliares externas parece ser la siguiente: para niveles de señal elevados, el movimiento del fluido que rodea los cilios de las células internas es suficiente para doblarlos, y las células externas se saturan. Sin embargo, cuando los niveles de señal son bajos, los desplazamientos de los cilios de las células internas son muy pequeños para activarlas; en este caso, las células externas se "alargan", aumentando la magnitud de la oscilación hasta que se saturan.

Este es un proceso no lineal de realimentación positiva de la energía mecánica, de modo que las células ciliares externas actúan como un control automático de ganancia, aumentando la sensibilidad del oído.

Este nuevo modelo del mecanismo de transducción nos indica que el conjunto formado por la membrana basilar y sus estructuras anexas forman un sistema activo, no lineal y con realimentación, y permite explicar dos fenómenos asociados al oído interno: el "tono de combinación", generado a partir de dos tonos de distinta frecuencia por un elemento no lineal que contiene un término cúbico, y las "emisiones otoacústicas", las cuales consisten en tonos generados en el oído interno en forma espontánea o estimulada, y que pueden llegar a ser audibles.

- **La nocividad del ruido depende de 5 factores fundamentales:**

1. Nivel de intensidad: El ruido máximo permitido es de 85 Decibeles, si la intensidad es mayor debe protegerse al trabajador.
2. Tiempo de exposición.
3. Frecuencia: Los ruidos de alta frecuencia son más nocivos que los de baja frecuencia.
4. Intervalo entre las exposiciones.
5. Sujeto pasivo receptor.

En general, dentro de los efectos del ruido se encuentran:

- Cefalea.
- Dificultad para la comunicación oral.
- Disminución de la capacidad auditiva o hipoacusia.
- Perturbación del sueño y descanso.
- Estrés.
- Fatiga, neurosis, depresión.
- Molestias o sensaciones desagradables que el ruido provoca. A menudo se acompaña de zumbido y tinnitus, en forma continua o intermitente.
- Efectos sobre el rendimiento.
- Alteración del sistema circulatorio (Hipertensión arterial y vasoespasmo) y digestivo (Aumento de secreciones y peristaltismo intestinal).
- Aumento de secreciones hormonales: tiroides y suprarrenales (cortisol)
- Trastornos en el sistema neurosensorial
- Disfunción sexual.
- Otros efectos.

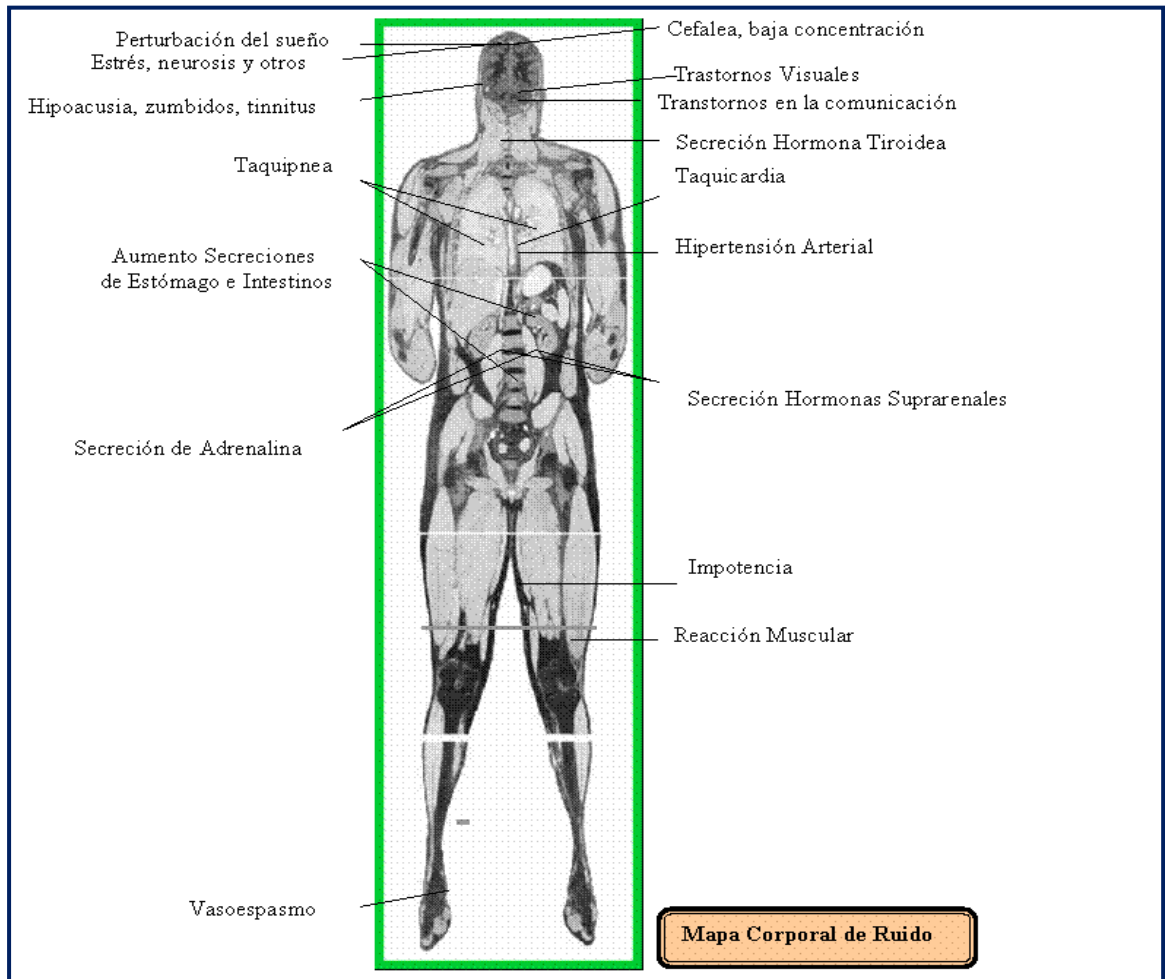
El conocimiento de los principios anatómicos y fisiológicos de la pérdida auditiva, la han clasificado en Pérdida Conductiva, cuando se interrumpe la transmisión del sonido del conducto auditivo externo al oído interno; y Pérdida Neurosensorial, por lesión del oído interno o del nervio auditivo.

Existen varios mecanismos de exposición a un ambiente ruidoso, esto puede ser de manera continua, fluctuante, intermitente o impulsiva y dependerá de ello la profundidad y la rapidez con la que se desarrolle la pérdida auditiva, aunque en cualquiera de estos casos, es lamentablemente irreversible. El sitio primario de lesión es al nivel de los receptores sensoriales en la cóclea (oído interno), esto es, en las células ciliadas externas del órgano de Corti; en algunos casos, las células de sostén también pueden verse afectadas. Dependiendo de los estímulos (intensidad, duración, frecuencia, tono, horario etc.) el ruido puede causar daño a las células ciliadas que van desde su destrucción total a lesiones en alguna de sus supraestructuras (ejemplo, estereocilios); sin embargo, cualquier que sea el daño, generalmente se traduce en alteraciones en la función auditiva. Sin embargo, los efectos a la salud son sistémicos.

No todos los fenómenos perceptuales auditivos están relacionados directamente con un fenómeno físico sino que reflejan un conjunto muy complejo de relaciones que, para poder ser descritos, requieren de calificativos subjetivos de difícil repetitividad entre observadores, lo cual abarca el campo de la psicoacusia.

A continuación se grafica el Mapa Corporal para Ruido, que resume gráficamente los efectos a la salud:

Figura 10: Mapa Corporal de Ruido



La exposición a ruido produce sobre las personas una serie de alteraciones diversas que pueden clasificarse en cuatro grupos:

- Efectos psicológicos.
- Interferencias con la conversación y la seguridad.
- Efectos fisiológicos extra-auditivos.
- Efectos fisiológicos auditivos.

1.6.22.1 Efectos psicológicos

En general se ha detectado un entorpecimiento de muchas funciones psíquicas y motrices, aunque como efecto particular más conocido se puede citar el trabajo intelectual, el cual se ve dificultado en un ambiente ruidoso.

Al analizar los efectos del ruido sobre el rendimiento, es preciso atender a cuatro aspectos:

- Efectos sobre el nivel de alerta del trabajador, que se pueden producir por inesperados ruidos fuertes que producen cambios transitorios en la respuesta fisiológica del mismo. Asimismo, cuando se modifica el fondo acústico, después de un largo periodo de trabajo continuado, mejora el nivel de vigilancia del trabajador.
- Efectos sobre el control de los sujetos, que se ve afectado claramente por el ruido.
- Efectos estratégicos; esto es, influencia sobre la forma de realizar la tarea.
- Efectos sobre la atención. Tal vez los más claros se producen en las tareas de vigilancia, que se han estudiado en profundidad dentro del marco de la Teoría de Detección de Señales. Los efectos se pueden dar tanto sobre la eficacia de la respuesta, como sobre la sensibilidad perceptiva de los sujetos.

Es curioso que haya pocos estudios que relacionen los efectos del ruido sobre la productividad de los trabajadores.

En general, es claro que el ruido tiende a asociarse con la accidentalidad, habiéndose encontrado que el nivel medio de ruido en el puesto de trabajo correlaciona significativamente con la frecuencia de los accidentes, aunque existen múltiples variables moduladoras de dicha relación, como la edad y la experiencia de los trabajadores o la propia intensidad del ruido, por ejemplo.

1.6.22.2 Interferencias con la comunicación y la seguridad

El ruido puede interferir en las señales auditivas (enmascaramiento). Las interferencias en la comunicación dan lugar a errores en la transmisión de órdenes y a una disminución de la seguridad en el puesto de trabajo.

Los efectos de las interferencias, ya sean sobre sonidos no hablados o sobre la comunicación oral, son tremendamente complejos y los efectos pueden afectar tanto al emisor como al receptor del mensaje.

1.6.22.3 Efectos fisiológicos extra-auditivos.

Entre los efectos fisiológicos se ha comprobado que el ruido produce un aumento de la presión sanguínea, acelera la actividad cardíaca, eleva el metabolismo y produce trastornos digestivos.

Los resultados de varios estudios indican que el efecto sobre la presión sanguínea puede persistir después de la terminación de la exposición al ruido (aunque en grado menor) y así eventualmente producir hipertensión.

En lo concerniente a las hormonas hipofisiarias, el sonido produce un aumento de la producción de la mayoría de ellas, de las cuáles la ACTH, es quizá la más importante. El aumento de la producción de Cortisol de la corteza adrenal por cual, entre otras cosas, aumenta la sensibilidad a la Adrenalina y a la Nor-Adrenalina, los niveles de azúcar se elevan y la actividad inmunológica es deprimida.

Recientes estudios han demostrado que un aumento de la secreción de Cortisol puede reducir la función de desintoxicación del hígado.

1.6.22.4 Efectos Auditivos

El principal problema que genera la exposición a un sonido intenso, es que se produce una pérdida de su capacidad auditiva. Esta afirmación, se manifiesta más claramente en el hecho de que la persona que ejecuta una operación ruidosa “siente” menos el ruido que otra persona próxima al foco que no se encuentra “avisada” de que se va a producir una emisión de ruido. La explicación de este fenómeno reside en la posibilidad de actuación de músculos del oído medio, limitando la recepción sonora. Este argumento aparentemente concluyente, no refleja exactamente la realidad, que es mucho más compleja.

El deterioro auditivo inducido por ruido es a menudo subestimado porque no provoca efectos visibles ni, en la mayoría de los casos, dolor alguno. Las pérdidas auditivas pueden ser tan graduales que pasan inadvertidas hasta que el deterioro resulta discapacitante.

Inicialmente sólo se produce una pérdida de comunicación gradual y progresiva con familiares y amigos y una pérdida de sensibilidad a los sonidos del entorno, como el canto de los pájaros o la música. Por desgracia, la capacidad de oír correctamente suele darse por supuesta hasta que se pierde.

La primera señal suele ser que los demás parecen no hablar tan claramente como solían. La persona afectada tiene que pedir a los demás que le repitan y a menudo observa cómo éstos se molestan por su aparente falta de consideración. Con frecuencia tiene que decir a su familia y amigos cosas como: “No me grites. Te oigo, pero es que no entiendo lo que dices.” A medida que aumenta la pérdida auditiva, el afectado comienza a retraerse de las relaciones sociales. Los actos religiosos, las reuniones cívicas, las reuniones sociales o los espectáculos comienzan a perder su atractivo y la persona prefiere quedarse en casa. Finalmente, la situación puede llegar a tal punto que el afectado sólo se comunique con sus familiares o amigos con grandes dificultades, y es entonces cuando se encuentra realmente aislado. Un audífono puede ayudar en algunos casos, pero nunca se restaura la claridad de la audición natural del mismo modo que se consigue en el caso de la visión con el uso de gafas graduadas.²⁸

En general, se utiliza como unidad de medida, el nivel al que la persona es capaz de detectar los sonidos, esto es, el umbral auditivo. De esta forma, se pueden distinguir tres tipos de pérdida de la capacidad auditiva:

²⁸ Sutter. A. (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo O.I.T.*, capítulo 47 página 4.

- **Sordera Temporal, cambios temporales en el umbral:**

Son elevaciones reversibles del umbral, que se mantienen durante un corto periodo de tiempo. Este problema está relacionado con la frecuencia, intensidad y duración del ruido y es el que presentan muchos trabajadores al finalizar su jornada laboral y que, al despertarse al día siguiente, se dan cuenta de que han "recuperado el oído".

- **Sordera permanente, aumento permanente del umbral:**

Es un aumento no reversible del umbral auditivo y por tanto, es un efecto a largo plazo, clínicamente se conoce como sordera profesional.

La pérdida auditiva por una exposición continua a ruido intenso resulta del daño que se produce en menor o mayor extensión en las células sensoriales del oído interno. La destrucción progresiva del oído interno comienza de una manera oculta para las personas expuestas, porque las lesiones aparecen primero en las regiones del oído interno que responden a frecuencias superiores a la voz.

La sordera profesional se caracteriza principalmente por los siguientes aspectos:

- Se presenta generalmente en ambos oídos.
- Se exagera con el trabajo y se atenúa con el reposo.
- No progresa si la persona es retirada del ambiente ruidoso.
- Es irreversible.

Cuando la exposición continúa las pérdidas se hacen mayores y se extienden a frecuencias sobre y bajo el rango del lenguaje.

Con períodos de exposición largos, la pérdida progresa llegándose a un déficit hasta de 50 decibelios a 4,000 Hz que se extiende a frecuencias vecinas. En esta etapa no se aprecia la voz susurrada. No se puede seguir la conversación normal. Se observan pérdidas en frecuencias altas y graves.

A veces el ruido ocasiona en el oído un sonido de sombra "campanileo" que generalmente persiste todo el tiempo o se presenta al ponerse el oído en contacto con un medio ruidoso. Tiene una tonalidad aguda y constante y llega a impedir el sueño a las personas.

En este caso, es preciso abordar tres aspectos importantes para la seguridad de los trabajadores:

- El límite de exposición a un ruido continuo durante el trabajo diario;
- Cómo combinar la intensidad del ruido con el tiempo de exposición al mismo y
- Los límites de seguridad que combinan la intensidad del ruido con el número de "picos sonoros" que se producen.

- **Hipoacusia Ocupacional**

Es la alteración de la audición de uno o ambos oídos, parcial o completa, permanente y acumulativa de tipo sensorineural, que surge durante y como resultado de la exposición a niveles peligrosos de Ruido Laboral.²⁹

- **Trauma acústico:**

Esto es, el resultado de una única exposición, habitualmente breve, a un ruido extremadamente intenso, tal como una explosión. En general, se considera que, para una explosión simple, el límite superior se sitúa en los 140 dB.

1.6.22.5 Factores de Riesgo en la Exposición a Ruido

Una exposición a ruido puede causar pérdidas auditivas de mayor o menor magnitud, dependiendo principalmente de los siguientes factores:

- **Nivel de Intensidad de Ruido**

Niveles sonoros inferiores a 80 dB, no son peligrosos para la audición durante largos períodos de exposición. Se considera que cualquier exposición de corta duración a ruidos con niveles de 130 dB, puede causar daños permanentes en la audición y por tanto deben evitarse.

- **Rango de frecuencias:**

Los tonos agudos son más traumáticos que los graves. Un sonido de tono agudo tiene el mismo efecto traumático que uno grave aunque su intensidad sea menor, ya que llega antes al umbral de audición; por otra parte, el efecto protector de la cadena de huesecillos producido por el bloqueo de la misma, gracias a las contracción del músculo del martillo y del estribo, es menor para los tonos agudos que para los graves.

- **Exposición diaria:**

Una exposición diaria de varias horas, durante muchos años, va a crear lesiones definitivas de forma progresiva.

Los intervalos de reposo o de silencio, constituyen un factor fundamental, se ha comprobado que la acción traumática de un ruido durante una semana de trabajo, cesa con un día de descanso, para volver de nuevo a reiniciarse la sintomatología.

²⁹ Cifuentes, T. En Med Mar. (1997). *El enmascaramiento, su utilización correcta en las audiometrías*, Formación Continuada SEMM. Medicina Marítima. Recuperado el 16 de octubre de 2011, de: <http://www.semm.org/audtimp.html>.

- **Exposición total a lo largo de la vida:**

Cuanto más prolongada es la exposición a ruido, tanto mayor es el riesgo. La sordera se agrava de forma progresiva con el transcurso del tiempo.

- **Tipo de ruido**

Influye por un lado el espectro de frecuencia y por otro la variabilidad en el tiempo (continuo o fluctuante). En general se acepta que el ruido continuo se tolera mejor que el discontinuo. Los ruidos de banda estrecha son más nocivos que los de banda de frecuencias anchas. Los ruidos de impacto con niveles superiores a 140 dB pueden generar un trauma acústico inmediato.

Susceptibilidad individual: influye en la rapidez de adaptación y evolución del déficit auditivo y explica el hecho frecuente de que personas con poco tiempo de exposición, presentan alteraciones severas de la audición en contraposición con aquellas que no presentan alteraciones a pesar de una larga exposición, estando unos y otros expuestos a intensidades similares de ruido.

- **Edad:**

La capacidad auditiva disminuye con la edad. Los oídos de personas jóvenes resisten mejor al ruido que las personas de edad.

- **Afecciones anteriores del oído:**

En términos generales se considera que la patología auditiva previa a la exposición del ruido favorece la aparición del trauma acústico.

1.7 HIPÓTESIS DEL TRABAJO

El ruido existente en el Área del Cuarto de Maquinas, podría causar hipoacusia laboral y otras repercusiones fisiológicas de tipo auditivo en los operadores dependiendo del tiempo de exposición y decibeles que superen los límites permisibles.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

1.8.1 Tipo de Estudio

El método que se va aplicar es de los siguientes ámbitos:

- ✓ Transversal: Según el período y secuencia del estudio, es decir, se va a realizar un corte transversal, las variables se medirán en un momento actual de tiempo.

- ✓ Descriptivo: Según el análisis y alcance de los resultados, “Una sola población en la cual se describe la naturaleza y magnitud del problema ”; Es observar el fenómeno o problema, sin modificarlo, solamente se estudia su comportamiento o tendencia en un período determinado (opcional La Hipótesis).
- ✓ Analítico: Trata de establecer una asociación de causa o factor de riesgo entre las variables, por medio de algún diseño de estudio que demuestre esa fuerte correlación (necesita hipótesis).
- ✓ Experimental de Campo: Se deberá describir los procedimientos o metodología. Debe explicar en qué forma se va obtener los datos así como sus limitantes.^{30,31}

1.8.2 Metodología NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos

Se basa en la Evaluación de ruido en función del Nivel de Presión Sonora y el Tiempo de Exposición, tomando como referencia la NTP 270.

Se indican a continuación las Técnicas Estadísticas, Muestreo, Variables, Procedimiento, Tiempo y Recursos.

1.8.2.1 Objetivo

El objetivo de esta Nota Técnica es facilitar una metodología que permita determinar el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, representativo de las condiciones de exposición al ruido, así como el nivel de pico, de acuerdo con las condiciones señaladas en el Real Decreto 1316/1989 de 27 de Octubre sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

1.8.2.2 Estudio previo

Debe incluir:

- Identificación de todos los puestos de trabajo susceptibles de ser evaluados, exceptuando aquellos cuyo nivel diario equivalente y nivel de pico sean manifiestamente inferiores a 80 dBA y/o 140 dB respectivamente. No se excluirán de la evaluación aquellos puestos en los que existan dudas razonables al respecto.
- Localización de todas las fuentes generadoras de ruido y estimación de los puestos de trabajo a los que afectan.

³⁰ Losano Zanelly, Glenn, Dr., (2010). *Primer Encuentro de Estudiantes Investigadores, Instituto de Investigación Docencia y Asesoría en Salud INIDASA*. Lima – Perú. Recuperado el 4 de mayo de 2012, de: <http://www.slideshare.net/Prymer/gua-de-investigacin>.

³¹ Vásquez Hidalgo, Antonio. Dr. Msp. (2005) *Guía Protocolo de Investigación 2*. Facultad de Medicina UES. El Salvador. Recuperado el 4 de mayo de 2012, de: <http://www.redisal.org.sv/Inventario/GUIA%20PROTOCOLO%20de%20investigacion.pdf>

- Descripción del ciclo de trabajo, esto es, el mínimo conjunto ordenado de tareas que se repite cíclica y sucesivamente a lo largo de la jornada de trabajo, constituyendo el quehacer habitual del individuo que ocupa dicho puesto.
- El conocimiento de las fuentes generadoras de ruido y de los ciclos de trabajo permitirá, en ocasiones, establecer grupos homogéneos de puestos cuya exposición sea equivalente. Esto puede simplificar el número de mediciones a realizar, extrapolando los datos obtenidos para un puesto de trabajo a todo el grupo homogéneo.

1.8.2.3 Metodología de evaluación

- Ruido estable

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características mencionadas anteriormente en el apartado 4, realizando como mínimo 5 mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ($L_{Aeq,T}$) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se tendrían en cuenta, así mismo, las características descritas en el apartado 4 y se obtendría directamente el $L_{Aeq,T}$. Como precaución podrían efectuarse un mínimo de tres mediciones de corta duración a lo largo del periodo T y considerar como $L_{Aeq,T}$ la media aritmética de ellas.

- Ruido periódico

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro según lo indicado en el apartado 4. Si la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente (L_{Aeq}) obtenidos es inferior o igual a 2dB, el número de mediciones puede limitarse a tres. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de cinco. El $L_{Aeq,T}$ se calcula entonces a partir del valor medio de los L_{Aeq} obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación.

- Ruido aleatorio

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

1.8.2.4 Método directo

El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado.

1.8.2.5 Método de muestreo

Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos.

1.8.2.6 Ciclo de trabajo

Si la exposición de un trabajador al ruido se ajusta a un ciclo determinado (ciclo de trabajo), las mediciones deberán ser representativas de un número entero de ciclos.

Cuando el ciclo esté compuesto por subciclos, y éstos correspondan a tipos de ruido diferentes, se obtendrán los diferentes $L_{Aeq,T}$ según lo indicado en los apartados anteriores.

Los $L_{Aeq,Ti}$ representativos de los distintos subciclos (i), en su caso, nos conducirán al $L_{Aeq,T}$ mediante la expresión:

Ecuación 4: Nivel Equivalente, $L_{Aeq,T}$

$$L_{Aeq,T} = 10 \log (1/T) \sum_i T_i \cdot 10^{0.1 L_{Aeq,Ti}} \quad (1)$$

siendo:

- T: tiempo total del ciclo
- i: número de subciclos
- T_i : tiempo de cada subciclo

Este $L_{Aeq,T}$ corresponderá al $L_{Aeq,d}$ cuando la jornada laboral coincida con el tiempo de exposición al ruido. Si en dicha jornada laboral existen intervalos de no exposición al ruido, el nivel diario equivalente vendrá dado por la ecuación:

Ecuación 5: Nivel Equivalente, $L_{Aeq,d}$

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log (T'/8) \quad (2)$$

siendo:

T' el tiempo de exposición al ruido en horas/día.

Cuando no sea posible establecer dichos subciclos, se utilizará el método correspondiente al ruido aleatorio.

1.8.2.7 Muestreo de ciclos de trabajo

Debido a que los niveles de ruido varían de un ciclo a otro a causa de fluctuaciones de variables no controladas, siempre podrá efectuarse una estimación del $L_{Aeq,T}$, así como un intervalo de confianza alrededor de este valor, mediante la metodología expuesta anteriormente.

1.8.2.8 Evaluación del $L_{Aeq,d}$ por muestreo

El método expuesto a continuación permite estimar, a partir de un cálculo realizado en un número limitado de muestras prefijadas al azar, el valor probable de $L_{Aeq,d}$, así como el intervalo de confianza alrededor de este valor.

Este método se realizará necesariamente en las circunstancias que se han descrito anteriormente y opcionalmente en cualquier caso.

1.8.2.9 Elección del momento de la medición

Este método exige que las mediciones se efectúen de forma aleatoria en el tiempo. Si se pretende obtener el nivel equivalente de diversos

ciclos de trabajo, la elección de los ciclos en los que efectuaremos las mediciones se llevará a cabo mediante la utilización de una tabla de números aleatorios.

Si el periodo en el cual el ruido es aleatorio no corresponde a la totalidad de la jornada laboral, sino que se trata de un subciclo de trabajo, se deberá elegir también de forma aleatoria el momento de la medición.

En el caso en que el ruido aleatorio abarque la totalidad de la exposición del trabajador, la tabla 1 proporciona directamente el día y la hora de la jornada en que se debe efectuar la medición, teniendo en cuenta que la hora real de aplicación estará en función de la hora de inicio de la jornada laboral.

Tabla 4: Números aleatorios para la medición de ruido

VIERNES	3ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	6ª	VIERNES	7ª
LUNES	6ª	MARTES	8ª	MARTES	1ª	MARTES	8ª	MIÉRCOLES	8ª
MIÉRCOLES	2ª	LUNES	8ª	LUNES	6ª	LUNES	3ª	MARTES	2ª
LUNES	8ª	JUEVES	5ª	LUNES	1ª	MARTES	5ª	MARTES	3ª
LUNES	4ª	LUNES	1ª	LUNES	1ª	VIERNES	7ª	LUNES	1ª
VIERNES	7ª	MARTES	6ª	LUNES	7ª	JUEVES	8ª	JUEVES	8ª
LUNES	8ª	MIÉRCOLES	7ª	MIÉRCOLES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	5ª
VIERNES	5ª	LUNES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	MARTES	8ª
MIÉRCOLES	5ª	LUNES	2ª	MARTES	8ª	MARTES	6ª	MARTES	7ª
VIERNES	3ª	JUEVES	4ª	LUNES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	2ª
MIÉRCOLES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	JUEVES	1ª	MIÉRCOLES	1ª
MIÉRCOLES	7ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	LUNES	1ª	VIERNES	2ª
MARTES	4ª	MARTES	8ª	LUNES	4ª	VIERNES	6ª	MIÉRCOLES	2ª
LUNES	3ª	MARTES	7ª	JUEVES	4ª	MARTES	5ª	MIÉRCOLES	1ª
MARTES	1ª	VIERNES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	5ª	MIÉRCOLES	4ª
MIÉRCOLES	6ª	MIÉRCOLES	1ª	JUEVES	6ª	MIÉRCOLES	1ª	MIÉRCOLES	2ª
VIERNES	6ª	MIÉRCOLES	3ª	MARTES	1ª	MIÉRCOLES	7ª	MARTES	7ª
LUNES	7ª	JUEVES	3ª	LUNES	1ª	MIÉRCOLES	7ª	VIERNES	7ª
LUNES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	4ª	MIÉRCOLES	1ª	LUNES	3ª
MARTES	3ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	6ª	MARTES	2ª	MARTES	1ª
MARTES	1ª	MIÉRCOLES	6ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	1ª	MIÉRCOLES	7ª
MIÉRCOLES	2ª	LUNES	1ª	MIÉRCOLES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	6ª
MIÉRCOLES	6ª	MARTES	3ª	LUNES	3ª	LUNES	5ª	LUNES	3ª
MARTES	7ª	MARTES	1ª	LUNES	3ª	VIERNES	1ª	MIÉRCOLES	1ª
LUNES	5ª	MIÉRCOLES	2ª	MARTES	5ª	JUEVES	2ª	MIÉRCOLES	4ª
MIÉRCOLES	2ª	MARTES	5ª	MARTES	3ª	LUNES	5ª	MARTES	6ª
LUNES	5ª	VIERNES	5ª	MIÉRCOLES	2ª	MARTES	3ª	MARTES	6ª
LUNES	8ª	LUNES	1ª	LUNES	7ª	VIERNES	2ª	MIÉRCOLES	7ª
MARTES	1ª	LUNES	7ª	MIÉRCOLES	5ª	LUNES	6ª	JUEVES	4ª
MARTES	8ª	VIERNES	2ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	8ª	MARTES	2ª

La metodología será la siguiente:

- Elegimos arbitrariamente en la tabla una posición de partida.
- El resultado obtenido nos proporciona la información del día de la semana y la hora de la jornada laboral en que deberemos efectuar la medición.
- Seguimos leyendo en la tabla hacia abajo, utilizando el mismo método para cada dato que encontremos, hasta obtener el número de muestras conveniente.

1.8.2.10 Estimación estadística de $L_{Aeq,d}$

Se parte de la hipótesis de que la exposición al ruido durante un período largo de trabajo - varios años- sigue una distribución normal, siendo su media $L_{Aeq,d}$.

Según esta hipótesis, la estimación de la distribución normal se realizaría, como se indica en la Norma Francesa (NF - S31 - 084) utilizando la distribución 't' de Student convencional.

Los pasos a seguir son los siguientes:

A. Cálculo de la media y la desviación estándar.

Sea L_i , el nivel de L_{Aeq} de la muestra ($i = 1, 2, \dots, n$).

La estimación de la media vendrá dada por la relación

Ecuación 6: Nivel Equivalente, L_{Aeq}

$$L_{Aeq,d} = \frac{\sum L_i}{n_i}$$

Los límites de confianza al 95% alrededor de este valor están dados en la tabla 4, en función del número n de muestras evaluadas y de la desviación tipo S_L de los niveles L_i , calculada por la fórmula:

Ecuación 7: Desviación tipo S_L

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum (L_i - L)^2}{n - 1}}$$

- B. Búsqueda en la tabla del error cometido en la determinación, según el número de muestras y la desviación estándar obtenidos.
- C. Si el errores superiora 2 dBA, el número de muestras es insuficiente, por lo que debe repetirse el muestreo al azar y los cálculos.

Ver Anexo 1: Intervalos de confianza al 95% de la NTP 270.

Como el intervalo de confianza es superior a 2, deberemos efectuar sucesivas mediciones.³²

1.8.2.11 Técnicas e Instrumentos

Se utilizará un equipo de medición **sonómetro** de marca Quest Technologies EQ3-SON01, modelo SOUNDPRO SE/DL, Tipo 1, con integrador de bandas de octava, con certificado de calibración vigente, con funciones que permiten medir en dBA, el cual mide de forma directa el nivel sonoro en un punto. Se realizará:

Las mediciones se las desarrollara durante las jornadas de trabajo bajo condiciones de operación actuales.

El tiempo de medición variará según el tipo de ruido y las condiciones ambientales presentes en cada uno de ellos. La determinación que se hace durante el estudio previo respecto al número de ciclos y/o tareas realizadas, considerando el tiempo utilizado en cada una de ellas.³³

Una vez identificadas se compara la dosis de exposición obtenida con los valores umbrales permisibles:

El Criterio de Evaluación es de acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, expedido con Registro Oficial 595 del 17 de Noviembre de 1986, **Art. 55 Ruidos y Vibraciones - numeral 7**, que dice:

“7. (Reformado por el Art. 34 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medido en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Tabla 5: Niveles Sonoros permitidos

<i>Nivel sonoro</i>	<i>Tiempo de exposición</i>
<i>dB (A-lento)</i>	<i>por jornada/hora</i>
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

³² * NTP 270. (2006). *Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España.*

³³ Calisto Ramirez, Maria. Ing. M.Sc. (2010). *Higiene Industrial. Riesgos Fisicos. Ruido Industrial.* Presentacion power point. Maestría de Seguridad y Salud. UISEK. Quito – Ecuador.

Los distintos niveles sonoros y sus correspondientes tiempos de exposición permitidos señalados, corresponden a exposiciones continuas equivalentes en que la dosis de ruido diaria (D) es igual a 1.”³⁴

Se analizará los resultados de las audiometrías de los trabajadores expuestos con el fin de obtener conclusiones. Dichas audiometrías lo ha realizado la empresa, se utilizó el método Audiometría tonal pura, la cual consiste en la estimulación auditiva por medio de la vía aérea y de la vía ósea. La transmisión sonora por la vía aérea se realiza a través del aire colocando unos auriculares en el pabellón de la oreja, y la estimulación sonora por la vía ósea si amerita se realiza colocando un vibrador en la apófisis mastoides. Las frecuencias exploradas por medio de esta técnica son las de 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz y la intensidad del estímulo varía desde -10 a 110 dB.³⁵

Se usó una cámara silente y un audiómetro GSI 61 clinical audiometer para la obtención de los resultados de las audiometrías que se realizaron a los trabajadores expuestos.

³⁴ Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, expedido con Registro Oficial 595. (1986). Art. 55. *Ruidos y Vibraciones*. Numeral 7. Ecuador.

³⁵ Ídem 21

CAPITULO II

La Gestión Técnica de los factores de riesgos es uno de los aspectos que contempla el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, es la optimización de las condiciones de trabajo, para prevenir riesgos ocupacionales y así contribuir a la calidad, al bienestar de los integrantes de la organización, al medio ambiente, a la competitividad empresarial y a la mejora continua; la normativa que lo exige es el Reglamento de Riesgos del Trabajo del IESS, Resolución 390, en su Art: 51, literal b). Para conseguir dicho objetivo se aplica la Gestión Técnica del Ruido realizando las siguientes etapas:

1. Identificación
2. Medición
3. Evaluación
4. Control
5. Seguimiento

2. IDENTIFICACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO

2.1 Identificación del factor de riesgo ruido en la Central Hidroeléctrica Cumbayá.

2.1.1 Antecedentes

Previo a la evaluación de los niveles de ruido, se realizó un recorrido de reconocimiento en la Central Hidroeléctrica Cumbaya para obtener información acerca del proceso productivo, los equipos utilizados y el número de trabajadores que laboran en cada una de las fases del proceso. La identificación inicial del ruido se realizó por exploración

sensorial determinando en qué áreas resulta difícil comunicarse en tonos normales a 1 m de distancia.

Se evidencia a simple vista que el ruido es proveniente de los cuatro generadores, el mismo que se dispersa en todo el recinto. El ruido es relativamente constante en los tres pisos, en el área de los transformadores por encontrarse en la parte externa se dispersa el ruido al ambiente y por lo tanto el lugar no es muy ruidoso.

Durante esta visita se observó que el tipo de materiales de construcción de cada una de las áreas de la planta es de hormigón armado, con el fin de determinar el comportamiento acústico de las instalaciones.

El recorrido se realizó primero en la planta baja, después en el subsuelo 1 y luego en el subsuelo 2, por último se visitó el área anterior y posterior de la Central (Área de transformadores eléctricos).

Se resume a continuación el proceso que se realiza y el número de trabajadores que laboran en la Central:

La central hidroeléctrica es una estación desde la cual se aprovecha la energía de un salto de agua para convertirlo en energía eléctrica.

La energía hidráulica se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. Dichas turbinas o ruedas, a su vez, provocan un movimiento cinético de rotación, que se transmite a un generador eléctrico, y éste produce energía eléctrica. A la energía que proviene del agua se le llama Energía Hidráulica.

Los elementos más característicos de la central son: la presa o reservorio, tubería de presión, casa de máquinas, y el patio de distribución.

La presa retiene el agua del río provocando un embalsamiento y un aumento del nivel del agua. Al pie de presa está la casa de máquinas con los cuatro grupos generadores.

El agua llega a las turbinas a través de la tubería de presión. La energía potencial del agua embalsada se convierte en energía cinética al abrir las compuertas del conducto, al llegar a la turbina ésta gira, y el agua sale de nuevo, por los canales de desagüe.

Acoplado al eje de la turbina, está el rodete o rotor (conjunto de álabes) del alternador, con lo cual se produce una corriente alterna de tensión mediana y elevada intensidad.

Tabla 6: Especificaciones equipos

GENERADORES	No.1	No.2	No.3	No.4
Marca:	AEG		TOSHIBA	
Tipo:	S-8170/14V			
Voltaje:	4.160 V			
Potencia:	11.111 KVA			
Factor de potencia:	0.9			
Amperaje:	1.542 A			
Velocidad:	514 / 930 rpm			
No. de Serie:	264/1117	264/1118	5810564	5810565
Año de Fabricación:	-	-	nov-59	ene-60

TRANSFORMADORES	No.1	No.2	No.3	No.4
Marca:	ELIN		TOSHIBA	
Tipo:	PD 10000/50			
No. de Serie:	1062552	1062553	5902544	5902545
Año de Fabricación:	1965		1959	
Capacidad:	10.000 / 12.500 KVA		10.000 / 12.500 KVA	

TURBINAS	No.1	No.2	No.3	No.4
Marca:	J.M. VOITH			
Tipo:	Francis eje vertical			
Velocidad:	514 rpm			
Potencia:	14200 CV			
Caudal:	9 m ³ /seg.			
Caída:	133 m			
No. de Serie:	16789	16790	16076	16077
Año de Fabricación:	1966	1966	1960	1960
Voltaje:	4.160 / 48.300 V		4.160 / 46.000 V	
Aceite:	4.250 kg.		9.300 L	

REGULADORES AUTOMÁTICOS DE VOLTAJE					
AVR-1	Marca:	ABB	AVR-2	Marca:	ABB
	Voltaje:	120 ac-dc		Voltaje:	120 ac-dc
	Corriente:	18,7 A		Corriente:	18,7 A
	Modelo:	UNITROL-F		Modelo:	UNITROL-F
	Tipo:	SFE-O/C5PO-F25		Tipo:	SFE-O/C5PO-F25
AVR-3	Marca:	ABB	AVR-4	Marca:	ABB
	Voltaje:	110 ac		Voltaje:	110 ac
	Corriente:	36 A		Corriente:	36 A
	Modelo:	UNITROL-F		Modelo:	UNITROL-F
	Tipo:	SFE-O/CIN1-F25		Tipo:	SFE-O/CIN1-F25
	Serie:	64784		Serie:	64788

EQUIPOS	MARCA	No. SERIE	POTENCIA	CARACTERÍSTICAS
Transformadores Servicio de Estación (2)	TOSHIBA	59264715 / 59264716.	300 KVA	4200/480 V, 41.2 A, tipo: SCT.
Compresores de aire (3)	JOY	72581		Tipo WG-9, 9" x 7", 100 psi, 600 rpm.
	JOY	72582		Tipo WG-9, 7" x 5", 125 psi, 600 rpm.
	GARDENDENVER	S228057	75 Hp	Compresor de tornillo, modelo: EFE99A; voltaje: 460 V/ 60Hz; presión máxima: 180 PSIG.
Reguladores de velocidad (4)	VOITH	Regulador No.1: 10392; regulador No.2: 10391; regulador No.3: 9958; regulador No.4: 9957.		Tipo: abierto con cámara de aire.
Centrifugadora de Aceite (1)	DE LAVAL unimatic	3524862		Modelo 65-36; Presión de filtro: 200 lb.

TUBERÍA A PRESIÓN	2 tuberías soldadas; longitud hormigón armado: 309,11 m; Tubería acero soldada: 375,89 m; diámetro: 2,44 m; Capacidad: 18 m ³ /seg.
PUENTE GRUA	CARETTY TANFANI, Capacidad gancho principal: 40 Ton, gancho auxiliar: 5 ton; altura: 17 m.

Fuente: Santiago Jaramillo, Operador C.H. Cumbaya.

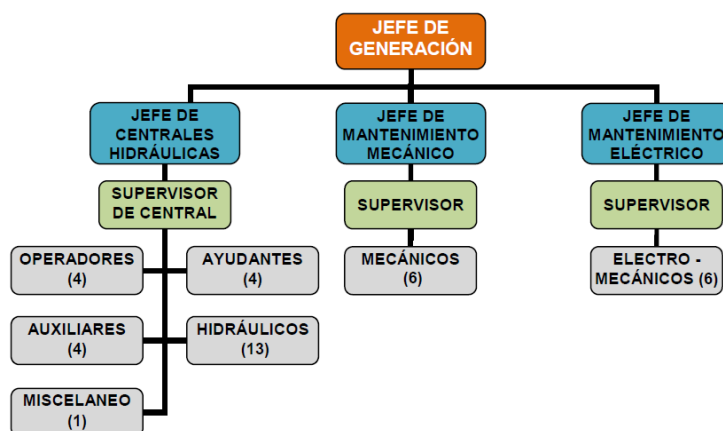
2.1.2.2 Organización: Estructura de la Central Cumbayá

La Central Hidroeléctrica Cumbayá, cuenta con 28 personas para el manejo de la misma, y reciben el apoyo de los Departamentos de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico de Centrales Hidráulicas, quienes llevan adelante todas las tareas de esas actividades que se requieren. Cada uno de estos departamentos está compuesto de 8 personas, actualmente trabajan 12 personas directamente.

Para la operación de la central se dispone de cuatro grupos de trabajo que laboran en tres turnos (un grupo rotativo); cada grupo está conformado por un operador, un

ayudante y un auxiliar, más un misceláneo general que trabaja en un turno normal. La estructura general de esta central, es la siguiente:

Figura 12: Estructura General



Como se muestra en la tabla adjunta, estos materiales tienen bajos coeficientes de absorción acústica, lo que implica que las ondas sonoras que se emiten son reflejadas por estos materiales, generándose un ambiente ruidoso que tiende a aumentar el nivel de presión sonora que existe en el interior de la Central.

Tabla 7: Coeficientes de Absorción acústica de los materiales

Material / Frecuencias, Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Hormigón	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03

El coeficiente de absorción de un material es la relación entre la energía que absorbe y la energía de las ondas sonoras que inciden sobre él por unidad de superficie. Valores igual a 1 indican que toda la energía sonora incidente es absorbida, mientras que valores igual a 0 representan que toda la energía es reflejada.³⁷

³⁷ Acustica y Sonido. Recuperado el 13 de julio de 2012, de: http://www.acusticaysonido.com/index.php?option=com_content&view=article&id=83:coeficiente-de-absorcion&catid=50:acondicionamiento&Itemid=103.

CAPITULO III

3. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO.

3.1 Medir y Evaluar el grado de exposición a ruido de los trabajadores en el Área de Cuarto de Maquinas en función del Nivel de Presión Sonora y el Tiempo de Exposición.

3.1.1 Medición del factor de riesgo ruido en los tres niveles de la Casa de Maquinas.

Se procedió a evaluar el nivel de presión sonora equivalente en dB(A), en el interior de la Central, en los tres niveles, con operación normal de toda la maquinaria. Estas mediciones se realizaron utilizando un sonómetro de marca Quest Technologies EQ3-SON01, modelo SOUNDPRO SE/DL, Tipo 1, con integrador de bandas de octava, con certificado de calibración vigente, con funciones que permiten medir en dBA, el cual mide de forma directa el nivel sonoro en un punto, en respuesta lenta.

De acuerdo a la metodología descrita en el punto 1.2, de acuerdo a la NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos

Figura 13: Sonómetro



➤ **Datos de la Calibración del equipo:**

- Calibrado Medica
- Acreditación ema A-03
- N informe ICA-2274/12
- Fecha de calibración 2012-03-09

- Calibrado Medica
- Acreditación ema A-03
- N informe ICA-2275/12
- Fecha de calibración 2012-03-09

➤ **Especificaciones del equipo:**

- IEC 61672-1-2002, CLASS 1 SOUND LEVEL METER TYPE 1
- ANSI S 1.4 1983 (R 2001), OCTAVE BAND & 1/3 OCTAVE BAND FILTER CLASS 1
- IEC 61260-2001, OCTAVE BAND & 1/3 OCTAVE BAND FILTER CLASS 1
- ANSI S 1.11 2004
- ANSI S 1.43 1997 (R 2002) TYPE 1
- MODEL: SOUNPRO SE DL

➤ **Puntos Medidos:**

✓ **Nivel 1: Sala de Generadores**

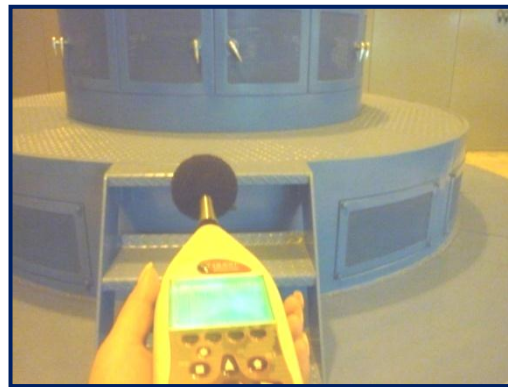
PUNTO 1: GENERADOR 1 (G1)

PUNTO 2: GENERADOR 2 (G2)

PUNTO 3: GENERADOR 3 (G3)

PUNTO 4: GENERADOR 4 (G4)

Figura 14: Sala de Generadores (foto día y noche)



PUNTO 5: SALA DE CONTROL (SC)

Figura 15: Sala de Control



PUNTO 19: COMPRESOR ÁREA TALLER DE MANTENIMIENTO (CM)

Figura 16: Compresor Área Taller de Mantenimiento



PUNTO 21: OFICINA DE LA JEFATURA (OF)

✓ Nivel 2, Sala de Equipos Eléctricos

PUNTO 6: TURBINA 4 (T4)

PUNTO 7: TURBINA 3 (T3)

PUNTO 8: TURBINA 2 (T2)

PUNTO 9: TURBINA 1 (T1)

Figura 17: Turbinas



PUNTO 10: CUARTO DE PLCs (PLC)

Figura 18: Cuarto de PLCs



PUNTO 11: CUARTO DE BATERÍAS (B)

Figura 19: Cuarto de Baterías



PUNTO 12: CUARTO DE ACEITES (A)

Figura 20: Cuarto de Aceites



PUNTO 13: CUARTO DE COMPRESORES (C)

Figura 21: Cuarto de Compresores



PUNTO 18: SALA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS (SEE)

Figura 22: Sala de Equipos Eléctricos



✓ **Nivel 3: Galería de Válvulas**

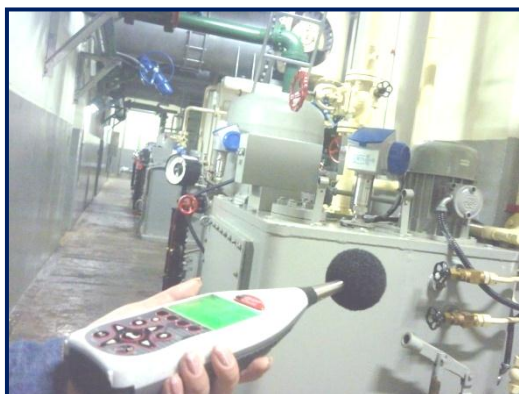
PUNTO 14: ÁREA DE VÁLVULAS GENERADOR 1 (VG1)

PUNTO 15: ÁREA DE VÁLVULAS GENERADOR 2 (VG2)

PUNTO 16: ÁREA DE VÁLVULAS GENERADOR 3 (VG3)

PUNTO 17: ÁREA DE VÁLVULAS GENERADOR 4 (VG4)

Figura 23: Área de Válvulas



✓ **Patio de Transformadores**

PUNTO 20: ÁREA DE TRANSFORMADORES (T)

Figura 24: Área de Transformadores



PUNTO 22: FOSA DEL GENERADOR 1 (FG1)

PUNTO 23: FOSA DEL GENERADOR 2 (FG2)

PUNTO 24: FOSA DEL GENERADOR 3 (FG3)

PUNTO 25: FOSA DEL GENERADOR 4 (FG4)

Figura 25: Fosa del Generador



- **Horarios de las mediciones de acuerdo a la Tabla 4:** Números aleatorios para la medición de ruido

Tabla 8: Horarios de las mediciones
Mediciones de ruido a realizarse en la Central Hidroeléctrica Cumbayá

De acuerdo a la normativa de España NTP 270

	Primer turno	Segundo turno	Tercer turno
Lunes 30 de abril	16h00	09h00	23h00
Martes 1 de mayo	14h00	07h00	21h00
Miércoles 2 de mayo	19h00	12h00	02h00
Viernes 4 de mayo	19h00	12h00	02h00
Lunes 7 de mayo	20h00	13h00	03h00

➤ **JORNADA DE TRABAJO:**

El horario de turnos es el siguiente:

Tabla 9: Jornada de Trabajo

Turno	Día	Hora de Ingreso	Hora de Salida	Jornada de trabajo, horas
Primer turno	Primer día	14:00	21:00	7
Segundo turno	Segundo día	07:00	14:00	7
Tercer turno	Segundo y tercer día	21:00	07:00	10
Cuarto turno	Cuarto día	libre		

3.2 Caracterizar el factor de riesgo ruido en función de su distribución en las frecuencias audibles.

Los niveles de Presión Sonora Equivalente resultantes durante las mediciones se resumen en las tablas que se muestran a continuación, mediante las ecuaciones:

- Ecuación 5: Nivel Equivalente, $L_{Aeq,d}$
- Ecuación 7: Desviación tipo S_L

Donde los valores de L_i se obtienen de la suma logarítmica que calcula el sonómetro integrador, y n es el número de mediciones en el mismo punto en los diferentes horarios de la Tabla Anterior, es decir 14. Son 25 puntos en total donde se realizó la medición, por lo tanto 350 mediciones totales.

El L_i integra el sonómetro de acuerdo a la distribución en las frecuencias audibles siguientes:

Tabla (3): Espectro en bandas de octava y tercio de octava³⁸

OCTAVAS EN Hz	1/3 OCTAVAS EN Hz
	16
	20
	25
31,5	31,5
	40
	50
63	63
	80
	100
125	125
	160
	200
250	250
	315
	400
500	500
	630
	800
1000	1000
	1250
	1600
2000	2000
	2500
	3150
4000	4000
	5000
	6300
8000	8000
	10000
	12500
16000	16000
	20000

Posteriormente se busca en la tabla del error cometido en la determinación, según el número de muestras y la desviación estándar obtenidos.

Los errores resultados inferiores a 2 dBA, por lo tanto el número de muestras fueron suficientes para los cálculos.

³⁸ Segués, Fernando, Conceptos Básicos del Ruido Ambiental. Recuperado el 15 de junio de 2012, de: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentos/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>

Ver Anexo 1: Intervalos de confianza al 95% de la NTP 270.

Tabla 10: Resultados de las mediciones y cálculos

Punto de Medición	$L_{Aeq,d}$	S_L	ERROR, dBA
G1	84,48	1,3	1
G2	84,92	1,3	1
G3	85,14	2,0	1
G4	85,59	2,9	2
SC	70,06	1,3	1
T4	85,98	0,3	1
	105,43	0,4	0
T3	86,57	0,2	1
	104,92	0,1	0
T2	86,33	1,0	2
	92,35	0,7	0
T1	82,43	0,9	2
	92,55	0,5	0
PLC	75,11	0,9	1
B	79,84	0,8	0
A	78,46	0,8	0
C	88,98	0,6	0
VG1	89,97	1,9	1
VG2	91,07	1,3	1
VG3	92,02	1,7	1
VG4	91,94	3,6	2
SEE	85,37	2,0	1
CTM	84,58	0,5	0
T	69,66	2,1	1
OF	62,06	1,7	1
FG1	78,75	0,8	2
	106,78	0,5	0
FG2	80,43	0,5	1
	106,25	0,5	0
FG3	78,83	1,0	2
	107,07	0,4	0
FG4	80,66	1,5	2
	108,68	0,5	0

Tabla 11: Dosis en los diferentes puntos de medición

Punto de Medición	Tipo de Trabajo	$L_{Aeq,d}$	Tiempo Real por jornada laboral	Tiempo permitido	Dosis
G1	Inspecciones visuales, toma de lecturas de	84,48	2	8,6	0,2
G2		84,92	2	8,1	0,2

G3	presión	85,14	2	7,8	0,3
G4		85,59	2	7,4	0,3
SC (primer y segundo turno)	Monitoreo	70,06	7	7,9	0,9
SC (tercer turno)	Monitoreo	70,06	10	7,9	1,3
T4	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ; Limpieza de exceso grasa: 30 min ; Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	85,98	2,3	7,0	0,3
T4	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	105,43	1,0	0,5	2,1
T3	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ; Limpieza de exceso grasa: 30 min ; Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	86,57	2,3	6,4	0,4
T3	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	104,92	1,0	0,5	2,0
T2	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ; Limpieza de exceso grasa: 30 min ; Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	86,33	2,3	6,6	0,3
T2	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	92,35	1,0	2,9	0,3
T1	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ; Limpieza de exceso grasa: 30 min ; Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	82,43	2,3	11,4	0,2
T1	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	92,55	1,0	2,8	0,4
PLC	Monitoreo Visual	75,11	1,0	31,5	0,0
B	Limpieza de baterías, medida de electrolitos, medición de voltajes	79,84	0,5	16,4	0,03
A	Lubricación, Inspecciones en el Tratamiento de Aceites, actualmente no está funcionando	78,46	0,5	19,8	0,03
C	Estado: Apagado Mantenimiento: 1 jornada en el mes	88,98	7,0	4,6	1,5
C	Estado: Prendido Encienden y comprueban el funcionamiento del equipo	88,98	1,0	4,6	0,2
VG1	Mantenimiento 1 turno al mes	89,97	7,0	4,0	1,7
VG1	Limpieza de filtros, Toma	89,97	1,0	4,0	0,2

	de datos, Inspecciones, Limpieza del área				
VG2	Mantenimiento 1 turno al mes	91,07	7,0	3,4	2,0
VG2	Limpieza de filtros, Toma de datos, Inspecciones, Limpieza del área	91,07	1,0	3,4	0,3
VG3	Mantenimiento 1 turno al mes	92,02	7,0	3,0	2,3
VG3	Limpieza de filtros, Toma de datos, Inspecciones, Limpieza del área	92,02	1,0	3,0	0,3
VG4	Mantenimiento 1 turno al mes	91,94	7,0	3,1	2,3
VG4	Limpieza de filtros, Toma de datos, Inspecciones, Limpieza del área	91,94	1,0	3,1	0,3
SEE	Inspecciones visuales, Limpieza de tableros	85,37	2,0	7,6	0,3
CTM	Encendido todos los días en la mañana y tarde	84,58	4,0	8,5	0,5
T	Toma de lecturas, Inspecciones, El mantenimiento lo realiza otro grupo 2 veces al año	69,66	1,0	67,1	0,01
OF	Trabajos de oficina en la mañana y tarde	62,06	2,0	192,3	0,01
FG1	Estado: Apagado Limpieza de radiadores y cojinetes	78,75	2,3	19,0	0,1
	Estado: Prendido	106,78	1,0	0,4	2,6
FG2	Estado: Apagado	80,43	2,3	15,1	0,2
	Estado: Prendido	106,25	1,0	0,4	2,4
FG3	Estado: Apagado	78,83	2,3	18,8	0,1
	Estado: Prendido	107,07	1,0	0,4	2,7
FG4	Estado: Apagado	80,66	2,3	14,6	0,2
	Estado: Prendido	108,68	1,0	0,3	3,3

Cálculos realizados con la atenuación de los protectores de copa utilizados por el personal en los tres niveles excepto en la sala de control, con una atenuación del NRR de 20, y con la siguiente ecuación:

Ecuación 8: Regulación de la OSHA sobre protectores auditivos

$$NPS_{ef} = NPS - ((NRR - 7) / 2)$$

Tabla 12: Dosis calculada con la atenuación de los protectores de copa u orejeras.

Punto de Medición	Tipo de Trabajo	LAeq,d	Tiempo Real por jornada laboral	Laeq, efectivo	Tiempo permitido	Dosis
G1	Inspecciones visuales, toma de lecturas de presión	84,48	2	77,98	21,2	0,09
G2		84,92	2	78,42	19,9	0,10
G3		85,14	2	78,64	19,3	0,10
G4		85,59	2	79,09	18,2	0,11
SC (primer y segundo turno)	Monitoreo	70,06	7	Dentro de la sala de control el personal no usa protectores auditivos.		
SC (tercer turno)	Monitoreo	70,06	10			

T4	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ;Limpieza de exceso grasa: 30 min ;Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	85,98	2,3	79,48	17,2	0,13
T4	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	105,43	1,0	98,93	1,2	0,86
T3	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ;Limpieza de exceso grasa: 30 min ;Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	86,57	2,3	80,07	15,9	0,15
T3	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	104,92	1,0	98,42	1,2	0,80
T2	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ;Limpieza de exceso grasa: 30 min ;Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	86,33	2,3	79,83	16,4	0,14
T2	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	92,35	1,0	85,85	7,1	0,14
T1	Estado: Apagado Limpieza de cojinetes: 1 h ;Limpieza de exceso grasa: 30 min ;Engrase de Serbos y paletas, 30 min ; Limpieza de pisos y paredes: 30 min	82,43	2,3	75,93	28,1	0,08
T1	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	92,55	1,0	86,05	6,9	0,14
PLC	Monitoreo Visual	75,11	1,0	68,61	77,6	0,01
B	Limpieza de baterías, medida de electrolitos, medición de voltajes	79,84	0,5	73,34	40,3	0,01
A	Lubricación, Inspecciones en el Tratamiento de Aceites, actualmente no está funcionando	78,46	0,5	71,96	48,8	0,01
C	Estado: Apagado Mantenimiento: 1 jornada en el mes	88,98	7,0	82,48	11,3	0,62

C	Estado: Prendido Encienden y comprueban el funcionamiento del equipo	88,98	1,0	82,48	11,3	0,09
VG1	Mantenimiento 1 turno al mes	89,97	7,0	83,47	9,9	0,71
VG1	Limpieza de filtros, Toma de datos, Inspecciones, Limpieza del área	89,97	1,0	83,47	9,9	0,10
VG2	Mantenimiento 1 turno al mes	91,07	7,0	84,57	8,5	0,82
VG2	Limpieza de filtros, Toma de datos, Inspecciones, Limpieza del área	91,07	1,0	84,57	8,5	0,12
VG3	Mantenimiento 1 turno al mes	92,02	7,0	85,52	7,4	0,94
VG3	Limpieza de filtros, Toma de datos, Inspecciones, Limpieza del área	92,02	1,0	85,52	7,4	0,13
VG4	Mantenimiento 1 turno al mes	91,94	7,0	85,44	7,5	0,93
VG4	Limpieza de filtros, Toma de datos, Inspecciones, Limpieza del área	91,94	1,0	85,44	7,5	0,13
SEE	Inspecciones visuales, Limpieza de tableros	85,37	2,0	78,87	18,7	0,11
CTM	Encendido todos los días en la mañana y tarde	84,58	4,0	78,08	20,9	0,19
T	Toma de lecturas, Inspecciones, El mantenimiento lo realiza otro grupo 2 veces al año	69,66	1,0	63,16	165,3	0,01
OF	Trabajos de oficina en la mañana y tarde	62,06	2,0	55,56	473,5	0,00
FG1	Estado: Apagado Limpieza de radiadores y cojinetes	78,75	2,3	72,25	46,9	0,05
	Estado: Prendido	106,78	1,0	100,28	1,0	1,04
FG2	Estado: Apagado	80,43	2,3	73,93	37,1	0,06
	Estado: Prendido	106,25	1,0	99,75	1,0	0,97
FG3	Estado: Apagado	78,83	2,3	72,33	46,3	0,05
	Estado: Prendido	107,07	1,0	100,57	0,9	1,08
FG4	Estado: Apagado	80,66	2,3	74,16	36,0	0,06
	Estado: Prendido	108,68	1,0	102,18	0,7	1,35

➤ RESULTADOS

En la mediciones realizadas en la Central, se determinó el nivel de presión sonora en dB(A) que existe en días normales de operación con toda la maquinaria funcionando, pero en los distintos horarios uno o dos generadores se encontraban apagados, por lo

tanto para los cálculos del porcentaje de error, se agrupo los puntos de medición en los cuales los generadores estaban encendidos y los puntos en los cuales éstos estaban apagados, para los casos de turbinas y fosas de los generadores. Se pudo establecer por otro lado que el ruido que se genera en la Central es de tipo continuo, es decir no existen fluctuaciones rápidas o repentinas mayores a 5 dB (A). A excepción de ciertas medidas que no se midieron en un punto fijo, por error de la medición.

Además se calculó la dosis individual por tipo de trabajo en cada punto, puesto que realizan diferentes actividades cada día (jornada de trabajo).

La evaluación ambiental del ruido se realizó considerando el nivel de ruido permitido en nuestra legislación, Art. 55 del Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, que es de 85 dB para 8 horas diarias de trabajo, es decir el criterio 85 -5, “literal 6. (Reformado por el Art. 33 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibels escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibels de ruido”

Para el cual los tiempos permitidos se obtienen con la siguiente fórmula:

Ecuación 9: Tiempo permitido

$$T = \frac{8}{2^{\left(\frac{NPS-85}{5}\right)}}$$

Para obtener la Dosis de ruido se utiliza la fórmula:

Ecuación 10: Dosis de ruido

$$D = \frac{t}{T} \leq 1$$

Donde: t es el tiempo real de exposición y T es el tiempo máximo permitido

Según la Dosis el criterio del riesgo es el siguiente: Dosis de exposición a ruido superior a 1 indica riesgo de pérdida de la capacidad auditiva.

➤ **Resultado numérico de la evaluación**

El estudio realizado indica que las áreas con niveles de exposición a ruido con dosis mayor a uno son:

Tabla 13: Puestos de trabajo con niveles de exposición con dosis mayor a uno.

Punto de Medición	Tipo de Trabajo	Dosis >1
T4	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	2,1
T3	Estado: Prendido Bombeo de grasa: 30 min Toma de lecturas de presión, caudal: 30 min	2,0
C	Estado: Apagado Mantenimiento: 1 jornada en el mes	1,5
VG1	Mantenimiento 1 turno al mes	1,7
VG2	Mantenimiento 1 turno al mes	2,0
VG3	Mantenimiento 1 turno al mes	2,3
VG4	Mantenimiento 1 turno al mes	2,3
FG1	Estado: Prendido	2,6
FG2	Estado: Prendido	2,4
FG3	Estado: Prendido	2,7
FG4	Estado: Prendido	3,3
SC	Monitoreo (70 dBA permitidos)	1.3

De los resultados anteriores se desprende que los puntos de medición con niveles críticos de ruido, es decir con dosis mayor a 1 son: Turbinas 3 y 4, Compresor, las cuatro Válvulas y las cuatro fosas de los generadores, siendo estos últimos los valores más altos. El cuarto de control por ser un lugar donde se realiza una tarea de regulación y vigilancia el límite máximo permitido es de 70 dBA, su dosis es mayor a 1.

En los puestos detallados anteriormente se propondrá medidas de control.

En la Tabla 12: Dosis calculada con la atenuación de los protectores de copa u orejeras, utilizadas por el personal de la Central, se puede observar que las dosis que sobrepasa el valor de 1 son en los puntos de las fosas de los generadores 1, 3 y 4.

3.3 Analizar los resultados de las audiometrías de los trabajadores expuestos con el fin de obtener conclusiones.

Tabla 14: Listado Actual de Trabajadores que laboran en la Central Hidroeléctrica Cumbaya

Nro.	Nombre	Edad	Turno de trabajo	Cargo	Fecha de ingreso	Áreas de trabajo en las que labora cada uno	Tipo de protección auditiva que usa	Años que usa equipo de protección auditiva
1	TRABAJADOR A	46	SI	AUXILIAR OPERADOR	jul-88	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	10
2	TRABAJADOR B	53	SI	AYUDANTE OPERADOR	may-83	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	24
3	TRABAJADOR C	45	SI	OPERADOR	ago-90	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	17
4	TRABAJADOR D	42	SI	AUXILIAR OPERADOR	oct-93	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	5
5	TRABAJADOR F	38	SI	OPERADOR	jun-94	MTO.ELECTRICO; C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	15
6	TRABAJADOR I	58	SI	AYUDANTE OPERADOR	oct-76	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	30
7	TRABAJADOR J	47	SI	OPERADOR	ago-78	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	21
8	TRABAJADOR K	47	SI	AUXILIAR OPERADOR	ago-87	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	11
9	TRABAJADOR L	56	SI	AYUDANTE OPERADOR	may-83	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	24
10	TRABAJADOR M	41	SI	AUXILIAR OPERADOR	sep-92	C.H.CUMBAYA	OREJERAS TIPO CASQUETE (PELTOR)	4

➤ **Estadísticas de Audiometrías anteriores:**

Tabla 15: Listado Audiometría Año 2003

AUDIOMETRÍA 2003				
CAMPAMENTO CENTRAL CUMBAYA				
	NOMBRE	FECHA	LUGAR DE TRABAJO	DIAGNOSTICO
1	TRABAJADOR A	17-ene	Central Cumbaya	Hipoacusia Segmentaria ambos oídos
2	TRABAJADOR J	17-ene	Central Cumbaya	Hipoacusia Segmentaria ambos oídos
3	TRABAJADOR C	20-ene	Central Cumbaya	Hipoacusia Segmentaria Oído Derecho
4	TRABAJADOR B	21-ene	Central Cumbaya	Hipoacusia Neurosensorial ambos oídos
5	TRABAJADOR K	22-ene	Central Cumbaya	Normal

Tabla 16: Listado Audiometría Año 2005

AUDIOMETRÍA 2005					
CAMPAMENTO CENTRAL CUMBAYA					
	NOMBRE	FECHA	LUGAR DE TRABAJO	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
1	TRABAJADOR E	15-jun	Central Cumbaya	Normal	Utilizar Protectores
2	TRABAJADOR D	22-jun	Central Cumbaya	Hipoacusia Derecha	Utilizar Protectores
3	TRABAJADOR C	29-jun	Central Cumbaya	Normal	Utilizar Protectores
4	TRABAJADOR J	29-jun	Central Cumbaya	Normal	Utilizar Protectores
7	TRABAJADOR F	20-jul	Central Cumbaya	Normal	Utilizar Protectores
8	TRABAJADOR K	20-jul	Central Cumbaya	Hipoacusia Leve	Utilizar Protectores
9	TRABAJADOR L	12-oct	Central Cumbaya	Hipoacusia Izq.	Utilizar Protectores
10	TRABAJADOR B	12-oct	Central Cumbaya	Hipoacusia Severa	Potenciales Evocados
13	TRABAJADOR I	12-oct	Central Cumbaya	Hipoacusia Severa	Refiere Otorrino
15	TRABAJADOR A	12-oct	Central Cumbaya	Hipoacusia	Utilizar Protectores

Tabla 17: Listado Audiometría Año 2012 (Actuales)

AUDIOMETRÍA 2012						
CAMPAMENTO CENTRAL CUMBAYA						
	NOMBRE	EDAD, AÑOS	TIEMPO DE EXPOSICIÓN, AÑOS	PUESTO DE TRABAJO	DIAGNOSTICO	RECOMENDACIONES
1	TRABAJADOR A	46	24	AUXILIAR DE OPERACIONES	Hipoacusia mixta bilateral	Utilizar Protectores
2	TRABAJADOR B	53	29	AUXILIAR DE OPERACIONES	Hipoacusia mixta bilateral	Utilizar Protectores
3	TRABAJADOR C	45	21	OPERADOR CENTRAL	Normal	Utilizar Protectores
4	TRABAJADOR D	43	18	AUXILIAR DE OPERACIONES	Hipoacusia mixta bilateral	Utilizar Protectores
5	TRABAJADOR	41	19	OPERADOR CENTRAL	Normal	Utilizar Protectores

	E					
6	TRABAJADOR F	38	17	OPERADOR CENTRAL	Normal	Utilizar Protectores
7	TRABAJADOR G	23	3 MESES	AUXILIAR DE OPERACIONES	Normal.	Utilizar Protectores
8	TRABAJADOR H	50	20	SUPERVISOR	Normal	Utilizar Protectores
9	TRABAJADOR I	58	34	AUXILIAR DE OPERACIONES	H.N.S. BILATERAL	Utilizar Protectores
10	TRABAJADOR J	48	25	OPERADOR CENTRAL	Normal	Utilizar Protectores
11	TRABAJADOR K	47	25	AUXILIAR DE OPERACIONES	H.N.S. BILATERAL	Utilizar Protectores
12	TRABAJADOR L	56	29	AUXILIAR DE OPERACIONES	TRAUMA ACÚSTICO BILATERAL	Utilizar Protectores

Tabla 18: Comparación Estadística

COMPARACIÓN ESTADÍSTICA							
CAMPAMENTO CENTRAL CUMBAYA							
	NOMBRE	EDAD, AÑOS	TIEMPO DE EXPOSICIÓN, AÑOS	DIAGNOSTICO 2003	DIAGNOSTICO 2005	DIAGNOSTICO 2012	OBSERVACIÓN
1	TRABAJADOR A	46	24	Hipoacusia Segmentaria ambos oídos	Hipoacusia	Hipoacusia mixta bilateral	Se agravo su lesión en el oído externo, medio e interno, es decir presenta hipoacusia conductiva y neurosensorial
2	TRABAJADOR B	53	29	Hipoacusia Neurosensorial ambos oídos	Hipoacusia Severa	Hipoacusia mixta bilateral	Presenta hipoacusia conductiva y neurosensorial
3	TRABAJADOR C	45	21	Hipoacusia Segmentaria Oído Derecho	Normal	Normal	En la primera audiometría es posible que el resultado se vio dificultado por alguna lesión o alteración (tapones de cera, membrana timpánica lesionada en el oído derecho
4	TRABAJADOR D	43	18	---	Hipoacusia Derecha	Hipoacusia mixta bilateral	Se agravo en los dos oídos, presenta hipoacusia conductiva y neurosensorial
5	TRABAJADOR E	41	19	---	Normal	Normal	Normal
6	TRABAJADOR F	38	17	---	Normal	Normal	Normal
7	TRABAJADOR G	23	3 MESES	---	---	Normal.	Normal
8	TRABAJADOR H	50	20	---	---	Normal	Normal

9	TRABAJADOR I	58	34	---	Hipoacusia Severa	H.N.S. BILATERAL	Presenta hipoacusia neurosensorial en ambos oídos.
10	TRABAJADOR J	48	25	Hipoacusia Segmentaria ambos oídos	Normal	Normal	En la primera audiometría es posible que el resultado se vio dificultado por alguna lesión o alteración (tapones de cera, membrana timpánica lesionada
11	TRABAJADOR K	47	25	Normal	Hipoacusia Leve	H.N.S. BILATERAL	Se agravo y hoy presenta hipoacusia neurosensorial en ambos oídos.
12	TRABAJADOR L	56	29	---	Hipoacusia Izq.	TRAUMA ACÚSTICO BILATERAL	

✓ Como se puede observar en la tabla anterior, 6 trabajadores tienen una afectación de sus oídos 6 trabajadores se encuentran en estado normal.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO.

4.1 Propuesta de Medidas de Control del factor de riesgo ruido.

➤ **Medidas de Control del Ruido**

Conociendo ya las áreas en que existe exposición a ruido sobre los valores permitidos, el siguiente paso es aplicar métodos de control, los que se deben realizar en el siguiente orden:

1. Controles administrativos
2. Sobre la fuente
3. Sobre el medio de transmisión
4. Sobre el hombre

✓ **Controles administrativos:**

Los controles administrativos deben interpretarse como toda decisión administrativa que signifique una menor exposición del trabajador al ruido.

Existen muchas operaciones en las que puede controlarse por medidas administrativas la exposición de los trabajadores al ruido, sin modificarlo, sino cambiando solamente los esquemas de producción o rotando los trabajadores de modo que el tiempo de exposición se encuentre dentro de los límites seguros. Esto incluye acciones tales como transferir trabajadores desde un lugar de trabajo donde hay un nivel de ruido alto a otro con un nivel menor, si es que este procedimiento permite que su exposición diaria al ruido sea más aceptable. Por ejemplo en el caso en el que si se construyese el cuarto de control al exterior de la Central se disminuiría notablemente la exposición. Los

controles administrativos también se refieren a programar los tiempos de funcionamiento de las máquinas de manera de reducir el número de trabajadores expuestos al ruido.

✓ **Sobre la fuente:**

Va desde el simple ajuste de un tornillo hasta el rediseño o sustitución de la maquinaria por una nueva tecnología, en este último caso los generadores tienen 50 años y están destinados a una vida útil de 50 años más.

El aspecto más deseable cuando se comienza un programa de reducción de ruido, es el concepto de emplear principios de ingeniería para reducir los niveles de ruido.

Entre los controles de ingeniería que reducen el nivel de ruido tenemos:

a) **Mantenimiento**

- Realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de las máquinas a fin de asegurar su correcto funcionamiento, lubricación, remplazo de piezas desgastadas, ajuste y equilibrado, etc.
- Remplazo ajuste de piezas gastadas o desbalanceadas de las máquinas.
- Lubricación de las piezas de las máquinas y empleo de aceites de corte.
- Forma y afilado adecuado de las herramientas de corte

b) **Remplazo de máquinas**

- Máquinas más grandes y lentas en vez de otras más pequeñas y rápidas, por ejemplo para el caso del área del compresor en el nivel 2, se lo puede reemplazar por uno que genere menos ruido, para el caso de los generadores no es posible aun esta solución puesto que estos equipos son de alto costo, instalación complicada, y la vida útil aun no culmina.
- Cizallas rotativas en vez de cizallas en escuadra.
- Correas de transmisión en vez de engranajes.

- c) Sustitución de procesos
- Soldadura en vez de remachado.
 - Trabajo en caliente en lugar de en frío.

En la medida de lo posible la empresa debe acatar las siguientes recomendaciones, para los diferentes niveles:

- Revisar el anclaje de las máquinas en los pisos
- Verificar que las protecciones de los elementos en movimiento se encuentren en sus respectivos lugares.
- No se colocarán a trabajadores cuyas actividades no generen ruido al lado de procesos ruidosos, en éste caso es recomendable retirar la mesa que se encuentra en la entrada en el nivel 1, sala de generadores, y colocarla en el cuarto de control.
- Verificar que las máquinas que no son operadas se encuentren apagadas, como es el caso del compresor del nivel dos.
- Disminuir la velocidad de los equipos ruidosos.
- Aumentar la amortiguación de equipos, superficies y partes vibrantes.
- Optimizar la rigidez de las estructuras, uniones y partes de las máquinas.
- Incrementar la masa de las cubiertas vibrantes.
- Disminuir el área de las superficies vibrantes.
- Recubrimiento de partes metálicas mediante materiales amortiguadores.

✓ **Sobre el medio de transmisión:**

Se reduce el nivel de ruido mediante el empleo de materiales absorbentes (blandos y porosos) o mediante el aislamiento de equipos muy ruidosos (confinamiento total o parcial de cada equipo ruidoso) o aislando al trabajador, en una caseta prácticamente a prueba de ruido para él y sus ayudantes.

En este caso no es posible aislar los generadores, debido a que estos al estar en funcionamiento elevan la temperatura y por lo tanto necesitan ventilación, por ejemplo en el área de la turbinas esta acción no es posible (pero minimizando el factor de riesgo mecánico se las puede aislar con una malla metálica con el fin de que el eje a 514 rpm no provoque accidentes laborales), en el caso de las fosas de los generadores a pesar de que disponen de puertas blindadas el ruido se propaga en el exterior, para el caso de las válvulas de los generadores es recomendable que se construyan puertas en todos los ingresos de las gradas comenzando desde el primer nivel, segunda nivel y tercer nivel. El cuarto de control supero la dosis igual a uno, se puede considerar la posibilidad de construirlo en el área del parqueadero posterior con aislamiento acústico, y así evitar que los trabajadores se encuentren expuestos a ruido cuando trabajan en el cuarto de control, esta área dispondrá de las computadoras para el respectivo control operacional y además un ordenador que verificara el estado de las maquinas por medio de cámaras. También sería necesario que el sistema que se maneja manualmente sea tecnificado y se lo realice en el sistema informático.

- Se recomienda colocar paneles con materiales absorbentes de energía acústica previamente ignifugados, en el espacio entre generador y generador en el primer nivel. Estos paneles pueden también suspenderse del techo (estructura) para absorber las ondas sonoras, con el fin de no dificultar la ventilación de los mismos.
- No se deberán adquirir máquinas que generen altos niveles de ruido en áreas con niveles críticos de ruido
- Se podría acondicionar el cuarto de control que se construiría en el exterior con materiales para absorción de ruido como por ejemplo Espuma de polímeros con poros abiertos en un excelente material de absorción. Por ser un material fibroso, no existen erosiones (separaciones de fibras) en presencia de vibraciones y/o flujo de fluidos; o Lana de Vidrio que es un material que existe bajo muchas formas en términos de disponibilidad comercial: paneles, mantas, fieltros o aplicaciones por chorro. Sus propiedades acústicas son bien conocidas y previsibles. Otra posibilidad y material más frecuente es Lana de Roca la cual se obtiene por la fusión de diversos tipos de roca y/o escoria a una temperatura cercana de 1.500 °C, para la obtención de fibras que son posteriormente

aglutinadas con una resina para formar una manta o panel. Este material es considerado incombustible.

- Para la construcción del cuarto de control al exterior de la Casa de Maquinas puede tomarse en cuenta un sistema de paredes dobles rellena de lana de vidrio; o un sistema de paredes dobles con masa de aire; o mantener paredes simples con altura piso-techo.

✓ **Sobre el hombre:**

El empleo de equipos de protección individual (EPI) es un procedimiento límite al que solo se debería recurrir cuando otros procedimientos técnicos se han comprobado como inviables.

Se debe comenzar por la capacitación, inducción, adiestramiento del personal, mediante charlas por ejemplo del factor de riesgo ruido, su afectación al oído, el correcto uso del equipo de protección auditiva personal, su mantenimiento y reemplazo oportuno. Cuando las medidas de control no pueden ser puestas en práctica y/o mientras se establecen esos controles, el personal debe ser protegido por los efectos de los niveles excesivos de ruido.

Los dispositivos protectores auditivos personales son barreras acústicas que reducen la cantidad de energía sonora transmitida a través del canal auditivo hasta los receptores del oído interno.

Los protectores auditivos que se usan comúnmente en la actualidad son del tipo tapón u orejeras. El protector tipo tapón atenúa el ruido obstruyendo el canal auditivo externo, mientras que el tipo orejera encierra la oreja proporcionando un sello acústico, éste último es el más aconsejable o puede utilizarse los dos para una mejor atenuación.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinó que los generadores y compresor (nivel 2) encendidos son la fuente de ruido crítica en la Central Hidroeléctrica Cumbayá, ya que se transmite en los tres niveles de la planta, el nivel de presión sonora equivalente supera los límites permisibles de 85 dB (A), de acuerdo a las mediciones realizadas. Lo que significa que el ruido es un factor de riesgo importante en las Centrales Hidroeléctricas.
- Los errores que se obtuvieron al aplicar la metodología INSHT, NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido, determinación de niveles representativos de España, dieron como resultado valores menores a 2 dBA, por lo tanto no se realizaron más mediciones de las que se ejecutaron.
- De los resultados de la investigación se desprende que los puntos de medición con niveles críticos de ruido, es decir con dosis mayor a 1 son: Turbinas 3 y 4, Compresor, las cuatro Válvulas y las cuatro fosas de los generadores, siendo estos últimos los valores más altos. Sin embargo también el cuarto de control por ser un lugar donde se realiza una tarea de regulación y vigilancia el límite máximo permitido es de 70 dBA, su dosis es mayor a 1.
- Los desordenes en la capacidad auditiva dependen de factores como: años de exposición, edad del trabajador, nivel de presión sonora, es decir se debe a un efecto acumulativo del ruido, en esta empresa, el grupo de trabajadores con

mayor porcentaje de afectación y con mayor grado de hipoacusia corresponde a los de más de 43 años de edad que son los que han tenido mayor tiempo de exposición de 18 a 34 años de vida laboral y que continúan dando su mayor esfuerzo en la Central. El tiempo diario de exposición de los trabajadores de esta empresa es de 7 y 10 horas, lo que ha influido también en el tiempo de exposición a ruido.

- Como se puede observar en la Comparación Estadística de las Audiometrías, 6 trabajadores tienen una afectación de sus Oídos y 6 trabajadores se encuentran en estado normal.
- El uso de protectores auditivos técnicamente seleccionados permite atenuar la intensidad del ruido de tal forma que el ruido que efectivamente recibe el trabajador está en niveles permisibles a excepción de los puntos en los cuales la dosis calculada con la atenuación de los protectores de copa u orejeras, utilizadas por el personal de la Central, sobrepasa el valor de 1, los mismos que corresponden a las fosas de los generadores 1, 3 y 4.
- En esta investigación se ha determinado que la empresa desarrolla un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud con respecto al tema estudiado, ha realizado una Vigilancia de la Salud, exámenes audiométricos en años anteriores.

5.2 Recomendaciones

- Seguir en el proceso de implementación del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo con el fin reducir en éste caso el factor de riesgo ruido que podría provocar fatiga auditiva, enfermedades profesionales o accidentes de trabajo como por ejemplo una rotura del tímpano.
- Se recomienda realizar una investigación extralaboral y detallada de cada uno de los trabajadores con el fin de definir si las hipoacusias que han desarrollado son profesionales, en el caso de ser así se debe reportar a Riesgos del Trabajo para su respectivo seguimiento, como lo establece el Art 43 del Reglamento del Seguro

General de Riesgos del Trabajo Resolución N° C.D. 390. Se debe realizar las audiometrías con el Otorrinolaringólogo.

- En el método utilizado se recomienda que las mediciones se realicen en un solo punto específico, es decir sin moverse del punto fijo de medición, con el fin de que el error sea menos a 2 dBA.
- En este caso no es posible aislar los generadores, debido a que estos al estar en funcionamiento elevan la temperatura y por lo tanto necesitan ventilación, por ejemplo en el área de las turbinas esta acción no es posible, en el caso de las fosas de los generadores a pesar de que disponen de puertas blindadas el ruido se propaga en el exterior, para el caso de las válvulas de los generadores es recomendable que se construyan puertas en todos los ingresos de las gradas comenzando desde el primer nivel, segundo nivel y tercer nivel.
- En el caso del cuarto de control superó la dosis igual a uno al realizar el monitoreo las 10 horas laborables, se puede considerar la posibilidad de construirlo en el área del parqueadero posterior con aislamiento acústico, y así evitar que los trabajadores se encuentren expuestos a ruido molesto (confort acústico) cuando trabajan en el cuarto de control, esta área dispondrá de las computadoras para el respectivo control operacional y además un ordenador que verifique el estado de las máquinas por medio de cámaras. También sería necesario que el sistema que se maneja actualmente en forma manual sea tecnificado y se lo realice en el sistema informático.
- Se recomienda utilizar siempre los protectores de copa u orejeras, junto con los protectores tipo tapón, para una atenuación más efectiva, supervisar el correcto uso de los mismos, en lo que respecta a los puntos en las fosas de los generadores 1, 3 y 4, donde la dosis es mayor a uno se recomienda no permanecer mayor tiempo en su interior, y realizar solamente el trabajo necesario.

- Se efectuará un seguimiento de la implantación de las medidas de Control, vigilando el cumplimiento de las mismas, se recomienda realizar una Planificación Anual para la ejecución de las actividades.
- Se realizará medición y evaluación del ruido ambiental en los puestos de trabajo con Dosis mayor a 1 anualmente (según Decreto Ejecutivo 2393, Art.55, numeral 9), y en los puestos con Dosis menor a 1 por ejemplo cada dos años.
- Cuando se incorpore una nueva máquina o se modifique el proceso se debe medir y evaluar el ruido.
- A los trabajadores cuya exposición supere la Dosis 2 se realizará la audiometría semestralmente.
- Los trabajadores expuestos a Dosis entre 1 y 2 la audiometría se efectuará anualmente.
- En los 6 casos en los que se detectó, alteración en la audiometría, pero que no afecte la conversación se procederá a la reubicación laboral a otro puesto en el que no exista riesgo de exposición o a su vez aislar el cuarto de control como se lo especifico anteriormente.
- Se recomienda que la empresa lleve un Programa de Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, disponer de bitácoras detalladas de las piezas cambiadas y el mantenimiento de ellas, con las evaluaciones de control de ruido. Se deberá evaluar permanentemente los resultados obtenidos en el control del ruido y tomar las medidas correctivas necesarias.
- Dotación de equipos de protección auditiva a los trabajadores y registro individual de la entrega.
- Capacitación y entrenamiento a los trabajadores en el uso, almacenamiento, mantenimiento, limpieza, desinfección de los equipos de protección auditiva
- Informar y Capacitar a los trabajadores en el factor de riesgo ruido.
- La empresa implementará el Sistema de Vigilancia de la Salud de los trabajadores con el motivo de cumplir la Normativa Legal Art.51 literal d2 del Reglamento General de Riesgos del Trabajo, Resolución 390.

- El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos o vibraciones se efectuará con las técnicas que permitan lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico, aislamiento de la estructura o empleo de soportes antivibratorios, según Decreto Ejecutivo 2393, Art.55, numeral 2.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALFARO, A. (2008). *Seguridad en la industria de alimentos*. UNISUR.
- ASFAHL, R. (2000). Seguridad Industrial y salud.
- Becerra, G. y Grijalva, H. (2010). *Unidad de Seguridad y Salud en el Trabajo – EEQ: Empresa Eléctrica Quito S.A, Estudio Integral de Riesgos, Informe del Análisis, Evaluación de Riesgos y las Correspondientes Acciones de Control, Central Hidroeléctrica Cumbayá*, Quito. p29.
- Boca, R., (2011). *Nuevas tecnologías de Instrumentación en Ruido y Vibraciones Humanas*. Florida. USA. p.2.
- Calisto Ramírez, María. Ing. M.Sc. (2010). *Higiene Industrial. Riesgos Físicos. Ruido Industrial*. Presentación power point. Maestría de Seguridad y Salud. UISEK. Quito – Ecuador.
- Casal. (2001). p.99.
- Código del Trabajo (MRL) del Ecuador. (2005). Legislación Conexa - Concordancias –Jurisprudencia. Quito – Ecuador.
- Comisión de Inspectoría Bomberil. (2009). *Reglamento de prevención y mitigación y protección contra incendios*.
- Constitución Política del Ecuador, (2005), en el artículo 389 de la sección de gestión de riesgo, los numerales 3 y 4.
- Constitución Política del Ecuador. (2010). *Formas de Trabajo y su retribución. Sección Tercera*. Art. 326 Numeral 5. Ecuador.
- CORTÉS, J. M. (2001). *Seguridad e higiene del trabajo "Técnicas de prevención de riesgos laborales"*. Alfaomega.
- Day, R. (1996). *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*. EEUU.
- *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. (1989). Oficina Internacional del Trabajo OIT. Madrid – España.
- *Estatuto del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*, 1996, Art. 174, Ecuador.
- *Estatuto del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social*. (1996). Art. 177. Ecuador.
- Eyssautier de la Mora, M. (2002). *Metodología de la investigación*. Thomson Learning Editorial: EEUU.
- Farro, P. (2008). *Marco General de la Salud Ocupacional*.
- García Gómez, Monserrate. (1994). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). *Los Mapas de riesgos, concepto y metodología para su*

elaboración. Madrid.

- Gestal, O. (2004). *Riesgos laborales del personal sanitario*. Mc Graw Hill: Madrid.
- I.N.S.H.T., I. N. (2010). *Introducción*. España.
- INSHT, NTP 285: *Audiometría tonal laminar: vía ósea y enmascaramiento*. España.
- INSHT, NTP 287: *Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico*. España.
- INSHT, NTP 638: *Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos*, España.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), NTP 193: *Ruido: Vigilancia Epidemiológica de los trabajadores expuestos*, España.
- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (CAN). (2005). Decisión 584. Sustitución de la Decisión 547. Lima Perú.
- IPC, C. F. (2004). *Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en la Empresa. Manual del Curso Especializado en Seguridad y Salud Ocupacional para Comités Paritarios y Brigadistas*. p.25.
- Itaca, I. T. (2006). *Riesgos derivados de las condiciones de seguridad*. CEAC.
- ITC MIE-APQ 1. (2001). *Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles*. España.
- Jaramillo, S., Operador Central H. Cumbayá. (2005). *Operación de Centrales Subestaciones*. Presentacion power point. Quito. p.1-37.
- Kolluru, R., Bartell, S., Pitblado, R., y Stricoff, S. (2001). *Manual de Evaluación y Administración de Riesgos*. McGRAW - HILL: México.
- Mariño, H., M.Sc. MBA. (2009). *Fundamentos de Seguridad y Salud Ocupacional*. Presentación power point. Unidad 2 y 3. Maestría de Seguridad y Salud. UISEK. Quito. p.1-35.
- Nieto Gómez de Salazar, J. M. (2003). *Manual de auditoría de sistemas de prevención*. CISS - PRAXIS, S.A., España.
- Norma Técnica Ecuatoriana. NTN INEN-ISO 14001:98, *Sistemas de Gestión Ambiental. Especificaciones y guía de utilización*. Primera edición.
- NTP 270. (2006). *Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España*.
- *Prevención de Riesgos Laborales del Real Decreto de España (1995) ley 31*
- Rao V. Kolluru. (1998). *Manual de evaluación y administración de riesgo*. McGraw Hill: México.
- Real Decreto 1316. (1989). *Sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo*. España.
- Real Decreto 39/1997. (1997). *Reglamento de Servicios de Prevención*. España.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, expedido con Registro

Oficial 595. (1986). Art. 55. *Ruidos y Vibraciones*. Ecuador.

- Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2005). *Resolución 957*. Lima Perú.
- Resolución N° 741. (1990). *Reglamento General del Seguro de Riesgos del Trabajo*. Ecuador.
- Salgado, Francisco. M.Sc. MBA. (2010). *Higiene Industrial II. Agentes Físicos*. Presentación power point. Sección 1. Maestría de Seguridad y Salud, UISEK. Quito – Ecuador.
- Sutter. A. (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo O.I.T.*, capítulo 47 página 4.
- Trabajo, L. F. (2006). *Riesgos Laborales*. Artículo 474. México.
- Valle, Francisco. *Curso Técnico superior en Prevención de riesgos laborales*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías, Torrelaguna 73, Madrid.
- Vásquez, Zamora Luis. (2004). *Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo*. Quito –Ecuador.

11.1 Fuentes Electrónicas:

- *Acustica y Sonido*. Recuperado el 13 de julio de 2012, de: http://www.acusticaysonido.com/index.php?option=com_content&view=article&id=83:coeficiente-de-absorcion&catid=50:acondicionamiento&Itemid=103.
- ARES. (2009). *Revista de Protección integral*. Ed.1. N°11. Quito-Ecuador. Recuperado el 10 de noviembre de 2011, de: <http://www.ipc.org.ec/ares/>.
- Cifuentes, T. En Med Mar. (1997). *El enmascaramiento, su utilización correcta en las audiometrías, Formación Continuada SEMM. Medicina Marítima*. Recuperado el 16 de octubre de 2011, de: <http://www.semm.org/audtimp.html>.
- Colmena. (2007). *Riesgos Profesionales Medellín*. Recuperado el 8 de noviembre de 2011, de: <http://www.accidentes.pdf>
- Corzo Gilbert A., Dr. Médico Ocupacional. (2010). *Ruido Industrial y Efectos a la Salud*. Recuperado el 15 de octubre de 2011, de: <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>.
- Losano Zanelly, Glenn, Dr., (2010). *Primer Encuentro de Estudiantes Investigadores, Instituto de Investigación Docencia y Asesoría en Salud INIDASA*. Lima – Perú. Recuperado el 4 de mayo de 2012, de: <http://www.slideshare.net/Prymer/gua-de-investigacin>.
- Referencias Bibliograficas: Según Normativa APA, *Ejemplificación Reducida de las Normas APA*. 5ta edición. Recuperado el 15 de enero de 2012, de: http://www.ua.es/ice/redes/asesoramiento/materiales/referencias_bibliograficas_APA.pdf

- Universidad Andina Simón Bolívar. (2008). *Manual de estilo*. Ecuador. Recuperado el 8 de noviembre de 2011, de: <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/363/File/pdfs/INFORMACIONBASICA/Manual estilo08.pdf>
- Vásquez Hidalgo, Antonio. Dr. Msp. (2005) *Guía Protocolo de Investigación 2*. Facultad de Medicina UES. El Salvador. Recuperado el 4 de mayo de 2012, de: <http://www.redisal.org.sv/Inventario/GUIA%20PROTOCOLO%20de%20investigacion.pdf>