



Universidad del Azuay

Departamento de Posgrados

Maestría en Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO RUIDO EN LA PLANTA DE
HORMIGÓN DEL PROYECTO DE MANTENIMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA
CARRETERA CUENCA – GIRÓN – PASAJE Y APLICACIÓN DE MEDIDAS PARA SU
ATENUACIÓN COMO PARTE DE UN PROCESO PILOTO**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Magister en Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo**

Autora:

Ing. Jazmín Padilla Castañeda

Director:

Mst. Iván Coronel Coronel

Cuenca-Ecuador

2016

AGRADECIMIENTO

Habiendo culminado con éxito esta maestría en Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo y previo a la obtención de dicho título, quisiera dejar constancia de mis sinceros agradecimientos a las personas que hicieron posible tan importante logro.

Al Ing. Iván Coronel Mst., Director de Tesis, quién con su vasta sabiduría y experiencia ha hecho posible el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Robert Rockwood Mst., Miembro del Tribunal, por su invaluable colaboración y soporte en esta investigación.

Al Ing. Chester Sellers MSc., Miembro del Tribunal, por aportar con su excepcional conocimiento y brindarme el apoyo intelectual necesario para finalizar con éxito este proceso.

RESUMEN:

En la planta de hormigón, objeto de estudio, existe un nivel de ruido elevado, que supera a lo que indica la normativa ecuatoriana, Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, es decir, se encuentra sobre los 85 dB(A), considerando una jornada laboral de 8 horas, lo que constituye un riesgo para la salud del trabajador.

Conscientes de esta problemática, se ha realizado el presente trabajo, con el objeto prioritario de reducir el riesgo y el daño al trabajador, para lo cual se ha procedido a la caracterización del ruido, mediante mediciones del nivel de presión sonora, establecimiento de una línea base de ruido, elaboración de mapas de ruido, aplicación de medidas correctivas que atenúen el ruido de la planta, después de las cuales se ha evaluado nuevamente el ambiente mejorado. Además se ha procedido con la evaluación del trabajador expuesto mediante audiometrías y finalmente, se ha elaborado un plan de prevención y mitigación de ruido.

Se anota que las diferentes metodologías seguidas, con el objeto de cumplir los objetivos planteados en el presente tema de estudio, han sido, todas ellas, ejecutadas siguiendo procedimientos estipulados en normas nacionales, y, a falta de ellas mediante normas internacionales reconocidas.

Palabras Clave: aplicación de metodologías, caracterización de ruido, evaluación mediante audiometrías, mapa de ruido, medidas de atenuación, nivel de exposición, seguridad y salud.

Keywords: application of methodologies, noise characterization, evaluation through audiometry exams, noise map, mitigation measures, exposure level, safety and health.

ABSTRACT

In the concrete plant that served as the object of this study, there is an elevated noise level that surpasses Ecuadorian regulations as outlined in Executive Ruling 2393 of the Regulations for Occupational Health and Safety and Work Environment Improvement. On other words, the noise level is above 85dB. Considering the eight hour work day, this poses a health risk for workers.

With this situation in mind, the following project was conducted with the primary objective of reducing risks and hazards to workers. For this purpose, an assessment of noise levels was carried out through measurements of sound pressure levels to establish a noise benchmark. The work also included the development of noise maps, implementation of corrective measures to mitigate the noise in the plant, assessment of the improved environment and evaluation of exposed workers through audiometry exams. A noise prevention plan was also developed.

It's worth noting that the different methodologies used to meet the objectives stated in this study were all executed according to procedures stipulated in national regulations and, in cases of a lack thereof, recognized international regulations.



Translated by:


Melita Vega

Oct 13, 2016

Contenido

CAPITULO 1	- 5 -
1. MARCO TEÓRICO.....	- 5 -
1.1 Efectos del ruido en el trabajador	- 9 -
1.2 Factores que influyen en el daño auditivo	- 10 -
1.3 Efectos del ruido sobre la audición	- 12 -
1.4 Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido.....	- 14 -
1. 5 Control del factor de riesgo ruido.....	- 17 -
CAPÍTULO 2	- 20 -
2. MATERIALES Y MÉTODOS	- 20 -
2.1 Metodología para establecer una línea base de ruido	- 20 -
2.1.2 Instrumentación	- 22 -
2.1.3 Metodología – Etapas cronológicas.....	- 23 -
2.1.4 Análisis de la labor	- 24 -
2.1.5 Selección de la estrategia de medición	- 25 -
2.1.7 Tratamiento de errores e incertidumbres	- 28 -
2.1.8 Cálculos y presentación de los resultados y de la incertidumbre.....	- 30 -
2.2 Metodología para elaborar un mapa de ruido.....	- 38 -
2.2.1 Medición	- 38 -
2.2.2 Método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighting) o Inverso de las Distancias Ponderadas	- 41 -
2.3 Evaluación de los trabajadores expuestos mediante audiometrías	- 42 -
2.4 Instrumentos usados	- 43 -
CAPÍTULO 3	- 44 -

3. DESARROLLO Y RESULTADOS	- 44 -
3.1 Establecimiento de la línea base de ruido antes de la aplicación de las medidas de atenuación.....	- 44 -
3.2 Aplicación de medidas de atenuación	- 50 -
3.2.1 Control en la fuente de generación de ruido	- 51 -
3.2.2 Control en el receptor	- 53 -
3.3 Establecimiento de la línea base de ruido después de la aplicación de las medidas de atenuación.....	- 54 -
3.4 Elaboración de un mapa de ruido antes de la aplicación de las medidas de atenuación ...	- 57 -
3.4.1 Medición mediante la metodología del TULSMA, Anexo 5.....	- 57 -
3.5 Elaboración de un mapa de ruido después de la aplicación de las medidas de atenuación	- 63 -
4.6. Evaluación de los trabajadores expuestos mediante audiometrías	- 67 -
3.7 Elaboración de un plan de prevención y mitigación de ruido	- 70 -
CAPITULO 4.....	- 73 -
4. CONCLUSIONES	- 73 -

Índice de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla 1 Relación entre la presión sonora, el nivel de presión sonora y la sensación	6
Tabla 2 Dosis de ruido equivalente a 1	8
Tabla 3 Clasificación de los sonómetros y uso	22

Tabla 4 Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño n_G	26
Tabla 5 Incertidumbre presupuesta para la determinación de los niveles de exposición al ruido para una medición basada en la función	34
Tabla 6 Contribución a la incertidumbre, c_1u_1 , de las mediciones del nivel de ruido de una labor-trabajo y de una jornada completa en decibeles, aplicable a un conjunto de N valores medidos, $L_{p,A,eqT,n}$, de la incertidumbre estándar u_1	36
Tabla 7 Incertidumbre estándar, u_2 , de los instrumentos	37
Tabla 8 Mediciones de ruido en planta de hormigón antes de las medidas de atenuación	47
Tabla 9 Valores de ruido calculados en la planta de hormigón antes de las medidas de atenuación	50
Tabla 10 Mediciones de ruido en planta de hormigón después de las medidas de atenuación	56
Tabla 11 Valores de ruido calculados en la planta de hormigón después de las medidas de atenuación	57
Tabla 12 Mediciones de ruido en la planta de hormigón antes de las medidas de atenuación	58
Tabla 13 Cálculo de $L_{p,A,eqTe}$ antes de las medidas de atenuación	59
Tabla 14 Mediciones de ruido en la planta de hormigón después de las medidas de atenuación	63
Tabla 15 Cálculo de $L_{p,A,eqTe}$ después de las medidas de atenuación	64
Tabla 16 Tabulación de los resultados obtenidos en las fichas de evaluación al trabajador	67
Tabla 17 Tabulación de los resultados de las audiometrías	69

Figuras

Figura 1 Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 1	14
Figura 2 Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 2	15
Figura 3 Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 3	16
Figura 4 <i>Evaluación</i> audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 4	17
Figura 5 <i>Mapa de ruido antes de la aplicación de las medidas de atenuación</i>	62
Figura 6 <i>Mapa de ruido después de la aplicación de las medidas de atenuación</i>	66

Índice de Anexos

Anexo 1 Lista de comprobación para garantizar la detección de los eventos de ruido significativos durante el análisis del trabajo	77
Anexo 2 Guía para la selección de la estrategia de medición	78
Anexo 3 Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido	82
Anexo 4 Certificado de calibración del sonómetro marca CASELLA, modelo CEL-62X.	84
Anexo 5 Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido con información	85

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objeto realizar la determinación del factor de riesgo ruido existente en la Planta de Hormigón, instalada para el proyecto de mantenimiento y mejoramiento de la carretera Cuenca – Girón – Pasaje, debido a que éste es el responsable de deterioros en la salud del trabajador, como por ejemplo disminución de la capacidad auditiva.

A la vez se pretende dar la importancia que merece este factor de riesgo, pues si bien, y por lo general, no causa accidentes en el trabajo, es el responsable de la aparición de enfermedades ocupacionales, lo que se traduce además en ausentismo laboral, con la consecuente disminución en la productividad.

Antecedentes

Según un reporte de la Organización Internacional del Trabajo, OIT, “anualmente se producen en todo el mundo 270 millones de accidentes de trabajo que causan ausencias en el mismo de tres días o más; y 160 millones de personas contraen enfermedades profesionales”. (OIT, 2015).

El ruido es uno de los peligros laborales más comunes, como lo afirma el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT. “En Estados Unidos, por ejemplo, más de 9 millones de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles de ruido medios de 85 dB(A)”. (INSHT, 2015).

Existe además un estudio realizado por la OIT, en el que se afirma que “existe alguna evidencia de que la industrialización provoca inicialmente un aumento del número de accidentes. La creación de nuevas carreteras, infraestructura, telecomunicaciones y fábricas ocasiona un rápido aumento de la tasa de accidentes, mortales o no, debido a la súbita introducción en trabajos industriales de trabajadores no capacitados completamente principiantes en tales oficios”. (OIT, 2003)

Con estos antecedentes y conociendo que, como parte del proyecto de mantenimiento y mejoramiento de la carretera Cuenca – Girón – Pasaje, se encuentra la planta de hormigón, objeto del presente estudio, misma que cuenta, entre otros equipos, con un generador de corriente, el cual produce un nivel elevado de ruido, sobre los 85 dB, a más de un sicoma para la mezcla de los

componentes del hormigón, el cual, aunque en menor proporción, también produce ruido. Por lo anotado, se hace imprescindible un estudio de este factor de riesgo, pues constituye un problema desde el punto de vista de la seguridad y salud de los trabajadores principalmente. Sobre el tema, la normativa ecuatoriana, el Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, indican que el nivel máximo al que puede estar expuesto un trabajador, sin que ello constituya un riesgo para su salud, es 85 dB en una jornada laboral de 8 horas diarias.

En base a lo expuesto, el presente trabajo propone el estudio de la situación de riesgo, el ruido, al que están sometidos los trabajadores que laboran en la planta de hormigón instalada para el Proyecto de Mantenimiento y Mejoramiento de la Carretera Cuenca – Girón – Pasaje, para en base a ello proponer las medidas que permitan eliminar y de no ser así mitigar en la mayor medida posible el efecto negativo que este factor de riesgo físico genera en las personas.

Alcance

Conociendo que la meta de la Seguridad y Salud ocupacional es principalmente preservar el bienestar y la salud de los trabajadores y luego mejorar el medioambiente de trabajo, el presente proyecto está orientado a estudiar el factor de riesgo ruido en la planta de hormigón instalada para dar mantenimiento y mejoramiento a la carretera Cuenca – Girón – Pasaje, para lo cual se establecerá una línea base mediante la realización de las respectivas mediciones in situ de ruido laboral, posteriormente, se evaluarán a los trabajadores expuestos, se analizará la manera de atenuar el ruido existente en el lugar de trabajo, aplicando las medidas más adecuadas, como parte de un proceso piloto, y finalmente se realizará su evaluación luego de aplicadas las medidas correctivas.

Breve descripción de la empresa

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, se encuentra realizando con la empresa estatal china, SINOHYDRO CORPORATION LIMITED, el Mantenimiento y Mejoramiento de la carretera Cuenca – Girón – Pasaje, para lo cual ha subcontratado a la empresa **FOPECA S.A.** para realizar el trabajo en mención, instalando una planta de hormigón, misma que sirve para la preparación de este agregado que será utilizado para la construcción de bordillos y cunetas en la vía.

La planta de hormigón se encuentra ubicada en la provincia del Azuay, cantón Santa Isabel, en la parroquia Abdón Calderón, sector Malapamba, en el kilómetro 63 de la vía Cuenca – Pasaje.

El espacio físico que ocupa la planta de hormigón es de 12.396 m² y está constituida por una tolva en donde se coloca el material, silos para el almacenamiento de cemento, un sicoma para el mezclado de agregados, un tanque cisterna para almacenamiento de agua, un tanque estacionario de combustible y además un generador o grupo electrógeno de 343 KVA, marca MDS MODASA, modelo MD-275, serie T33MD67563X06744S, año/modelo 2010, el cual produce un nivel de ruido sobre los 85 dB, que es el máximo permitido según la normativa legal ecuatoriana vigente.

La capacidad máxima de la planta es de 700 m³ en un tiempo de 12 horas, lo que significa una producción de 350 m lineales de cuneta y bordillo, o 600 m lineales de bordillo, aproximadamente.

En la planta de hormigón laboran 4 empleados, con turnos diarios de 8 horas, y mensuales de 20 días laborables y 8 de descanso. En la actualidad cuentan con un equipo de protección personal consistente en tapones auditivos.

Misión

"Liderar con excelencia el servicio de la construcción para satisfacer a nuestros clientes, utilizando tecnología de punta y comprometidos con el bienestar del personal, de los socios y la comunidad, así como el respeto al medio ambiente".

Visión

"Ser una empresa constructora reconocida por su liderazgo, por la calidad y seriedad de sus servicios y con prestigio en el mercado, en donde el elemento humano labora en forma comprometida, en un entorno motivado, seguro y con la más alta tecnología; así también por ser absolutamente responsable con el medio ambiente y la comunidad.

Objetivos

El presente estudio está encaminado a minimizar el riesgo provocado por la exposición al ruido en los trabajadores de la planta de hormigón, para lo cual se han planteado algunos objetivos, general y específicos, los mismos que se detallan a continuación:

Objetivo general

Determinar el factor de riesgo ruido en la planta de hormigón del Proyecto de Mantenimiento y Mejoramiento de la Carretera Cuenca – Girón – Pasaje, y aplicar medidas para su atenuación como parte de un proceso piloto.

Objetivos específicos

- Establecer una línea base del factor de riesgo ruido en la planta de hormigón, mediante las respectivas mediciones de este factor.
- Elaborar un mapa de ruido, en el que se identifiquen los puestos de trabajo afectados y su nivel de afección, según la intensidad de energía.
- Realizar una evaluación de los trabajadores expuestos mediante audiometrías.
- Elaborar un plan de prevención y mitigación que contrarreste el factor de riesgo ruido y su afección, mediante los respectivos controles en la fuente, en el medio y en el trabajador.
- Aplicar las medidas más adecuadas, como parte de un proceso piloto y evaluar el medio ambiente laboral una vez aplicados los controles mencionados, por un tiempo máximo de 30 días.

CAPITULO 1

1. MARCO TEÓRICO

Previo al desarrollo del presente trabajo, se hace necesario realizar una conceptualización sobre el tema ruido, de modo de orientar a cabalidad el entendimiento del mismo.

Generalidades sobre el ruido

El ruido es uno de los factores físicos de riesgo más importantes en la actualidad debido al auge de la industria, dentro de ella la construcción de obra civil, precisamente por la tecnología y maquinaria empleada, afectando la salud de los trabajadores.

Para entender más este factor de riesgo, es necesario conocer alguna terminología, como se anota a continuación:

Concepto de ruido

Según (Falagán, 2008), el ruido se define como “un conjunto de sonidos ininteligibles y no coordinados cuya sensación resulta desagradable y que además interfiere en la actividad humana”.

Magnitudes y unidades

El ruido está determinado por parámetros como: a) la amplitud, b) la frecuencia, y c) el período.

a) La **amplitud** puede definirse mediante la potencia sonora, la intensidad sonora o la presión sonora, de las cuales la más utilizada es esta última, expresada como el Nivel de Presión Sonora (NPS).

Falagán, define a la **presión sonora** como “la energía acústica por unidad de superficie, bajo forma de variación de presión (N/m^2) o Pascales, es decir la variación instantánea de la presión

atmosférica en un punto como consecuencia de la propagación a través del aire de una onda sonora”. (Falagán, 2008).

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, INSHT, el rango de presión acústica audible para el oído humano varía entre 2×10^{-5} Pa (umbral de audición) y 200 Pa (umbral del dolor), valor sobre el cual el oído puede sufrir daño irreversible. Como se ve, el rango de variación es muy amplio, por lo que se hace necesaria la utilización de una escala logarítmica, en cuyo caso se habla del Nivel de Presión Sonora, y su unidad adimensional, el decibelio, dB. (Bernal et al., 2012).

Según lo anotado, el nivel de presión sonora, NPS, se determina mediante la siguiente expresión:

$$NPS \text{ o } L_p \text{ (en dB)} = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

En donde,

L_p es el nivel de presión sonora, en dB.

p es la presión sonora, en Pa.

p_0 es una constante cuyo valor es 2×10^{-5} Pa.

La siguiente tabla, tomada del Manual de Higiene Industrial de Falagán, indica la relación entre presión sonora en μPa , Nivel de presión sonora en dB y la sensación al oído humano:

Tabla 1

Relación entre la presión sonora, el nivel de presión sonora y la sensación

PRESION SONORA (μPa)	NIVEL DE PRESIÓN SONORA (dB)	SENSACIÓN
2×10^8	140	Intolerable (Umbral del dolor)
2×10^7	120	Doloroso
2×10^6	100	Muy ruidoso

2×10^5	80	Ruidoso
2×10^4	60	Ruido moderado
2×10^3	40	Ruido bajo
2×10^2	20	Silencio
20	0	Umbral de audición

Fuente: Falagán, 2008

Adición de niveles sonoros

El nivel de ruido resultante al adicionarse dos ruidos se puede calcular mediante la ecuación:

$$L_{PT} = 10 \log S 10^{L_{pi}/10}$$

En donde,

L_{PT} es el nivel sonoro resultante

L_{pi} son los niveles sonoros de los componentes

a) La **frecuencia** es definida, según el INSHT, como “el número de veces que la presión sonora alcanza un máximo y un mínimo en la unidad de tiempo”. (Bernal et al., 2012).

Su unidad de medida es el Hertzio (Hz), que es igual a una frecuencia de un ciclo por segundo.

La frecuencia de un sonido equivale al tono, correspondiendo los de baja frecuencia a sonidos graves y los de alta a agudos.

El rango de frecuencias audible por el oído humano está entre los 20 y 20.000 Hz.

b) El INSHT define al **período** como “el tiempo que tarda en producirse un ciclo completo de variación de presión sonora y equivale al inverso de la frecuencia”. (Bernal et al., 2012).

$$T = \frac{1}{f}$$

La unidad de medida es el segundo.

Según la normativa ecuatoriana, D.E. 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medioambiente de Trabajo, Art. 55, numeral 7, el límite

permisible al que puede estar sujeto el trabajador es de 85 dB(A) por un tiempo de 8 horas, que equivale a una dosis de 1, lo que significa que, también se genera una dosis de ruido diaria de 1, si varía el Nivel de Presión Sonora al que se someta el trabajador, variando también el tiempo de exposición al mismo, lo que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2

Dosis de ruido equivalente a 1

DOSIS DE RUIDO 1	
NIVEL DE PRESIÓN SONORA (dBA –lento)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN (H)
85	8
90	4
95	2
100	1
105	0,5
110	0,25
115	0,125

Fuente: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medioambiente de Trabajo, D.E. 2393, 1998

Escala de ponderación A

Este concepto surge debido a que el oído humano no percibe de igual manera los sonidos en las diferentes frecuencias, por lo que en Higiene Industrial se emplea la escala de ponderación A, que utiliza como unidad de medida los dB(A), y representa una respuesta muy aproximada a la del oído humano.

Existen también otras escalas, como la B, C y D, aunque las más utilizadas son la A y la C. La escala C equivale en la práctica a una medida sin ponderación.

Tipos de ruido:

Para realizar la determinación del factor de riesgo ruido, objeto del presente estudio, es necesario conocer el tipo de ruido existente en la planta de hormigón.

La Nota técnica NTP 270 hace una clasificación de los tipos de ruido, y se anotan a continuación:

Ruido estable: “Aquel cuyo nivel de presión acústica ponderada permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA sea inferior a 5 dB”. (NTP 270, 1989).

Ruido periódico: “Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica”. (NTP 270, 1989).

Ruido aleatorio: “Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es superior o igual a 5 dB, variando LpA aleatoriamente a lo largo del tiempo”. (NTP 270, 1989).

Ruido de Impacto: “Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo”. (NTP 270, 1989).

1.1 Efectos del ruido en el trabajador

Es conveniente hacer un breve recordatorio de la anatomía y fisiología del oído humano, para poder entender el efecto que produce el factor de riesgo ruido en el trabajador expuesto a dicho riesgo. Según el INSHT (2012), se tiene:

El sistema auditivo consta de 3 partes: oído externo, oído medio y oído interno.

El oído externo a su vez está conformado por el pabellón auditivo, el conducto auditivo externo y la membrana del tímpano.

Por otro lado, el oído medio es una cavidad que contiene tres huesecillos, martillo, yunque y estribo; y está conectado a la laringe mediante la Trompa de Eustaquio.

Finalmente está el oído interno, el cual tiene forma de concha de caracol que da dos y media vueltas y a lo largo de éste, se encuentran terminales nerviosas del nervio auditivo.

“Cuando los sucesivos frentes de sobrepresión y depresión llegan al oído, provocan el movimiento de la membrana timpánica; este movimiento se transmite, a través de la cadena de huesecillos del oído medio, hasta el caracol; en este órgano las perturbaciones ocasionan la

deformación de una membrana en zonas concretas en función de la frecuencia del sonido y como consecuencia de ello las terminales nerviosas de esa zona generan impulsos nerviosos que son conducidos hasta el cerebro por el nervio auditivo. Es en el cerebro donde se produce la percepción del sonido y donde se reconoce como fuerte o débil, agradable o desagradable, etc.”. (Bernal et al., 2012).

Cuando un trabajador está expuesto al ruido, como consecuencia de la labor que ejecuta, puede sufrir disminución de la capacidad auditiva. Según el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, 2006, la lesión por ruido industrial comienza con pérdidas en la audición para frecuencias de alrededor de los 4.000 Hz, que corresponde precisamente al ruido existente en la industria, producido por máquinas, equipos o herramientas que tienen elementos cinéticos.

1.2 Factores que influyen en el daño auditivo

El daño auditivo depende de algunos factores, como se anotan a continuación, y ha sido tomada del Estudio sobre Hipoacusia Laboral, del Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, (2006).

Intensidad del ruido

Según normativa ecuatoriana, Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medioambiente de Trabajo, el nivel de ruido máximo permisible en un puesto de trabajo es 85 dB(A), para una jornada laboral de 8h; aunque se anota que, en normativa internacional, según el Real Decreto 1316/1989, tomado como referencia en España, ya se considera perjudicial la exposición a este factor de riesgo a niveles superiores a los 80 dB(A), a partir de los cuales ya se produce lesión auditiva.

Frecuencia

La frecuencia influye directamente en la intensidad de la lesión auditiva, es así que, según el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, los sonidos más peligrosos para el oído humano son los de frecuencias superiores a los 1.000 Hz, y

específicamente, los sonidos con frecuencias entre los 3.000 y 6.000 Hz, siendo la primera zona de percepción afectada la que corresponde a la frecuencia de 4.000 Hz.

Tiempo de exposición

Obviamente, este factor tiene mucho que ver cuando de lesión auditiva se trata. A mayor tiempo de exposición del trabajador al ruido, mayor será el daño auditivo en esta persona, produciéndose la lesión en los primeros años de exposición, siguiendo con daños en las frecuencias agudas, y continuando con la lesión incluso después de cesada la exposición, debido a factores como la edad del trabajador, según anota el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid. (Bascañán et al., 2006).

Susceptibilidad individual

Si bien no está demostrado que una persona sea más susceptible al ruido que otra, es recomendado realizar la valoración individual de ese trabajador, considerando todos sus antecedentes clínicos, como refiere el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid. (Bascañán et al., 2006).

Edad y experiencia

Es conocido que con la edad se produce pérdida progresiva de la audición, lo que se conoce como presbiacusia natural, misma que empieza en las frecuencias altas y continúa con las bajas. Esta pérdida natural de la audición es más marcada en trabajadores que han estado expuestos a ruido.

En cuanto a la experiencia del trabajador, no se está al tanto de cómo influye ésta en la pérdida auditiva, aunque un conocimiento en materia de prevención de ruido ayuda significativamente a disminuir esta patología. (Bascañán et al., 2006).

Sexo

No se tienen resultados concluyentes sobre la relación de este factor con la pérdida auditiva. (Bascañán et al., 2006).

Naturaleza del ruido

El oído humano soporta mejor ruidos constantes en el tiempo, que ruidos de impacto. (Bascuñán et al., 2006).

Condiciones materiales del trabajo

No se sabe con certeza la influencia de otros factores contaminantes, como por ejemplo vibraciones, sobre la pérdida auditiva de un trabajador expuesto a ruido. (Bascuñán et al., 2006).

Afecciones anteriores del trabajador

Si el trabajador ha sufrido de dolencias auditivas anteriores a la labor que ejecuta, éstas vuelven al trabajador más susceptible a dicho factor de riesgo. (Bascuñán et al., 2006).

1.3 Efectos del ruido sobre la audición

Un trabajador expuesto a ruido sufre, a más de sordera profesional, otros trastornos en su salud.

Del artículo sobre Hipoacusia Laboral, del Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, (2006), se han extraído y se anotan a continuación las alteraciones consecuencia de una exposición a ruido:

1.3.1 Efectos extra-auditivos

Dentro de estos efectos se anotan trastornos como:

- Efectos sobre el equilibrio: vértigos y síncope (pérdida transitoria de la conciencia).
- Efectos sobre la visión: estrechamiento del campo visual, dilatación de pupilas y nistagmus (movimientos rápidos e involuntarios de los ojos).
- Efectos sobre el sistema cardiovascular: alteraciones del ritmo cardíaco y de la presión arterial.
- Efectos sobre el aparato digestivo: alteraciones de la secreción ácida del estómago. Alteraciones de la motilidad (acción fisiológica del aparato digestivo, que produce el desplazamiento del contenido desde la boca hacia el ano)
- Efectos sobre el aparato respiratorio: aumento de la frecuencia respiratoria.

- Efectos psicológicos: ansiedad, dificultad de concentración, inseguridad, inquietud, agresividad, disminución de la efectividad de tareas. (Bascuñán et al., 2006).

1.3.2 Efectos sobre la actividad laboral

Se ha demostrado que la exposición al ruido genera:

- Degradación de las relaciones interpersonales.
- Disminuye la capacidad de concentración.
- Puede ocultar mensajes de alerta.
- Puede ser la causa de un accidente de trabajo
- A niveles de ruido comprendidos entre 80 y 85 dB se produce absentismo laboral.

(Bascuñán et al., 2006).

1.3.3 Efectos auditivos

a) Variaciones temporales del umbral:

- Adaptación: Después de cierto tiempo de exposición al ruido se da una atenuación de las sensaciones, lo cual se produce a niveles de ruido superiores a los 40 dB. Es reversible.
- Fatiga: Alteración de la sensibilidad. Es reversible, aunque puede provocar una variación permanente del umbral.

b) Variaciones permanentes del umbral:

- Trauma acústico agudo: Se produce debido a la exposición a un ruido de impacto, dando como consecuencia la rotura de la membrana del tímpano y la destrucción de las células ciliadas del oído.
- Hipoacusia o sordera inducida por el ruido: Se da como consecuencia de una exposición prolongada a ruido de altas intensidades, durante años, provocando deterioro progresivo de las sensoriales del Órgano de Corti. (Bascuñán et al., 2006).

Este trastorno será analizado y evaluado en el presente estudio.

1.4 Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido

Del artículo sobre Hipoacusia Laboral, del Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, 2006, se ha extraído el siguiente análisis sobre cómo evoluciona la audiometría de una hipoacusia de origen profesional en un trabajador que está expuesto frecuentemente a intensidades de ruido sobre los 80 dB(A). Se señalan las siguientes fases:

Primera fase:

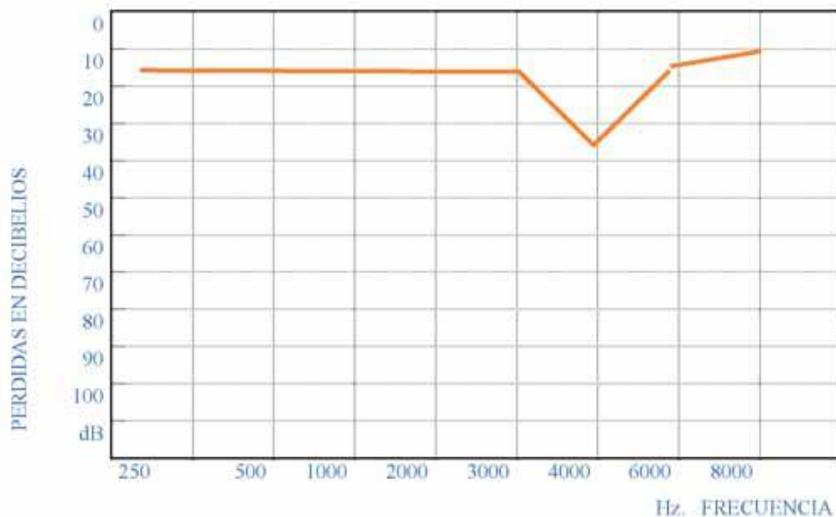
Pérdida “lacunar” de audición, la cual se da solamente en los tonos agudos (4.000 Hz), puesto que esta zona es la más sensible.

En esta fase se produce la variación de umbral, lo que se denomina “fatiga”, y ésta ocurre en los primeros días de permanencia en ambientes ruidosos. Varía con la intensidad del ruido, el tiempo de exposición y descanso tras la exposición.

Esta fase es recuperable, siempre y cuando cese la exposición al ruido de alta presión sonora. (Bascañán et al., 2006).

Figura 1

Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 1



Fuente: Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, 2006

Segunda fase:

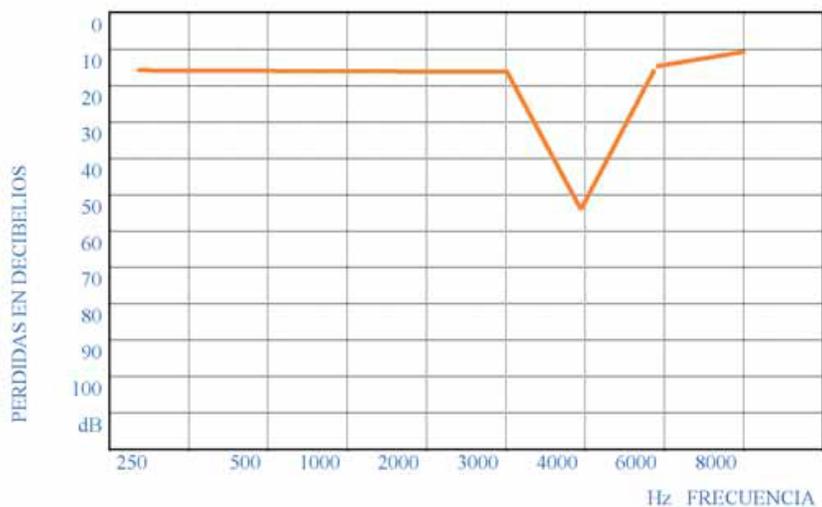
En esta fase la sordera está bien establecida. En la gráfica audiométrica se produce una caída, a la cual se la conoce con el nombre de “escotoma”, en la frecuencia de 4.000Hz. Suelen afectarse también las frecuencias de 3.000 y 6.000 Hz, sin embargo la frecuencia de 8.000 Hz permanece sin sufrir alteración.

El daño causado por el ruido continúa avanzando, produciéndose mayores pérdidas de umbral en las frecuencias afectadas, y comienza, con el transcurso del tiempo, a afectar a las frecuencias hacia los 2.000Hz. Se inicia la afectación de las frecuencias conversacionales.

En esta fase el daño auditivo es irreversible, produciéndose la variación del umbral, denominado “trauma acústico”. (Bascañán et al., 2006).

Figura 2

Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 2



Fuente: Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, 2006

Tercera fase:

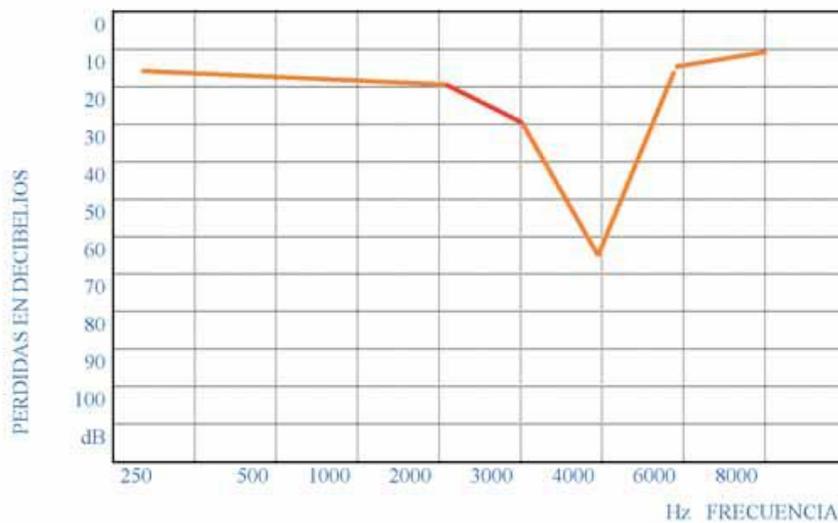
En esta fase se produce una sordera profunda. El estocoma ha progresado hasta los 60 o 70 dB de pérdida en la frecuencia de 4.000 Hz. También se afectan las frecuencias próximas a los 4.000 Hz, es decir las frecuencias de 3.000 y 6.000 Hz, mientras que las frecuencias conversacionales están más o menos conservadas.

El individuo no oye bien o no entiende, notándose especial dificultad de comprensión de la conversación cuando varias personas hablan a la vez, además tiene dificultades para oír sonidos agudos como timbres. Aparecen síntomas como “pitidos” en los oídos.

Esta fase puede durar entre 10 y 15 años. (Bascañán et al., 2006).

Figura 3

Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 3



Fuente: Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, 2006

Cuarta fase:

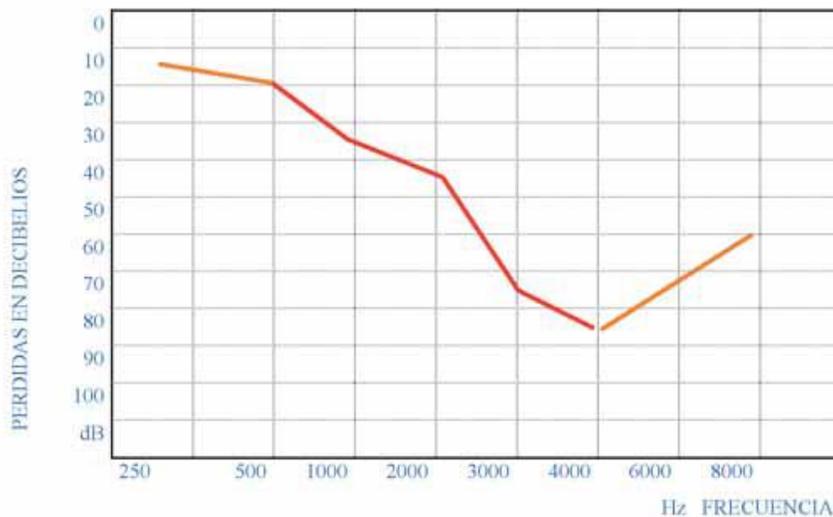
En esta fase final se produce afectación en las frecuencias conversacionales, llegando incluso a producirse la afectación en las frecuencias de los 1.000 y 500 Hz. Las frecuencias de 6.000 y 8.000 Hz también están dañadas.

El estocoma en la frecuencia de los 4.000 Hz pasa a pérdidas superiores a los 70 dB. La gráfica audiométrica se presenta como una recta descendente.

El individuo puede presentar trastornos del equilibrio y nistagmus. (Bascañán et al., 2006).

Figura 4

Evaluación audiométrica de la hipoacusia producida por ruido. Fase 4



Fuente: Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid, 2006

1.5 Control del factor de riesgo ruido

Es importante realizar el control del factor de riesgo ruido, de modo que se reduzcan los efectos negativos que éste produce en el trabajador. Dicho control se puede realizarse a diferentes niveles:

- a) Control en la fuente de generación de ruido
- b) Control en el medio de transmisión del ruido.
- c) Control en el receptor (trabajador)

Control en la fuente de generación de ruido

Como menciona el INSHT, al ser el ruido la consecuencia de la vibración de un sólido o la turbulencia en el flujo de un fluido, éste puede ser reducido siempre que se disminuyan dichas vibraciones o turbulencias. Esto se traduce en trabajos de mantenimiento preventivo.

Existen una gran variedad de técnicas de insonorización, a continuación se citan las recomendadas por el INSHT:

- La modificación de los procesos en el sentido de evitar aplicaciones de fuerzas de elevada intensidad durante poco tiempo utilizando en su lugar sistemas de aplicación de fuerzas de menos intensidad durante un tiempo mayor (atornillar en vez de clavar, doblar mediante presión en vez de golpear, corte progresivo en vez de corte instantáneo).
- Los cerramientos totales o parciales de una máquina, o parte de ella, para impedir la emisión del ruido hacia el exterior.
- El recubrimiento de las superficies metálicas con materiales viscoelásticos o pinturas especiales (caucho o látex) para amortiguar las vibraciones de esas superficies.
- La fijación de la máquina ruidosa, y en definitiva vibrante, al suelo del local a través de un anclaje que garantice una buena atenuación de las vibraciones que ella misma genera en su funcionamiento, evitando así que entren en vibración otras superficies cercanas, que a su vez se convierten en nuevas fuentes de ruido. Es importante solicitar al proveedor de una máquina las instrucciones pertinentes sobre el modo de anclar la máquina y sobre los métodos de aislamiento de vibraciones más adecuados para ella.
- En ocasiones se tiene que recurrir a soluciones de ingeniería más complejas, como pueden ser el diseñar cerramientos para las máquinas ruidosas que en la medida de lo posible no incluyan en su interior al trabajador. (Bernal et al., 2012).

Control en el medio de transmisión

Este tipo de control se logra, según anota el INSHT, de dos formas: una, interponiendo barreras absorbentes de ruido entre el foco de ruido y el receptor, y otra, separándolos al máximo el uno del otro, aumentando la distancia.

El caso más elemental es construir entre la máquina y el trabajador una mampara de una determinada altura, revestida de material absorbente de ruido, cuidando que la característica de absorción del material elegido sea adecuada a las frecuencias dominantes del ruido en cuestión.

Se debe anotar que, mientras mayor sea la superficie absorbente que se instale en el camino del ruido, mayor será la absorción conseguida. (Bernal et al., 2012).

Control en el receptor

El INSHT afirma que se puede, en primer lugar, diseñar un cerramiento insonorizado que encierre todo el puesto de trabajo y que esté construido con los materiales que presenten una absorción óptima frente al ruido, teniendo en cuenta no sólo las paredes, sino también el suelo y el techo como puntos a proteger frente a la propagación del ruido.

Se puede proporcionar al trabajador un equipo de protección individual (EPI) auditiva (casco auriculares, tapones) que, correctamente elegidos con el fin de ofrecer la mayor atenuación posible frente a cada tipo de ruido (en función de su intensidad y de su espectro de frecuencias), consiguen que el nivel de presión sonora ponderada percibido por el trabajador sea menor.

Sin embargo se recalca que ésta es solamente una medida complementaria.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se describe la metodología necesaria para cumplir los diferentes objetivos planteados, al igual que los equipos de medición empleados en ello.

2.1 Metodología para establecer una línea base de ruido

Para el establecimiento de una línea base en la planta de hormigón objeto de estudio, se seguirá el procedimiento que se define en la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN-ISO 9612, Acústica. Determinación de la Exposición al Ruido en el Trabajo. Método de Ingeniería (ISO 9612:2009, IDT), de la cual se ha extraído información que será aplicada al presente estudio y que se detalla a continuación:

2.1.1 Términos y definiciones

Previo al estudio de la norma es necesario conocer ciertos términos y definiciones que se emplearán a lo largo del mismo, y que se anotan a continuación:

Nivel de presión sonora promediado en el tiempo ponderado A, $L_{p,A,T}$

De acuerdo a la norma citada, este término es equivalente al que se anota a continuación:

Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{p,A,eqT}$:

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente del promedio temporal del cuadrado de la presión sonora con ponderación A, p_A , durante un intervalo de tiempo indicado de duración T (comenzando en t_1 y finalizando en t_2) y el cuadrado de un valor de referencia, p_o , expresado en decibeles:

$$L_{p,A,T} = L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] \text{ dB}$$

[1]

Donde el valor de referencia, p_0 , es 20 μPa .

**Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado para una jornada laboral de 8 h;
nivel diario de exposición al ruido, $L_{EX, 8H}$**

$$L_{EX, 8H} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg (T_e / T_0) \text{ dB}$$

[2]

En donde,

L_{p,A,eqT_e} es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para T_e ;

T_e es la duración efectiva de la jornada laboral (Horas)

T_0 es la duración de referencia y es igual a 8 h.

Jornada laboral

Es el día laborable sobre el cual se determina la exposición al ruido.

El nivel de exposición se calcula comúnmente sobre una base diaria, aunque también se lo puede realizar en semanas o en períodos más largos

Tarea

Parte determinada de la actividad profesional de un trabajador.

Trabajo

Actividad profesional global que desempeña un trabajador, consistente en todas las tareas realizadas por el trabajador durante una jornada laboral completa o un turno de trabajo completo.

2.1.2 Instrumentación

Siguiendo la norma NTE INEN-ISO 9612, las mediciones se pueden realizar mediante instrumentos como el sonómetro integrador – promediador, que mide el nivel de presión sonora, o mediante un dosímetro sonoro individual, que mide el nivel de exposición al ruido.

En general los sonómetros pueden ser de 4 clases: clase 0, clase 1, clase 2 y clase 3, y su uso se especifica en la siguiente tabla dada por el IEC 60651:

Tabla 3

Clasificación de los sonómetros y uso

CLASE DE SONÓMETRO	USO
0	Como patrón de referencia en laboratorios.
1	Para laboratorios o en campo donde el ambiente acústico puede especificarse o controlarse de manera precisa.
2	Aplicaciones generales.
3	Aplicaciones de reconocimiento de los niveles sonoros para determinar si se han violado los límites de ruido establecidos.

Fuente: IEC 60651

En cuanto a los sonómetros integradores – promediadores, éstos deben tener una precisión correspondiente a clase 1 o clase 2, según se establece en la Norma IEC 61672 – 1: 2002, cuya diferencia básica es el límite de tolerancia, el de clase 2 tiene mayor tolerancia; y el rango de temperaturas de medición, clase 1 tiene un rango de operación aceptado entre -10°C a 50°C, clase 2, un rango entre 0°C y 40°C. En lo que respecta a dosímetros sonoros individuales, éstos cumplirán con lo establecido en la Norma IEC 61252, en donde se especifica su rango de operación, entre 0°C y 40°C; o los dosímetros personales de clase 1, cuyos requisitos se encuentran en la norma IEC 61672–1:2002, y sirven para medir a bajas temperaturas y cuando el ruido tiene altas frecuencias.

2.1.3 Metodología – Etapas cronológicas

La metodología en la que se basa la norma NTE INEN-ISO 9612, consiste en la ejecución de 5 etapas:

Etapa 1. Análisis de labor

El objeto de esta etapa, según se describe en la Norma citada, es obtener información suficiente sobre el trabajo y los trabajadores en estudio, para poder escoger una estrategia adecuada de medición.

En el numeral 2.1.4 Se detallará como se tiene que realizar el análisis de la labor.

Etapa 2. Selección de la estrategia de medición

La estrategia a utilizarse depende del tipo de medición escogida: medición basada en la tarea, en el trabajo o de una jornada completa, lo que se detallará más adelante.

Etapa 3. Mediciones

El índice a determinar es el $L_{p,A,eqT}$, para lo cual se seguirá el procedimiento según la estrategia escogida en la etapa 2, cumpliendo con lo que se especifica en el numeral 2.1.6

Etapa 4. Tratamiento de errores e incertidumbres

Las diversas fuentes de errores e incertidumbres pueden influir en el resultado, por lo tanto tendrán que ser evaluadas, siguiendo lo descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN-ISO 9612, como se verá más adelante, en el numeral 2.1.7

Etapa 5. Cálculos y presentación de resultados e incertidumbre

El valor a calcular es el $L_{EX,8h}$, el cual depende de la estrategia seleccionada y el valor de la incertidumbre, como se explicará más adelante, en el numeral 2.1.8, para lo cual puede utilizarse una hoja de cálculo.

Los resultados también siguen una especificación que será descrita más adelante.

2.1.4 Análisis de la labor

Para realizar el análisis de la labor, la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN-ISO 9612 afirma que se debe de tener la información necesaria para:

- a) Describir las actividades de la empresa y de los trabajos de los trabajadores bajo estudio;
- b) Si fuese relevante, definir grupos de exposición homogénea al ruido
- c) Determinar una o varias jornadas laborales para cada trabajador o grupo
- d) Si fuese relevante, identificar las tareas que constituyen los trabajos;
- e) Identificar los posibles eventos de ruido significantes;
- f) Elegir la estrategia de medición;
- g) Establecer el plan de medición.

Grupos de exposición homogénea al ruido

Según la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN-ISO 9612, los grupos de exposición homogénea al ruido son grupos de trabajadores que están realizando la misma labor y por lo tanto expuestos a condiciones similares de ruido durante la jornada laboral.

Es importante definir estos grupos, pues los esfuerzos de medición se pueden reducir.

Determinación de una jornada laboral

La norma manifiesta que la jornada laboral se tiene que definir consultando a trabajadores y dirección, mediante el análisis de los siguientes puntos:

- a) Tareas (contenido y duración) y variación dentro de las mismas;
- b) Principales fuentes de ruido y áreas ruidosas de trabajo;
- c) Pautas de trabajo y cualquier evento significativo de ruido, que tenga como resultado un cambio en el nivel de ruido;
- d) Número y duración de las pausas, reuniones, etc., y de si se tendrían que considerar como parte de la jornada laboral o no.

Además, la norma proporciona una lista de comprobación, que figura como Anexo 1, y sirve de apoyo para garantizar que los eventos significativos de ruido queden registrados.

2.1.5 Selección de la estrategia de medición

Para seleccionar la estrategia, según la norma, se deben realizar las siguientes consideraciones:

- a) **Medición basada en la tarea:** Se analiza el trabajo realizado durante la jornada y se divide en un cierto número de tareas representativas y, para cada tarea, se hacen mediciones por separado del nivel de presión sonora.
- b) **Medición basada en el trabajo:** se toma un cierto número de mediciones aleatorias del nivel de presión sonora durante la realización de trabajos con particularidades.
- c) **Medición de una jornada completa:** el nivel de presión sonora es medido continuamente a lo largo de jornadas laborales completas.

La norma proporciona una guía para la elección de la estrategia de medición, misma que se especifica en el Anexo 2.

El presente estudio utilizará la estrategia de **medición basada en el trabajo**, la cual ha sido escogida por acoplarse más a la realidad de la empresa y luego de haber realizado el respectivo análisis que se indica en la norma, de donde se deduce que no es práctico realizar un análisis detallado de las tareas, por lo que el presente trabajo se centrará en la estrategia mencionada.

2.1.6 Mediciones

La medición se enfoca en la estrategia seleccionada:

Estrategia: medición basada en el trabajo

A. Principio: realizar mediciones aleatorias de la exposición al ruido midiendo el $L_{p,A,eqT}$ durante la realización de los trabajos identificados durante el análisis de las labores de trabajo.

B. Plan de medición: número, duración y distribución de las mediciones

Una vez identificados los grupos de exposición homogéneo al ruido, la NTE INEN-ISO 9612 recomienda:

- a) Determinar, mediante la tabla 4, la duración mínima de tiempo de la medición acumulativa para el número de trabajadores, n_G , del grupo de exposición homogéneo;
- b) Seleccionar la duración de la medición y número de mediciones, al menos cinco, de tal manera que la duración acumulativa sea superior o igual a la mínima determinada en el paso anterior;
- c) Planificar la toma de mediciones, las cuales estarán distribuidas de forma aleatoria entre los miembros de grupo y a lo largo de la duración de la jornada laboral.

Tabla 4

Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño n_G

Número de trabajadores en el grupo de exposición homogéneo n_G	Duración mínima acumulativa de medición a repartir entre el grupo homogéneo de exposición
$n_G \leq 5$	5h
$5 < n_G \leq 15$	$5h + (n_G - 5) \times 0,5h$
$15 < n_G \leq 40$	$10h + (n_G - 15) \times 0,25h$
$n_G > 40$	17 h o fraccionar el grupo

Fuente: NTE INEN-ISO 9612

C. Proceso para realizar la medición

Se seguirá el procedimiento que se anota a continuación, aunque previamente interesa conocer lo siguiente:

1. Selección de la instrumentación

- a) Dosímetro sonoro personal. Es llevado por el trabajador.

b) Sonómetro integrador-promediador colocado en posiciones discretas, o sostenido en la mano para seguir un trabajador que se mueve.

2. Calibración de campo

La NTE INEN-ISO 9612 precisa que antes de realizar las mediciones se debería realizar una calibración de campo con las correcciones adecuadas. Al final de las mediciones se debería realizar una calibración de campo sin corrección. Si la lectura a cualquier frecuencia al final de las mediciones difiere de la lectura de la frecuencia al principio de las mediciones en más de 0,5 dB, se tienen que desechar los resultados de la serie de mediciones.

3. Sonómetro integrador-promediador

Según la NTE INEN-ISO 9612 los niveles medidos tienen que ser representativos del nivel de ruido a la altura del oído del trabajador, si el campo sonoro es uniforme, es menos crítica una posición de precisión.

Al respecto, la NTE INEN-ISO 9612 dicta que las mediciones se deberían efectuar colocando el micrófono al nivel de la posición que ocupa la cabeza en las distintas ubicaciones del trabajador durante la realización habitual del trabajo o tarea. Preferiblemente, el micrófono se tiene que colocar en el plano central de la cabeza del trabajador, en línea con los ojos, con sus ejes paralelos a la línea de visión del trabajador, y sin estar el trabajador presente. Se tiene que tener en cuenta varias posiciones en el espacio de la cabeza del trabajador. El nivel de presión sonora promedio en un puesto de trabajo, también se puede determinar moviendo el sonómetro alrededor (mediante barrido) en la zona de interés. El barrido se puede realizar moviendo el micrófono a una velocidad constante a lo largo de una trayectoria con la forma del símbolo de infinito: ∞ .

Cuando el trabajador tiene que estar presente en su puesto de trabajo, el micrófono se tiene que colocar o sostener a una distancia entre 0,1m y 0,4 m de la entrada del canal auditivo externo y en el lado del oído más expuesto.

Si la actividad del/la trabajador/a o la configuración del puesto de trabajo hace imposible guardar una distancia dentro de los 0,4m, se recomienda el uso de un instrumento que sea llevado por el trabajador.

Si la ubicación del trabajador está muy próxima a las fuentes de ruido, el campo sonoro se debería estudiar detenidamente y la posición y la dirección del micrófono escogidas se tienen que indicar de forma precisa en el informe de ensayo.

Si la posición de la cabeza en el puesto de trabajo no está bien definida, se pueden utilizar las siguientes alturas de micrófono:

- a) Trabajador de pie: $1,55 \text{ m} \pm 0,075 \text{ m}$ por encima del suelo sobre el que el trabajador está de pie;
- b) Trabajador sentado: $0,8 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ por encima de la mitad del plano de la silla, con la silla ajustada lo más cerca posible al punto medio de su ajuste horizontal o vertical.

D. Determinación de los niveles diarios de exposición al ruido para trabajadores de un grupo de exposición homogéneo

La NTE INEN-ISO 9612 define un procedimiento a seguir para calcular el nivel diario de exposición al ruido, el mismo que se detallará en el capítulo de *Cálculos*, numeral 2.1.8.

2.1.7 Tratamiento de errores e incertidumbres

Según la norma NTE INEN-ISO 9612, este punto es necesario debido a que existen algunas fuentes de incertidumbre que se presentan durante el estudio del factor de riesgo ruido, debido a múltiples factores, como se detallan a continuación, por lo que se hace imprescindible su tratamiento, de modo de acercarnos más al valor verdadero.

A. Fuentes de incertidumbre

Existen varias, entre las que se anotan:

General

Según la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN-ISO 9612, existen algunas fuentes de incertidumbre:

- a) Las variaciones en el trabajo diario, las condiciones de operación, la incertidumbre en la selección del lugar, etc.;
- b) Los instrumentos y la calibración;
- c) La posición del micrófono;
- d) Las contribuciones falsas, por ejemplo, del viento, corrientes de aire, los impactos en el micrófono o el roce del micrófono sobre la ropa;
- e) Un análisis del trabajo mal hecho o no realizado;
- f) Las contribuciones atípicas de fuentes de ruido, la palabra, la música (radio), las señales de alarma y los comportamientos atípicos.

Estas fuentes de incertidumbre pueden afectar significativamente las mediciones, en cuyo caso se tienen que rechazar o corregir, según indica la norma.

1. Impactos mecánicos sobre el micrófono

Según recomienda la norma, los impactos mecánicos contra el micrófono se tienen que evitar, mediante una pantalla anti-viento que no golpee contra nada.

Si al comparar los resultados de la medición registrada con las observaciones realizadas a lo largo de las mediciones, y se producen picos inexplicables y resultados alterados de forma significativa, la medición se tiene que repetir.

2. Viento y corrientes de aire

La norma NTE INEN-ISO 9612 recomienda en lo posible evitar realizar mediciones en presencia de vientos de gran velocidad. Si esto no fuera posible, se tiene que intentar minimizar al máximo el ruido debido a las corrientes de aire, para lo que conviene evaluar la contribución al ruido de las corrientes de aire realizando mediciones en situaciones de trabajo similares sin corrientes de aire; caso contrario, el ruido inducido por las corrientes de aire se puede evaluar realizando las mediciones en lugares sin el ruido ocupacional, pero con flujo de aire similar.

Para reducir el ruido inducido por corrientes de aire se debe de dotar al micrófono de una pantalla antiviento.

Los sonómetros portátiles deberán estar dotados de pantallas antiviento de un diámetro de 60 mm para reducir el efecto de la corriente de aire o viento.

3. Importancia de las contribuciones sonoras

Sobre el tema, la norma NTE INEN-ISO 9612 asevera que se debe de prestar especial atención a la hora de definir qué sonidos son relevantes para la exposición al ruido, como lo es el procedente de radios, la palabra y señales de alarma, siempre que formen parte de la condición normal de labor. Sin embargo, si la persona que realiza las mediciones, tiene razones de peso para considerar que una contribución de estas características es irrelevante, él/ella podrá excluirla de los datos medidos, siempre y cuando se indique en el informe.

Así mismo, la norma indica que, si se observa un comportamiento atípico en el lugar de trabajo durante las mediciones, se tiene que hacer una evaluación de las posibles influencias en el resultado de medición. Si la influencia se considera significativa, se tienen que realizar nuevas mediciones.

B. Cálculo de las incertidumbres de la medición y presentación de los resultados finales

Las incertidumbres asociadas a la medición de la exposición al ruido laboral, se determinan según indica la norma NTE INEN-ISO 9612, según se indica más adelante, en el numeral 2.1.8.

El resultado final tiene que indicar el valor medido y el valor de la incertidumbre.

La incertidumbre expandida de la medición, junto con el correspondiente factor de cobertura, se tiene que indicar para un intervalo de confianza unilateral del 95%.

2.1.8 Cálculos y presentación de los resultados y de la incertidumbre

Se tiene que calcular el $L_{EX,8h}$ para la estrategia seleccionada, es decir en el caso del presente estudio para una estrategia basada en el trabajo, para lo cual la norma NTE INEN-ISO 9612 anota lo siguiente:

1. Calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, L_{p,A,eqT_e} , para la duración efectiva de la jornada laboral, T_e , mediante la ecuación:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB}$$

[3]

Donde

L_{p,A,eqT_e} es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n;

n es el número de la medición de la labor de trabajo;

N es el número total de mediciones de la labor de trabajo.

1. Calcular el nivel diario de exposición al ruido ponderado A, $L_{ex,8h}$, de los trabajadores de un grupo dado de exposición homogéneo, mediante la ecuación:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg (T_e / T_o) \text{ dB}$$

[4]

Donde,

L_{p,A,eqT_e} es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral;

T_e es la duración efectiva de la jornada laboral;

T_o es la duración de referencia, $T_o = 8h$.

2. Calcular la incertidumbre: **“incertidumbre expandida para una medición basada en la función”**

El cálculo de la incertidumbre expandida se lo realiza conforme a la Guía ISO/IEC 98-3 y se lo puede efectuar mediante una hoja de cálculo.

Si la contribución a la incertidumbre c_{1u_1} debido a las mediciones (obtenidas según la tabla 6) es mayor a 3,5 dB, se deberían realizar modificaciones al grupo de exposición homogéneo o se debería incrementar el número de mediciones para reducir la incertidumbre.

El procedimiento de cálculo se lo detalla a continuación

Determinación de la incertidumbre expandida para una medición basada en la función

A su vez, para determinar la incertidumbre expandida, es necesario conocer a lo siguiente:

a) Relación funcional para una medición basada en la función:

La expresión general para la determinación del nivel diario de presión sonora ponderado A, $L_{EX,8h}$, utilizando la medición basada en la función, es la siguiente:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}^*} \right) \text{dB}$$

[5]

Donde,

T_e es la duración efectiva de la jornada laboral;

T_0 es la duración de referencia, $T_0 = 8h$;

n es el número de mediciones de la labor-trabajo;

N es el número total de mediciones de la labor-trabajo;

$L_{p,A,eqT,n}^*$ es la estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A, asociado a la medición n de la función $L_{p,A,eqT,n}$

$$L_{p,A,eqT,n}^* = L_{p,A,eqT,n} + Q_2 + Q_3$$

[6]

En donde,

Q_2 es la corrección para los instrumentos de medición utilizados para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A;

Q_3 es la corrección para la posición del micrófono utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.

Nota de la norma NTE INEN-ISO 9612: como las estimaciones Q_2 y Q_3 son aproximadamente igual a 0, $L_{p,A,eqT,n}^* \approx L_{p,A,eqT,n}$. En estas condiciones la ecuación 5. da el mismo resultado que las ecuaciones 3. y 4.

b) Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, u , y de la incertidumbre expandida, U

La incertidumbre estándar combinada para el nivel de exposición al ruido ponderado A $L_{EX,8h}$, $u(L_{EX,8h})$ se tiene que calcular, de acuerdo con la Guía ISO/IEC 98-3, a partir de los valores numéricos de todas las contribuciones a la incertidumbre, $c_i u_i$, tomado de la tabla 5, como sigue:

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$$

[7]

La incertidumbre expandida es $U = 1,65 \times u$.

Nota de la norma NTE INEN-ISO 9612: La ecuación 7. es estrictamente válida para el caso donde N niveles de presión sonora continuas equivalentes ponderadas A, se determinan utilizando instrumentos diferentes para cada medición. Sin embargo, dado que las principales contribuciones a la incertidumbre de la instrumentación, como la influencia del nivel de linealidad, la respuesta en frecuencia del micrófono, el ángulo de incidencia de la señal sonora y la ponderación espectral, son diferentes para diferentes posiciones para la misma instrumentación, se asume que es adecuada la ecuación 7.

c) Contribuciones a la incertidumbre de medición y al balance de incertidumbre

Para una medición basada en la función:

- La contribución a la incertidumbre, c_1u_1 , de la medición de los niveles de ruido por labor-trabajo, se indica en la tabla 6, en función del número, N , de mediciones de niveles de ruido de la labor-trabajo y de la incertidumbre estándar, u_1 , de los valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$

- Los coeficientes de sensibilidad, c_2 y c_3 , para la incertidumbre debida a la instrumentación y a la incertidumbre debida a la selección imperfecta de la posición de medición, respectivamente, son los siguientes:

$$c_2 = 1 \quad [8]$$

$$c_3 = 1 \quad [9]$$

Tabla 5

Incertidumbre presupuesta para la determinación de los niveles de exposición al ruido para una medición basada en la función

Magnitud	Estimación	Incertidumbre estándar u_i	Distribución probabilidad	Coficiente sensibilidad c_i	Contribución a incertidumbre c_iu_i dB
$L_{p,A,eqT}$	$L_{p,A,eqT}$ media energética de la medida $L_{p,A,eqT}$	u_1 a determinar utilizando la ecuación 10.	Normal	c_1	c_1u_1 según indica la tabla 6.
Q_2	0	u_2 según indica la tabla 7.	Normal	c_2	u_2
Q_3^a	0	u_3 según indica ¹	Normal	$c_3 = 1$	u_3
<p>^a Se espera que Q_3 se sitúe en el rango de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar el valor medio aritmético estimado de Q_3, se considera igual a cero. Se supone que la incertidumbre estándar, u_3, asociada a las posiciones del micrófono tiene que cubrir esta incertidumbre extra.</p>					

Fuente: NTE INEN-ISO 9612

La contribución a la incertidumbre, c_1u_1 , de la medición del nivel de ruido, se obtiene directamente de la media energética de los valores medidos de las mediciones del nivel de ruido de la labor-trabajo, $L_{p,A,eqT,n}$, y de la incertidumbre estándar, u_1 , de estos valores, utilizando la tabla 6.

La incertidumbre estándar, u_1 , viene dada por la ecuación 10:

$$u_1^2 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N \left(L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT} \right)^2 \right]}$$

[10]

Donde,

$L_{p,A,eqT,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, para la medición n del nivel de ruido de la labor-trabajo

$L_{p,A,eqT}$ es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, es decir: $\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$

N es el número total de mediciones de la labor-trabajo.

Nota de la norma NTE INEN-ISO 9612: La ecuación 10. es utilizada para calcular u_1 , el primer valor de la tabla 6. El valor de u_1 resultante se denomina aquí como incertidumbre estándar, para mantener una terminología similar para todos los términos de u_1 , pero generalmente se denomina desviación estándar.

Tabla 6

Contribución a la incertidumbre

N	Contribución a la incertidumbre $c_1 u_1$ de los valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$											
	dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4

10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Fuente: NTE INEN-ISO 9612

Cuando $c_1 u_1$, tal y como se obtiene de la tabla 6, es superior a 3,5 dB, es recomendado revisar o modificar el plan de medición para reducir u_1 .

Notas de la norma NTE INEN-ISO 9612: Los valores para $N = 3$ y $N = 4$ se dan únicamente para su uso con las mediciones de jornada completa.

En situaciones de campo, donde hay que evaluar si son necesarias más mediciones, se puede hacer una estimación más simple de u_1 . La incertidumbre estándar estimada, u_1^* , se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$u_1^* = \frac{L_{p,A,eqT,n(máx)} - L_{p,A,eqT,n(mín)}}{K_N}$$

[11]

Donde,

$$K_N = 2,2 \text{ si } N < 6$$

$$K_N = 2,5 \text{ si } N \in [6, 15]$$

$$K_N = 3,0 \text{ si } N \in [16, 30]$$

Incertidumbre estándar, u_2 , para los instrumentos utilizados

Viene especificada en la tabla siguiente:

Tabla 7

Incertidumbre estándar, u_2 , de los instrumentos

Tipo de instrumentación	Desviación estándar u_2 dB
Sonómetro clase 1, como se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	0,7
Dosímetro sonoro personal, como se especifica en la Norma IEC 61252	1,5
Sonómetro clase 2, como se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	1,5

Fuente: NTE INEN-ISO 9612

Notas de la norma NTE INEN-ISO 9612:

La incertidumbre estándar indicada en la tabla 7 es únicamente válida para $L_{p,A,eT}$.

Las incertidumbres estándar, u_2 , indicadas en la tabla 7. se basan en datos empíricos. La experiencia demuestra que estos valores de incertidumbre estándar para los instrumentos son representativos para la mayoría de situaciones relevantes.

¹ Incertidumbre estándar, u_3 , debida a la posición de medición

La incertidumbre estándar, u_3 , debida a la posición de medición es de 1,0 dB.

Nota de la norma NTE INEN-ISO 9612: La incertidumbre estándar del valor dado está basado en datos empíricos. En los casos donde el micrófono es llevado por el trabajador y donde el micrófono se coloca cerca del cuerpo del trabajador, la incertidumbre es debida a los efectos de pantalla del cuerpo y sus reflexiones. En los casos donde las mediciones se realizan estando el trabajador ausente, la incertidumbre es debida a que la/s posición/es del micrófono no está siendo totalmente representativa de la/s verdadera/s posición/es de la cabeza del trabajador.

2.2 Metodología para elaborar un mapa de ruido

Para la elaboración del mapa de ruido de la planta de hormigón objeto de estudio, en un inicio se realizarán las mediciones siguiendo la Metodología establecida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ecuador), TULSMA, Anexo 5, reformado y expedido mediante R.O. No. 387.

Luego se procederá a elaborar el mapa de ruido, uno de los objetivos del presente estudio, para lo cual se utilizará el método de interpolación del Inverso de las Distancias Ponderadas, IDW (Inverse Distance Weighting), mediante el software ArcGIS, el cual es un sistema de información geográfica, SIG, es decir, mediante la georeferenciación de los puntos en donde se realizarán las mediciones y la consecuente modelación de ruido.

2.2.1 Medición

La medición de ruido se realizará siguiendo los patrones establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ecuador), TULSMA, Anexo 5, reformado y expedido mediante R.O. No. 387 del 4 de noviembre de 2015.

Del citado Anexo, 5, Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles y niveles, se han extraído algunos conceptos y criterios, los cuales serán utilizados en el presente estudio:

Fuente fija de ruido (FFR): Para esta norma la fuente fija de ruido se considera a una fuente emisora de ruido o a un conjunto de fuentes emisoras de ruido situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado.

Nivel de presión sonora: Para efectos de la presente norma la ponderación a usarse será la A o C según el caso y, constante del tiempo LENTO o IMPULSIVO según el caso.

Determinación de los niveles de emisión de ruido producidos por una FFR

La determinación se basa en seguir una metodología específica para una fuente fija de ruido, como es el caso del presente estudio, la cual se detalla a continuación:

Metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel del ruido para FFR

Previo al estudio en sí de la metodología a seguir, es necesario definir ciertos parámetros como son:

Número mínimo de puntos de medición

No se fija un número mínimo de puntos de medición, sin embargo se recomienda que el número mínimo de puntos de medición se los determine a través de los siguientes criterios:

- . Tomando en cuenta los PCA (puntos críticos de afectación) cercanos a la FFR.
- . Tomando en cuenta los NPS más altos emitidos por la FFR en su perímetro exterior.

Determinación de los sitios donde se debe llevar a cabo la medición

Sitios donde existen PCA cercanos.

Sitios donde la emisión de ruido de la FFR es más alta.

Momentos en los que se debe llevar a cabo la medición

El personal de evaluación es responsable de efectuar la medición en el (los) momento(s) en los cuales la FFR emite los NPS más altos para cada punto de evaluación, en condiciones normales de funcionamiento.

Requisitos de los equipos de medición

Las evaluaciones deben realizarse utilizando sonómetros integradores clase 1 o clase 2, de acuerdo a la Norma de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672-1:2002, o cualquiera que la sustituya.

Los equipos de medición de ruido y sus componentes deberán estar en óptimas condiciones de funcionamiento y poseer los debidos certificados de calibración, emitidos por un laboratorio competente. Se recomienda que los certificados de calibración de los calibradores acústicos sean renovados cada año calendario y el de los sonómetros cada dos. No se permitirá la realización de mediciones con instrumentos cuyos certificados de calibración hayan caducado.

Condiciones ambientales durante la medición

Las mediciones no deben efectuarse en condiciones adversas que puedan afectar el proceso de medición, por ejemplo: presencia de lluvias, truenos, etc.

El micrófono debe ser protegido con una pantalla protectora contra el viento durante las mediciones.

Las mediciones deben llevarse a cabo, solamente, cuando la velocidad del viento sea igual o menor a 5 m/s.

Ubicación del sonómetro

El sonómetro deberá estar colocado sobre un trípode y ubicado a una altura igual o superior a 1,5 m de altura desde el suelo, direccionando el micrófono hacia la fuente con una inclinación de 45 a 90 grados, sobre su plano horizontal. Durante la medición el operador debe estar alejado del equipo, al menos 1 metro.

Metodología para determinar el nivel del ruido

Una vez definidos los parámetros anotados, se aplicarán métodos para determinar el nivel de ruido, comenzando desde el muestreo.

Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente

Para la medición de ruido esta norma contempla el uso de dos métodos que pueden ser usados según el caso lo requiera.

a) Método de 15 segundos

En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 5 muestras, de 15 segundos cada una.

b) Método de 5 segundos

En este método se tomarán y reportarán un mínimo de 10 muestras, de 5 segundos cada una.

Una consideración que se debe tener en cuenta es que la serie de muestras reportadas se considerará válida, cuando la diferencia entre los valores extremos obtenidos en ella, sea menor o igual a 4 dB.

El método empleado para la medición de ruido en el presente estudio es el **método de 5 muestras de 15 segundos**.

Determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente

Se calcula mediante la ecuación [3], anotada anteriormente.

Con estos valores de nivel de presión sonora continuo equivalente se procede a elaborar el mapa de ruido, para el cual se utilizará el método de interpolación IDW.

2.2.2 Método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighting) o Inverso de las Distancias Ponderadas

Antes de entrar en el estudio del método de interpolación IDW, es imprescindible justificar la utilización de éste, antes que otros métodos de interpolación, como el Kriging ordinario, lo cual se ha basado en ciertos criterios que se anotan a continuación:

- Según el artículo de investigación “Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos”, (Murillo, Ortega, Carrillo, Pardo, y Rendón, 2012), para lograr una adecuada estimación con el método de interpolación Kriging, se debe tomar un gran número de puntos de medición, ya que la precisión de la estimación depende directamente del número de muestras obtenidas, lo que se traduce en altos costos económicos.
- El método IDW es un método determinístico, robusto y exacto (las predicciones que hace son idénticas a los datos registrados cuando predice en los puntos con registros), mientras que el método Kriging es un método probabilístico, predictivo, no exacto.

Del artículo de investigación “Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos”, (Murillo et al., 2012), se ha extraído la siguiente información sobre el método de interpolación seleccionado, el IDW:

“El método Inverse Distance Weighting (IDW) es un método matemático de interpolación que usa una función inversa de la distancia, parte del supuesto que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar”. (Murillo et al., 2012).

¿Cómo funciona el método de interpolación IDW?

Del Manual de ArcGis, preparado por Ochoa, P. se ha extraído la siguiente información:

“La interpolación mediante el método del Inverso de las distancias ponderadas, IDW, determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación. (Ochoa, 2014).

Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra”.

2.2.3 Sistema de Información Geográfica ArcGIS

De la publicación preparada por el Ing. Paúl Ochoa, “Tutorial de prácticas ArcGIS Versión 10.1”, se ha extraído la siguiente información:

SIG: El sistema de información geográfica, SIG, se define como “un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas de la planificación y gestión” (Nacional Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA de los Estados Unidos). (Ochoa, 2014).

2.3 Evaluación de los trabajadores expuestos mediante audiometrías

Previo a la realización de las audiometrías a los trabajadores expuestos a ruido en la planta de hormigón, objeto de estudio, es necesario recopilar cierta información, misma que se ha extraído, en parte, de la “Guía técnica para la evaluación auditiva de los trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido”, (2012), Ministerio de Salud del Gobierno de Chile y se anota a continuación:

- Código de identificación del trabajador
- Edad del trabajador
- Historia laboral actual:
 - o Tiempo de trabajo en la empresa
 - o Tiempo de trabajo en la planta de hormigón
 - o Utilización de equipos de protección auditiva
- Historia laboral con especificación de puestos de trabajo
 - o Tiempo de trabajo por empresa
 - o Tiempo de trabajo en áreas con exposición a ruido
 - o Utilización de equipos de protección auditiva
- Exposición a ototóxicos (Tolueno, xileno, estireno, plomo, mercurio, monóxido de carbono, otros)
- Exposición a ruido extra laboral.
- Antecedentes personales

Información que consta en el Anexo 3, ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido.

Una vez recopilada esa información se procederá con la evaluación mediante audiometrías.

Según el Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, los trabajadores sometidos a condiciones críticas de ruido deben ser objeto de estudio y control audiométrico anual.

Por lo expuesto, para el presente estudio las audiometrías deben de ser actualizadas, es decir, deben tener máximo un año de haberlas realizado.

Finalmente, se procederá con la interpretación de los resultados en base a la información recabada y a las audiometrías de cada trabajador expuesto a ruido.

2.4 Instrumentos usados

Durante el presente estudio se ha empleado un sonómetro integrador – promediador, tipo 2, que cumple con lo que se establece en la Norma IEC 61672 – 1, marca CASELLA, modelo CEL-62X.

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO Y RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrolla la metodología expuesta en el apartado anterior, es decir, se presentan los datos de las mediciones realizadas en la planta de hormigón antes y después de la aplicación de las medidas de atenuación, con sus respectivos cálculos.

Además se expone el desarrollo de las medidas de atenuación necesarias para atenuar el ruido en la planta de hormigón.

De este modo se cumplen con los objetivos trazados en el presente estudio, como son, el establecimiento de una línea base de ruido, la elaboración de un mapa de ruido, la aplicación de medidas correctivas, la evaluación de los trabajadores expuestos y la elaboración de un plan de prevención y mitigación.

3.1 Establecimiento de la línea base de ruido antes de la aplicación de las medidas de atenuación

Para cumplir el presente objetivo, es decir, establecer una línea base de ruido en la planta de hormigón, es necesario aplicar lo especificado en la norma NTE INEN-ISO 9612, y que se detalla a continuación:

Aplicación de la metodología – Etapas cronológicas

La aplicación de la norma NTE INEN-ISO 9612 será analizada en diferentes etapas.

Etapas 1. Análisis de la labor

En la planta de hormigón laboran 4 obreros, de los cuales 2 son operadores principales y 2 ayudantes de operador, cuya jornada laboral comprende turnos diarios de 8 horas, y mensuales de 22 días laborables y 8 de descanso. Ambas funciones cumplen tareas similares durante la mayor

parte del tiempo (7 horas 20 min aproximadamente), pues pasan en la cabina de mando; y es en este tiempo cuando se encuentran expuestos al ruido generado por la planta en operación. El tiempo restante (40 min. aproximadamente) realizan labores de complemento, y con la planta sin operación. Lo expuesto se detalla a continuación:

Operador:

- Revisión de reservas de materiales en el área de stock (9 min).
- Revisión del estado del generador, niveles de agua, aceite y combustible (10 min).
- Prendido del generador (6 min).
- Operación de la planta de hormigón desde cabina de mando (7h 05 min).

Ayudante de operador:

- Revisión de reservas de materiales en el área de stock (9 min).
- Revisión del estado del generador, niveles de agua, aceite y combustible (10 min).
- Revisión del nivel de cemento en el silo (11 min).
- Operación de la planta de hormigón desde cabina de mando (7h00 min).

De lo que se deduce que, al ser las tareas de las dos funciones similares, constituyen un solo grupo de exposición homogéneo al ruido, siendo la duración efectiva de la jornada laboral del mismo de 7 horas 30 minutos.

Como parte del presente análisis es importante también identificar las fuentes generadoras de ruido:

En la planta de hormigón existen 2 fuentes generadoras de ruido, el generador en primer lugar y el más importante por producir elevados niveles de ruido, alrededor de los 104 dBA, según mediciones realizadas previamente, y en segundo lugar el sicoma, parte importante de la planta de hormigón en sí, el mismo que se encuentra encapsulado, por lo que el nivel de ruido está alrededor de los 71 dB, según mediciones iniciales.

Estas fuentes generadoras de ruido afectan directamente a los puestos de trabajo identificados.

También es importante definir el tipo de ruido que afecta a la planta de hormigón, el mismo que es **estable**, debido a que el nivel de presión sonora ponderada permanece esencialmente constante, es decir, que la diferencia entre sus valores máximo y mínimo es inferior a 5 dB, como

se verá más adelante, según indica la guía NTP 270, Evaluación de la Exposición al Ruido, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT.

Etapa 2. Selección de la estrategia de medición

Como se anotó anteriormente, luego de haber realizado el respectivo análisis que se indica en la norma; por acoplarse más a la realidad de la empresa y porque no es práctico realizar un análisis detallado de las tareas, la estrategia escogida es la **medición basada en el trabajo**

Etapa 3. Mediciones

A. Principio: Se medirá el $L_{p,A,eqT}$

B. Plan de medición: número, duración y distribución de las mediciones

Siguiendo los pasos que indica la norma, que se detallaron anteriormente, mediante la Tabla 4, y sabiendo que el número de trabajadores en el grupo de exposición homogéneo, n_G , es 4, se ha llegado a establecer lo siguiente:

- Como $n_G \leq 5$, la duración mínima acumulativa de medición a repartir entre el grupo homogéneo de exposición es de 5h (ver Tabla 4.)

- Número de mediciones (mínimo = 5): 5, por lo tanto el tiempo de duración de cada medición será:

$$\text{Tiempo de duración} = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{Número de mediciones}} = \frac{5 \text{ h}}{5 \text{ mediciones}} = 1 \text{ h / medición}$$

- Planificación de las mediciones: se escogen aleatoriamente 2 trabajadores de entre el grupo de 4;

Y se realizarán a lo largo de la duración de la jornada:

Primero, al principio de la jornada

Segundo, al fin de la jornada

Las restantes mediciones se realizarán aleatoriamente a lo largo de la jornada.

C. Proceso para realizar la medición

Para el presente trabajo se ha utilizado un sonómetro integrador – promediador, clase 2, que cumple con lo que se establece en la Norma IEC 61672 – 1, marca CASELLA, modelo CEL-62X.

Se anota que el sonómetro cuenta con el respectivo certificado de calibración, que consta como Anexo 4.

Las mediciones se han realizado conforme indica la norma NTE INEN-ISO 9612, es decir, colocando el micrófono al nivel de la posición que ocupa la cabeza en las distintas ubicaciones del trabajador durante la realización habitual del trabajo. Por tratarse de mediciones con un tiempo de 1 hora cada una de ellas, se ha utilizado un trípode para mayor facilidad.

Como resultado del proceso anotado se han obtenido las mediciones que se anotan a continuación:

Tabla 8

Mediciones de ruido en planta de hormigón antes de las medidas de atenuación

PLAN DE MEDICIÓN:		Número de mediciones = 5 Tiempo de duración= 1 h c/medición	
TRABAJADOR 1: día 1			$L_{p,A,eqTn}$
No. de medición	Hora inicio	Hora fin	dB(A)
1	7h35	8h35	87,4
2	10h15	11h15	88,1
3	11h30	12h30	87,9
4	12h45	13h45	87,7
5	14h00	15h00	88
TRABAJADOR 2: día 2			$L_{p,A,eqTn}$
No. de medición	Hora inicio	Hora fin	dB(A)
1	7h30	8h30	87,5
2	9h50	10h50	87,8

3	11h10	12h10	87,3
4	12h25	13h25	87,5
5	13h55	14h55	88,1

Fuente: Elaboración propia

Etapa 4. Tratamiento de errores e incertidumbres

Como se ha anotado en el capítulo correspondiente, existen varias fuentes de incertidumbre, debidas a varias causas. Esta incertidumbre debe ser considerada y calculada, como se verá en la siguiente etapa.

Etapa 5. Cálculos y presentación de resultados e incertidumbre

Los respectivos cálculos se han realizado cumpliendo estrictamente lo sugerido por la norma INEN NTE-ISO 9612, para lo cual se han empleado los modelos anotados en el acápite 2.1.8.

A continuación se anotan los resultados obtenidos:

1. Cálculo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{p,A,eqTe}$, mediante la ecuación 3.

$$L_{p,A,eqTe} = 87,8 \text{ dbA}$$

2. Cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A, $L_{ex,8h}$, mediante la ecuación 4.

$$L_{ex,8h} = 87,5 \text{ dBA}$$

3. Cálculo de la incertidumbre expandida para una medición basada en la función

- a) Relación funcional para una medición basada en la función:

El nivel diario de presión sonora ponderado A, $L_{EX,8h}$, se calcula con la ecuación 5.

La estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A, asociado a la medición n de la función $L_{p,A,eqT,n}$, $L_{p,A,eqT,n}^*$, se calcula con la ecuación 6, en cuya

ecuación, las estimaciones Q2 (corrección para los instrumentos de medición utilizados) y Q3 (corrección para la posición del micrófono utilizado) son aproximadamente iguales a 0, como se anotó oportunamente, por lo que la ecuación 3. y 4. da los mismos resultados que la ecuación 5.

Entonces, al ser $L_{p,A,eqT,n}^* \approx L_{p,A,eqT,n}$, resulta que $L_{ex,8h} = 87,5$ (calculado con la ecuación 5.)

b) Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, u , y de la incertidumbre expandida, U

u se calcula con la ecuación 7., en donde intervienen los valores de c_1 , u_1 , c_2 , u_2 y u_3 , por lo a continuación se anota la forma de obtención de cada uno de ellos.

La estimación estándar u_1 se calcula con la ecuación 10.

$$u_1 = 0,28 \text{ dBA}$$

El coeficiente de sensibilidad c_1 , viene dado, según indica la norma, como el valor de la contribución a la incertidumbre, $c_1 u_1$, y se indica en la tabla 6., siendo función del número N (mediciones de niveles de ruido de la labor-trabajo) y de la incertidumbre estándar, u_1 , como se anotó anteriormente:

$$c_1 u_1 = 0,16$$

El valor del coeficiente de sensibilidad para la incertidumbre debida a la instrumentación, c_2 , según la igualdad 8., es:

$$c_2 = 1$$

El valor de la desviación o incertidumbre estándar, u_2 , debido al instrumento utilizado, viene dado por la tabla 7.:

$$u_2 = 1,5$$

El valor de la incertidumbre estándar, u_3 , asociada a la posición del micrófono, según indica la norma es:

$$u_3 = 1$$

Con los valores así obtenidos, se puede ya calcular la incertidumbre estándar combinada, u :

$$u = 1,8$$

Y también se puede calcular el valor de la incertidumbre expandida, U:

$$U = 1,65 \times u = 3$$

En conclusión, el trabajador de la planta de hormigón está expuesto a los niveles de ruido que se anotan a continuación, con un intervalo de confianza del 95% y con una incertidumbre calculada de $\pm 3\text{dB}$:

Tabla 9

Valores de ruido calculados en la planta de hormigón antes de las medidas de atenuación

PARÁMETRO	dB(A)
Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{p,A,eqTe}$	87,8
Nivel diario de exposición al ruido ponderado A, $L_{ex,8h}$	87,5
Incertidumbre estándar combinada, u	1,8
Incertidumbre expandida, U	3

Fuente: Elaboración propia

3.2 Aplicación de medidas de atenuación

Del resultado obtenido en el numeral 3.1, se observa que la exposición a ruido al que está sometido un trabajador de la planta de hormigón es muy elevado, estando fuera de lo que indica la norma, en el caso de la normativa ecuatoriana, el D.E. 2393, Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, que indica que el nivel máximo al que puede estar expuesto un trabajador, sin que ello constituya un riesgo para su salud es 85 dB en una jornada laboral de 8 horas diarias.

Razón por la que se hacen necesarias la aplicación de medidas de atenuación, otro de los objetivos del presente estudio.

Según lo anotado, y considerando lo expuesto en el numeral 1.5, en el que se habla del control del factor de riesgo ruido, se tiene que dichos controles pueden realizarse en tres niveles:

- a) Control en la fuente de generación de ruido
- b) Control en el medio de transmisión del ruido.
- c) Control en el receptor (trabajador)

A continuación se detallan las medidas de atenuación tomadas en la planta de hormigón del Proyecto de Mantenimiento y Mejoramiento de la Carretera Cuenca – Girón – Pasaje:

3.2.1 Control en la fuente de generación de ruido

Construcción de un cerramiento parcial en el generador:

Tomando en cuenta la factibilidad económica y tecnológica, y por tratarse de una planta procesadora de hormigón, se ha optado por construir una caseta de bloque alrededor del generador, que es el que produce el nivel de ruido de 104,4 dBA.

Las características de su construcción son:

- Material: mampostería de bloque. El espesor del bloque es de 15 cm.
- Juntas de mortero de cemento.
- Pared trasera: completa, de 4 m de ancho y 2,40 m de alto.
- Pared lateral izquierda: completa, de 3 m de ancho.
- Pared lateral derecha: parcial, de 3 m de ancho, con una ventana, necesaria para ventilación del generador, de ancho y altura de 0,80 m y antepecho de 0,60 m.
- Las paredes no están enlucidas.
- Techo: planchas de fibrocemento.
- Piso: fundición de hormigón, en donde está anclado el generador.

Fotografía 1

Antes de la medida de atenuación: generador de la planta de hormigón



Fotografía 2

Construcción de la caseta para el generador



Fotografía 3

Colocación del generador dentro de la caseta para atenuación de ruido



Fotografía 4

Después de la medida de atenuación: generador de la planta de hormigón



3.2.2 Control en el receptor

Siguiendo la recomendación del INSHT, como bien se anotó en el capítulo correspondiente, en la planta de hormigón se ha realizado el control en el receptor, mediante el encierro del puesto de trabajo. En la planta de hormigón, si bien ya existía una cabina de mando, ésta no presentaba las condiciones adecuadas de insonorización, puesto que no tenía colocados los vidrios en las ventanas, por lo que, como medida de atenuación de ruido, y, en base al presupuesto con el que se contaba, se ha procedido a colocar estos vidrios en la cabina de mando.

Fotografía 5

Control de ruido en el receptor: cabina de mando en planta de hormigón con los vidrios colocados en las ventanas



Una vez aplicadas las dos medidas de atenuación de ruido en la planta de hormigón, la principal, en la fuente, mediante la construcción de un cerramiento parcial en la máquina; y la segunda en el receptor, mediante el encierro adecuado del puesto de trabajo, se ha realizado nuevamente la evaluación de ruido en dicha planta, resultados que se anotan en el siguiente numeral.

3.3 Establecimiento de la línea base de ruido después de la aplicación de las medidas de atenuación

Al igual que se procedió para el establecimiento de la línea base de ruido antes de la aplicación de las medidas de atenuación, luego de aplicadas las mismas, se seguirá la metodología establecida por la norma NTE INEN-ISO 9612.

Por obvias razones, la etapa 1, análisis de labor, y la etapa 2, selección de la estrategia de medición son comunes antes y después de la aplicación de las medidas de atenuación, por lo que no serán analizadas nuevamente en el presente acápite, pudiendo revisarse dichas etapas en el numeral 2.1. Se continuará por lo tanto, con la etapa 3.

Etapa 3. Mediciones

Así mismo, las sub etapas: A, referente al parámetro que se debe medir ($L_{p,A,eqT}$); B, referente al plan de medición: número, duración y distribución de las mediciones, son las mismas antes y después de la aplicación de las medidas de atenuación, es decir:

- El número de trabajadores en el grupo de exposición homogéneo, n_G , es 4.
- El número de mediciones es de 5.
- El tiempo de duración es de 1 hora por cada medición.
- La planificación de las mediciones: se escogen aleatoriamente 2 trabajadores y se

realizarán a lo largo de la duración de la jornada:

Primero, al principio de la jornada

Segundo, al fin de la jornada

Las restantes mediciones se realizarán aleatoriamente a lo largo de la jornada.

Se continúa entonces con la sub etapa C.

C. Proceso para realizar la medición

- Se empleará el mismo sonómetro utilizado durante las mediciones antes de aplicar las medidas de atenuación.
- Se seguirá el mismo procedimiento empleado para realizar la medición antes de aplicar las medidas de atenuación, en cuanto a posición del sonómetro con respecto a la posición de la cabeza del trabajador, y el justificado uso de trípode.

Luego de realizado el proceso de medición, con las medidas de atenuación, se han obtenido los siguientes datos:

Tabla 10*Mediciones de ruido en planta de hormigón después de las medidas de atenuación*

PLAN DE MEDICIÓN:		Número de mediciones =5 Tiempo de duración= 1 h c/medición	
TRABAJADOR 1: día 1			$L_{p,A,eqTn}$
No. de medición	Hora inicio	Hora fin	dB(A)
1	7h35	8h35	65,3
2	10h15	11h15	65
3	11h30	12h30	65,4
4	12h45	13h45	65,4
5	14h00	15h00	65,5
TRABAJADOR 2: día 2			$L_{p,A,eqTn}$
No. de medición	Hora inicio	Hora fin	dB(A)
1	7h30	8h30	65,3
2	9h50	10h50	65,5
3	11h10	12h10	65,3
4	12h25	13h25	65,1
5	13h55	14h55	65,4

Fuente: Elaboración propia

Etapa 4. Tratamiento de errores e incertidumbres

En la siguiente etapa se realiza el correspondiente tratamiento de errores e incertidumbres, que deben ser considerados, al igual que fueron considerados antes de la aplicación de las medidas de atenuación.

Etapa 5. Cálculos y presentación de resultados e incertidumbre

El procedimiento de cálculo es exactamente el mismo que el realizado antes de la aplicación de las medidas de atenuación, por lo que dichos cálculos, en la presente etapa, y ejecutados después

de la aplicación de las medidas de atenuación, con un intervalo de confianza del 95%, se presentan de manera simplificada en la siguiente tabla:

Tabla 11

Valores de ruido calculados en la planta de hormigón después de las medidas de atenuación

PARÁMETRO	dB(A)
Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{p,A,eqTe}$	65,3
Nivel diario de exposición al ruido ponderado A, $L_{ex,8h}$	65,0
Incertidumbre estándar combinada, u	1,8
Incertidumbre expandida, U	3

Fuente: Elaboración propia

3.4 Elaboración de un mapa de ruido antes de la aplicación de las medidas de atenuación

Para la elaboración de un mapa de ruido en la planta de hormigón, se seguirá la metodología anotada en el numeral 2.2., es decir, se realizarán las mediciones siguiendo lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ecuador), TULSMA, Anexo 5, reformado y expedido mediante R.O. No. 387, luego de lo cual se procederá a elaborar el mapa en sí, utilizando el método de interpolación IDW, en el software ArcGIS.

3.4.1 Medición mediante la metodología del TULSMA, Anexo 5

Del resultado de la aplicación de la metodología anotada en el capítulo correspondiente, se anota lo siguiente:

- La planta de hormigón objeto de estudio constituye una fuente fija de ruido (FFR).
- Para la medición se utilizará la escala de ponderación A (dB(A)) y la constante del tiempo LENTO.

- Aplicando la metodología para la medición, cuantificación y determinación del nivel del ruido para FFR, se han obtenido los valores que se anotan más adelante.
- Para la medición de ruido se ha utilizado un sonómetro clase 2, de acuerdo con la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672-1:2002. Además, cuenta con su respectivo certificado de calibración, el que se anexa al presente trabajo (Anexo 4)
- Las condiciones ambientales durante la medición fueron óptimas, es decir no hubo presencia de lluvia, truenos, etc.
- El micrófono del sonómetro estuvo protegido con la pantalla protectora.
- La velocidad del viento durante la medición no llegó a los 5 m/s.
- El sonómetro se colocó en un trípode a una altura de 1,55 m del suelo, con el micrófono dirigido hacia la fuente.

Métodos para la toma de muestras de ruido y determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente

El método a utilizarse para la medición es el que considera 5 muestras de 15 segundos cada una.

Se reportarán los valores de ruido de las 5 muestras, en cada uno de los lugares en donde se midió y se calculará como $L_{p,A,eqTe}$, el cual será el valor a utilizarse para elaborar el mapa de ruido en el software ArcGIS, e interpolado con el método IDW.

Como resultado de este proceso de medición se han obtenido los siguientes valores en la planta de hormigón:

Tabla 12

Mediciones de ruido en la planta de hormigón antes de las medidas de atenuación

MÉTODO: 5 muestras de 15 seg cada una						
	ÁREA	dB(A) 1	dB(A) 2	dB(A) 3	dB(A) 4	dB(A) 5
1	En la fuente	104,4	104,4	104,3	104,3	104,2
2	A 5 m de fuente	93,1	93	93,1	93,1	93

3	A 10 m de fuente	88,5	88,5	88,5	88,3	88,3
4	A 15 m de fuente	85,7	85,7	85,8	85,8	85,8
5	A 20 m de fuente	82,3	82,3	82,2	82,3	82,2
6	A 30 m de fuente	77,5	77,6	77,5	77,5	77,5
7	A 40 m de fuente	75,1	75	75	74,9	75
8	A 50 m de fuente	73,1	73	73,1	73	73
9	Área de stock	68,8	68,8	68,9	69	68,9
10	Área de bodegas	60	59,9	59,9	59,8	59,9
11	Inferior de vía	68,1	68,1	68,1	68,1	68,3
12	Parte media de vía	80,1	80,3	80,3	80,3	80,3
13	Nivel 1 cerca vía	60,6	60,4	60,4	60,4	60,6
14	Junto a cabina	85,5	85,4	85,5	85,5	85,5
15	Nivel 2 al lindero	74,2	74	74,1	74,1	74,2
16	A 6 m de sicoma	76,1	76,1	76,2	76,2	76,2

Fuente: Elaboración propia

Con estos valores de nivel de presión sonora, se calculará el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, mediante la fórmula anotada anteriormente, en el capítulo de materiales y métodos, en cada uno de los lugares medidos, de lo que se obtiene:

Tabla 13

Cálculo de $L_{p,A,eqTe}$ antes de las medidas de atenuación

CÁLCULO DE $L_{p,A,eq,Te}$		
	ÁREA	$L_{p,A,eq,Te}$
1	En la fuente	104,3
2	A 5 m de fuente	93,1
3	A 10 m de fuente	88,4
4	A 15 m de fuente	85,8
5	A 20 m de fuente	82,3

6	A 30 m de fuente	77,5
7	A 40 m de fuente	75
8	A 50 m de fuente	73
9	Área de stock	68,9
10	Área de bodegas	59,9
11	Inferior de vía	68,1
12	Parte media de vía	80,3
13	Nivel 1 cerca vía	60,5
14	Junto a cabina	85,5
15	Nivel 2 al lindero	74,1
16	A 6 m de sicoma	76,2

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Aplicación del método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighting) o Inverso de las Distancias Ponderadas y uso del software ArcGIS para la elaboración del mapa de ruido

Andes de la aplicación del método de interpolación IDW y el uso del software ArcGIS para la elaboración del mapa de ruido, es imprescindible explicar cómo se procedió para realizar la georeferenciación de los puntos en donde se han realizado las respectivas mediciones de niveles de ruido:

- Para el efecto se utilizó un GPS GARMIN MONTERRA y una estación total marca SOKKIA, modelo CX-105, instrumentos con los cuales se tomaron los puntos de coordenadas en el sistema WGS84.
- En los puntos mencionados se hicieron las respectivas mediciones de ruido, conforme indica el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ecuador), TULSMA, Anexo 5.

Fotografía 6

Procedimiento para georeferenciación

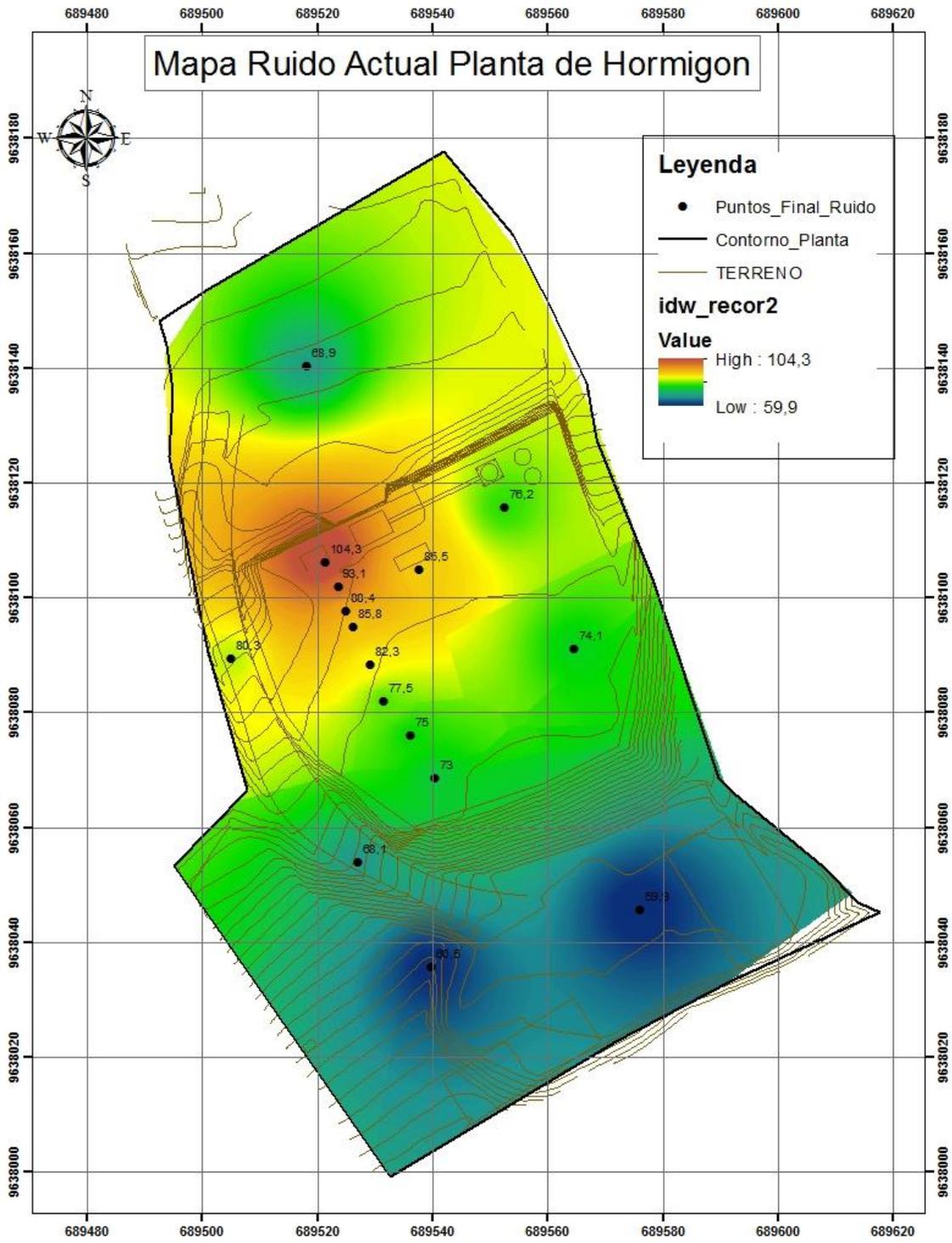


Una vez realizado este procedimiento se contó con los valores respectivos, tanto de coordenadas X e Y, como valores de niveles de ruido, con los cuales se procedió a la elaboración del mapa de ruido, aplicando el método de interpolación IDW y utilizando el software ArcGIS.

El mapa de ruido obtenido antes de la aplicación de las medidas de atenuación, se adjunta a continuación:

Figura 5

Mapa de ruido antes de la aplicación de las medidas de atenuación



3.5 Elaboración de un mapa de ruido después de la aplicación de las medidas de atenuación

Como se anotó en el numeral 3.2, se han aplicado medidas de control de ruido, siendo la importante en el tema de elaboración de mapas de ruido, la medida concerniente al control en la fuente de generación, es decir, la construcción de un cerramiento parcial en el generación de ruido, pues afecta directamente al nivel de ruido en los diferentes puntos de medición en la planta de hormigón.

Por lo tanto, debido a que se aplicó la medida anotada, los niveles de ruido variaron en la planta, disminuyendo su intensidad.

Para cumplir con el objetivo de elaborar un mapa de ruido que refleje la realidad de la empresa, después de aplicadas las medidas de atenuación, se ha seguido el mismo procedimiento descrito en el numeral 3.4, es decir, antes de la aplicación de medidas de atenuación de ruido.

Como resultado de dicho procedimiento se han obtenido los siguientes resultados:

- Mediciones del nivel de ruido

Tabla 14

Mediciones de ruido en la planta de hormigón después de las medidas de atenuación

MÉTODO: 5 muestras de 15 seg. cada una						
	ÁREA	dB(A) 1	dB(A) 2	dB(A) 3	dB(A) 4	dB(A) 5
1	En la fuente	96,1	96,1	96,1	96,2	96,2
2	A 5 m de fuente	86,2	86,1	86,2	86,1	86,2
3	A 10 m de fuente	82,7	82,8	82,8	82,8	82,6
4	A 15 m de fuente	80,5	80,5	80,3	80,4	80,3
5	A 20 m de fuente	77,1	77,1	77	77	77,1
6	A 30 m de fuente	73,1	73,1	73,2	73,1	73,2
7	A 40 m de fuente	71,3	71,3	71,3	71,2	71,3

8	A 50 m de fuente	69,8	69,9	69,8	69,8	69,8
9	Área de stock	63,1	63	63,1	63,1	63,1
10	Área de bodegas	54,3	54,3	54,5	54,5	54,4
11	Inferior de vía	64,4	64,4	64,4	64,5	64,4
12	Parte media de vía	75,8	75,7	75,7	75,6	75,7
13	Nivel 1 cerca vía	54,8	54,9	54,7	54,9	54,9
14	Junto a cabina	80,1	80,1	80	80	80
15	Nivel 2 al lindero	70,3	70,4	70,4	70,3	70,3
16	A 6 m de sicoma	72,4	72,3	72,3	72,3	72,4

Fuente: Elaboración propia

- Cálculo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A:

Tabla 15

Cálculo de $L_{p,A,eqTe}$ después de las medidas de atenuación

CÁLCULO DE $L_{p,A,eq,Te}$		
	ÁREA	$L_{p,A,eq,Te}$
1	En la fuente	96,1
2	A 5 m de fuente	86,2
3	A 10 m de fuente	82,7
4	A 15 m de fuente	80,4
5	A 20 m de fuente	77,1
6	A 30 m de fuente	73,1
7	A 40 m de fuente	71,3
8	A 50 m de fuente	69,8
9	Área de stock	63,1
10	Área de bodegas	54,4
11	Inferior de vía	64,4

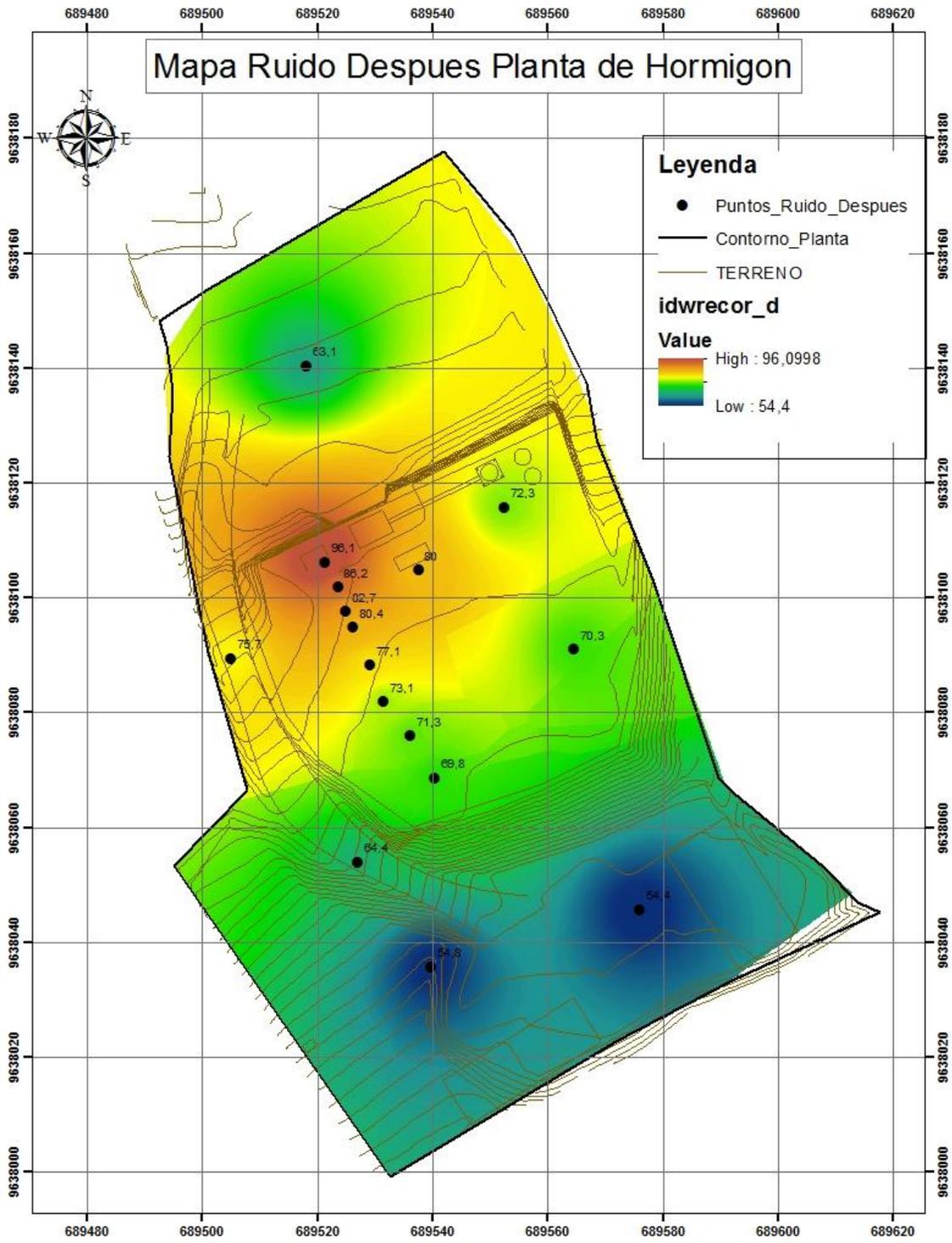
12	Parte media de vía	75,7
13	Nivel 1 cerca vía	54,8
14	Junto a cabina	80
15	Nivel 2 al lindero	70,3
16	A 6 m de sicoma	72,3

Fuente: Elaboración propia

Con estos nuevos valores de nivel de ruido, medidos y calculados luego de la aplicación de las medidas de atenuación, siguiendo el mismo procedimiento de georeferenciación y utilizando los mismos equipos que se utilizaron antes de la aplicación de las medidas de atenuación, se ha procedido a elaborar el mapa de ruido, el mismo que se adjunta a continuación:

Figura 6

Mapa de ruido después de la aplicación de las medidas de atenuación



4.6. Evaluación de los trabajadores expuestos mediante audiometrías

Previo a la evaluación mediante audiometrías, se ha recopilado información mediante la ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido, de cada uno de los trabajadores sometidos a este factor de riesgo en la planta de hormigón, y cuyo formato consta como Anexo 3.

Dichas fichas de evaluación brindan información sobre aspectos básicos del trabajador, como edad y sexo, historia laboral actual e historia laboral anterior, exposición a agentes que provocan de daño auditivo, exposición a ruido extra laboral y antecedentes personales.

Toda esta información recopilada, que se expone a continuación, a más de ser informativa sobre la situación del trabajador que labora en la planta de hormigón, sirve para conocer posibles causas de daños auditivos del trabajador, en el caso de tenerlos, previo al ingreso a la planta de hormigón.

Las fichas de evaluación al trabajador expuesto a ruido, con la información recopilada, constan como Anexo 5.

Tabla 16

Tabulación de los resultados obtenidos en las fichas de evaluación al trabajador

TRABAJADOR/CODIGO DE IDENTIFIC.				10719	11247	7536	5743
Sexo				Masculino	Masculino	Masculino	Masculino
Edad (años)				23	27	31	38
Historia laboral actual	Tiempo en empresa (años)			2	4	10	8
	Tiempo en planta hormigón (años)			1	3	8	8
	Uso de equipos protección auditiva	Sí	Tapón	Siempre	Siempre	Siempre	Siempre
			Orejera	Siempre	Siempre	Siempre	Siempre
			Otro	-	-	-	-
No			-	-	-	-	
Empresa				Constructora de caminos	-	-	-

Historia laboral anterior	Tiempo (años)		2	-	-	-
	Exposición a ruido	Sí (horas diarias)	8	-	-	-
		No	-	-	-	-
Exposición laboral a ototóxicos	Solventes orgánicos	Tolueno	-	-	-	-
		Xileno	-	-	-	-
		Estireno	-	-	-	-
		Otro	-	-	-	-
	Químicos industriales	Plomo	-	-	-	-
		Mercurio	-	-	-	-
		Monóx. carbono	X	X	X	X
		Otro	-	-	-	-
Exposición a ruido extra laboral	Discoteca		-	-	-	-
	Caza		-	-	-	-
	Motorismo		-	-	-	-
	Reproductor música personal		-	X	X	X
	Uso armas de fuego		-	-	-	-
	Otros		-	-	-	-
	Frecuencia	Diaria	-	X	X	X
		Semanal	-	-	-	-
		Mensual	-	-	-	-
		Otra	-	-	-	-
Antecedentes personales	Enfermedades padecidas con afectación ótica (especifique)		No	No	No	No
	Fumador	Sí (número cigarros/día)	-	-	-	-
		No	X	X	X	X
	Alcohol	Sí (gramos/día)	-	-	-	-

		No	X	X	X	X
--	--	----	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia

Posterior al análisis de las fichas de evaluación del trabajador expuesto, se procederá a valorar al trabajador de la planta de hormigón mediante las audiometrías, mismas que son actualizadas, y constan como Anexo 6.

A través de las audiometrías se pretende conocer si el trabajador expuesto a ruido en la planta de hormigón presenta o no daño auditivo.

Del análisis de las audiometrías de cada trabajador, se ha obtenido el resultado que se anota a continuación, a través de la siguiente tabla:

Tabla 17

Tabulación de los resultados de las audiometrías

TRABAJADOR	CODIGO DE IDENTIFICACION	FECHA DE ELABORACIÓN DE LA AUDIOMETRÍA	RESULTADO
No. 01	10719	13/07/2016	Oído derecho: audición normal Oído izquierdo: audición normal
No. 04	11247	02/08/2016	Audición bilateral dentro de los parámetros normales
No. 07	7536	13/07/2016	Audición bilateral dentro de parámetros normales
No. 05	5743	13/07/2016	Oído derecho: audición normal Oído izquierdo: audición normal

Fuente: Elaboración propia

De lo que se observa que ninguno de los trabajadores expuestos a ruido en la planta de hormigón, presentan daño auditivo, hasta la fecha.

3.7 Elaboración de un plan de prevención y mitigación de ruido

Si bien, con las medidas de atenuación aplicadas a la planta de hormigón, se ha logrado disminuir el nivel de ruido, es muy conveniente establecer un plan que establezca las bases preventivas para mantener la seguridad y la salud de los trabajadores y mantener una constante vigilancia de este factor para controlarlo y, mejor aún, disminuirlo.

Es responsabilidad de todo el personal de la planta ejecutarlo a cabalidad.

A continuación se detalla el plan en mención:

PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RUIDO

1. PROGRAMA DE PREVENCIÓN DEL RUIDO				
Objetivo: Realizar el control del factor de riesgo ruido en la planta de hormigón y disminuir la aparición de enfermedades profesionales causadas por el ruido				
Lugar de aplicación: Planta de hormigón				
Responsables: Técnico de seguridad y salud en el trabajo Personal de la planta de hormigón				
Nivel	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Periodicidad
Fuente	Elaboración de un programa para mantenimiento preventivo de la maquinaria (fuentes de ruido)	Programa de mantenimiento preventivo	Documento escrito	Anual
Fuente	Ejecución del programa de mantenimiento preventivo, respetando el cronograma	Maquinaria (fuentes de ruido) con mantenimiento adecuado	Registro de verificación de la realización del mantenimiento	Según sea el caso
Fuente	Verificación periódica de correcto anclaje de maquinaria (fuentes de ruido)	Anclaje adecuado	Registro de verificación	Semestral
Receptor	Mantenimiento adecuado de ventanales de cabina de mando	Ventanales óptimos	Fotografías	Cuando se requiera
Receptor	Elaboración de un programa para capacitaciones periódicas sobre el factor de riesgo ruido	Programa de capacitaciones	Documento escrito	Anual

Receptor	Cumplimiento del programa de capacitaciones sobre el factor de riesgo ruido	Trabajadores capacitados	Registro de verificación y fotografías	Quincenal
Receptor	Realización de charlas de inducción a trabajadores nuevos	Trabajadores capacitados	Registro de verificación	Cuando se requiera
Receptor	Realización de charlas cortas y diarias de capacitación, con especial atención a la prohibición del uso de reproductores de música personales	Trabajadores capacitados	Registro de verificación y fotografías	Diario
Receptor	Realización de audiometrías al trabajador expuesto a ruido	Audiometrías de trabajadores	Informe de audiometría	Anual, o cuando médico disponga
Organizativo	Colocación de señalización en planta de hormigón: Informativa: - Fuentes de ruido Preventiva: - Peligro niveles elevados de ruido Obligatoria: - Uso obligatorio de equipos de protección auditiva Prohibitiva: - Prohibido el paso a personal no autorizado	Señalización colocada	Fotografías	Una vez con reposición en caso de ser necesario
Organizativo	Realización de monitoreos de ruido	Informe de monitoreo de ruido	Documento escrito	Anual

2. PROGRAMA DE MITIGACIÓN DEL RUIDO

Objetivo: Disminuir los efectos negativos del factor de riesgo ruido sobre el trabajador expuesto en la planta de hormigón

Lugar de aplicación: Planta de hormigón

Responsables: Técnico de seguridad y salud en el trabajo				
Personal de la planta de hormigón				
Nivel	Medidas propuestas	Indicadores	Medio de verificación	Periodicidad
Organizativo	Dotación de equipos de protección auditiva al personal de la planta de hormigón	Personal de la planta con sus respectivos equipos	Registros firmados	Según el equipo
Técnico	Vigilancia del uso del equipo e protección auditiva cuando sea necesario	Personal de la planta utilizando el respectivo equipo	Registro de verificación diaria	Diaria
Receptor	Utilización por parte del personal de la planta del equipo de protección auditiva, en caso de ser necesario	Personal de la planta utilizando el respectivo equipo	Fotografías	Diaria

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos a lo largo del presente estudio, y recordando que el objetivo principal del mismo es la determinación del factor de riesgo ruido en la planta de hormigón, se han llegado a establecer las siguientes conclusiones:

- En un inicio, y luego de la realización de la caracterización del factor de riesgo ruido, lo que se consiguió mediante la aplicación de la norma NTE INEN-ISO9612, y la elaboración del mapa de ruido de la planta, se observó que dicho factor presentaba niveles elevados de intensidad sonora, por encima de lo que indica la normativa ecuatoriana, que es 85dBA para una jornada laboral de 8 horas. Cabe resaltar que la elaboración del mapa de ruido, constituye una herramienta de significativa importancia, pues mediante esta representación gráfica es posible analizar, de una manera rápida, las características acústicas de un entorno de trabajo, visualizando fácilmente el nivel de ruido al que se exponen sus trabajadores, con el objeto de tomar las medidas necesarias para su corrección, como fue el caso de la planta de hormigón en estudio.

- Posteriormente, y cumpliendo con otro de los objetivos planteados en el presente estudio, se aplicaron medidas correctivas para disminuir el nivel de ruido en la planta de hormigón, mediante la construcción de un cerramiento de bloque, material de construcción de muy buenas propiedades de absorción acústica, por evitar la transmisión del sonido. Como consecuencia de este control en la fuente, y después de realizar una nueva caracterización del ruido, luego de aplicadas dichas medidas correctivas, el nivel de presión sonora se vio disminuido en una importante proporción, aunque se hubiese conseguido una disminución mayor, como se esperaba, si el encerramiento de la fuente generadora de ruido era total, no parcial, pero se aclara que esto no es posible, debido a que el generador necesita de ventilación suficiente, sin la cual este equipo no enciende, o en su defecto, se apaga una vez encendido, además de que puede recalentarse. Se anota sin embargo que pese a este inconveniente, el nivel de ruido así atenuado, produce actualmente, en la mayoría de puntos de la planta de hormigón, niveles de presión sonora inferiores a los que indica la norma como límite de exposición, es decir niveles inferiores a los 85 dB(A)

para una jornada de 8 h. Esto puede observarse claramente en el mapa de ruido de la planta de hormigón, elaborado durante el presente estudio.

- Continuando con el cumplimiento de la aplicación de medidas de atenuación, se realizó la adecuación de la cabina de mando, a través de la colocación de vidrios en las ventanas. Mediante la aplicación de esta medida, aparentemente de menor importancia, sumada al encerramiento parcial del generador, se obtuvo como resultado un notable descenso del nivel de presión sonora del lugar de trabajo en donde permanecen los operadores de la planta de hormigón, la cabina de mando, logrando cumplir, y con creces, con lo que exige la normativa ecuatoriana al respecto, es decir, niveles de ruido inferiores a 85 dB(A).

- En lo que respecta a la evaluación del trabajador mediante audiometrías, previa la valoración mediante la ficha de evaluación del trabajador expuesto al ruido, se pudo observar que ninguno de los trabajadores de la planta de hormigón presenta, hasta la fecha, ningún tipo de daño auditivo y por tanto ninguna enfermedad profesional debida a la exposición de ruido. Lo anotado, de ninguna forma presupone dejar de realizar controles de este factor de riesgo, todo lo contrario, si los trabajadores no presentan daño auditivo, el objetivo principal es el mantenimiento y conservación de su salud auditiva.

- Finalmente y por lo anotado en el párrafo anterior, se vio la necesidad de elaborar un plan de prevención y mitigación del ruido, de modo de evitar daños o aparición de enfermedades en cada uno de los trabajadores de la planta, cumpliendo además con otro de los objetivos planteados en el presente estudio.

Bibliografía

- Falagán, M. (2008). *Higiene Industrial*. Oviedo, España: Fundación Luis Fernández Velasco.
- Bernal, F., Castejón, E., Cavallé, N., y Hernández A. (2012). Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Decreto No. 2393. Registro Oficial No. 249. Ecuador. 3 de febrero de 1998.
- NTP 270: Evaluación a la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos. Real Decreto 1316/1989. España. 27 de octubre de 1989.
- Bascuñán, M., Barrio, M., González, M., Gómez, R., López, J., Parrilla, C. y Vega, R. (2006). *Hipoacusia laboral*. Recuperado de http://url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ah_UKEwjx6f3A_9bPAhWE7R4KHUXgDKoQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Ftusaludnoestaennomina.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2014%2F06%2FHipoacusia-laboral.pdf&usg=AFQjCNHzYa7rrU2VqIFN2N8_hNVUUyZusQ
- Organización Internacional del Trabajo. (2015). Información sobre seguridad en trabajo. Ginebra. Recuperado de http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_067579.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). Riesgos generales, Ruido. España. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Enciclopedia/OIT/tomo2/47.pdf>
- Organización Internacional del Trabajo. (2003). La seguridad en cifras. Ginebra. Recuperado de https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/worldday/report_esp.pdf
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA, Anexo 5. Registro Oficial No. 387. Ecuador. 4 de noviembre de 2015.
- NTE INEN-ISO 9612: Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería (ISO 9612:2009, IDT). Ecuador. Enero de 2014.
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J., Pardo, A. y Rendón, J. (2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. Recuperado de https://?gws_rd=ssl#q=Comparacion+de+metodos+de+interpolacion+para+la+generacion+de+mapas+de+ruido+en+entornos+urbanos+diego+murillo

Ochoa, P. (2014). Tutorial de prácticas ArcGIS Versión 10.1. Universidad del Azuay

Instituto de Salud Pública de Chile. (2012). *Guía técnica para la evaluación auditiva de los trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido*. Recuperado de <http://www.ispch.cl/oirs/index.htm>

ANEXO 1

Lista de comprobación para garantizar la detección de los eventos de ruido significativos durante el análisis del trabajo (Tomado de la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN-ISO 9612)

1. ¿Se presenta alguna de estas circunstancias?
 - Uso de aire comprimido
 - Emisiones de aire comprimido
 - Martilleo
 - Choques intensos
 - Uso ocasional de máquinas y herramientas muy ruidosas
 - Pasada de vehículos muy ruidosos

2. ¿Se producen operaciones muy ruidosas durante determinadas fases?
 - Al principio del turno
 - Al final del turno
 - Durante la fase de ajuste o de suministro
 - Durante las actividades de arranque o paro en la producción
 - Durante la fase de limpieza
 - Otros

3. ¿Se producen actividades muy ruidosas en los puestos de trabajo vecinos?

Tipo: _____

Puestos de trabajo expuesto: _____

ANEXO 2

Guía para la selección de la estrategia de medición (Tomado de la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN-ISO 9612)

B.1. General

Este anexo proporciona los detalles de las estrategias de medición básicas y una guía para la selección más adecuada de una estrategia.

B.2. Estrategia 1 – Medición basada en la tarea

Esta estrategia está enfocada a las tareas que producen una importante exposición al ruido y a la reducción de la duración de medición requerida para una incertidumbre especificada. La medición basada en la tarea es especialmente útil cuando el trabajo se puede dividir en labores bien definidas, con condiciones de ruido claramente definibles, durante las cuales se pueden realizar las mediciones; sin embargo, conviene garantizar que todas las contribuciones al ruido importantes estén incluidas en el período de medición, lo que requiere un conocimiento de todos los eventos acústicos de corta duración y de fuerte intensidad durante la jornada laboral.

La estrategia se basa en un análisis del trabajo detallado, para comprender todas las tareas; además, requiere de una validación constante de las mediciones. Esto permite realizar un número menor de mediciones para las tareas que producen una pequeña variación en el nivel de ruido.

Las mediciones basadas en la tarea proporcionan información sobre la contribución de las distintas tareas a la exposición al ruido diario. Esto es ventajoso si el objetivo de las mediciones es el de determinar las prioridades para un control del ruido. También ofrece la posibilidad de calcular la exposición al ruido para jornadas laborales diferentes de la jornada de medición en lo referente a la distribución y duración de las tareas. Puede reducir el esfuerzo de medición, comparado con otros métodos.

El uso de esta estrategia permite acortar los tiempos de medición cuando grupos importantes de trabajadores están realizando actividades similares en entornos acústicos similares. Las mediciones también pueden ser controladas más fácilmente.

Si la situación de trabajo es compleja, el análisis del trabajo puede llevar bastante tiempo.

B.3. Estrategia 2 – Medición basada en el trabajo

Las mediciones basadas en el trabajo son muy útiles cuando el contenido del trabajo y las tareas típicas son difíciles de describir o, cuando no se requiere o no es práctico realizar un análisis del trabajo detallado. No se recomienda utilizar este método si un trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

Las mediciones basadas en el trabajo pueden reducir el esfuerzo requerido para el análisis de la labor. Se tiene que prestar especial atención a la hora de definir los trabajos para garantizar que sea representativa la exposición al ruido de cualquier trabajador con una función dada. Esta estrategia puede llevar mucho tiempo, debido al tiempo requerido para las mediciones, pero resulta en una menor incertidumbre en el resultado obtenido.

Como en el caso de las mediciones basadas en la tarea, se debería prestar atención en garantizar que las principales contribuciones al ruido estén incluida en el período de medición. Las mediciones basadas en el trabajo no proporcionan necesariamente toda la información acerca de la contribución relativa a la exposición diaria al ruido de las diferentes tareas que constituyen un trabajo, dado que no tienen en cuenta las tareas realizadas en el seno del trabajo definido.

Si es simple la situación de trabajo, esta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que la estrategia basada en la tarea.

B.4. Diferencias y similitudes entre la medición basada en la tarea y la medición basada en el trabajo

B.4.1. General. Estas dos estrategias no son mutuamente exclusivas; la medición basada en la tarea y la medición basada en el trabajo se fundamentan en las mediciones de los niveles de ruido. En muchos casos, una situación de trabajo dada se puede tratar utilizando una estrategia o la otra con la misma calidad de resultado.

Las principales diferencias entre estas estrategias se describen a continuación:

B.4.2. Grupos diferentes de exposición homogéneos al ruido. Para las mediciones basadas en el trabajo, los grupos de exposición homogénea al ruido pueden tener una composición diferente que para las mediciones basadas en la tarea. Dado que un trabajo es un grupo de tareas realizadas por un trabajador, la medición basada en el trabajo no requiere una descomposición detallada de la actividad profesional en las tareas. Por lo tanto, determinar grupos de exposición homogénea

al ruido requiere menos tiempo que en el caso de las mediciones basadas en la tarea. Las mediciones basadas en la tarea también requieren un mejor conocimiento de la situación de trabajo que las otras estrategias, para que todas las tareas que contribuyen al nivel de ruido se clarifiquen, junto con sus respectivas duraciones.

B.4.3. Planes de medición diferentes. Para las mediciones basadas en el trabajo, el plan de la medición es generalmente más fácil de llevar a cabo que para las mediciones basadas en la tarea, porque no se necesita aislar cada tarea que se tiene que medir durante la jornada laboral.

B.4.4. Duraciones de medición diferentes. La medición basada en el trabajo requiere períodos de medición más largos que la medición basada en la tarea.

B.5. Estrategia 3 – Medición de una jornada completa

La medición de una jornada completa, tal como la medición basada en el trabajo, es más útil cuando es difícil de describir el tipo de trabajo y las tareas típicas. Sin embargo, requiere incluso menos esfuerzo a la hora de analizar el trabajo. Por otra parte, si la situación de trabajo es sencilla, esta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que cualquiera de las otras.

Se recomienda la medición de una jornada completa cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es impredecible o demasiado complejo. También es posible utilizar esta estrategia para cualquier modelo de exposición al ruido, especialmente donde no sea necesario o no se desee realizar un análisis de trabajo detallado.

La medición de la jornada completa también puede ser útil para verificar que todas las contribuciones principales estén incluidas. Para estos fines de verificación, el nivel diario de exposición al ruido se puede determinar directamente sin cálculos adicionales.

B.6. Usando más de una estrategia de medición

Hay ocasiones donde es necesario o deseable utilizar más de una estrategia de medición. Por ejemplo, si la jornada laboral tiene a ser compleja, la exposición al ruido calculada a partir de las mediciones basadas en la tarea se puede comprobar realizando mediciones de jornada completa a trabajadores seleccionados.

ANEXO 3

Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido (Basado en la Guía técnica para la evaluación auditiva de los trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido, 2012, Ministerio de Salud del Gobierno de Chile)

FECHA ____/____/____

1.- IDENTIFICACIÓN TRABAJADOR:

Código de identificación del trabajador _____

Sexo _____

Edad _____

2.- HISTORIA LABORAL ACTUAL

Tiempo de trabajo en la empresa _____

Tiempo de trabajo en la planta de hormigón _____

Utilización Elementos de Protección Auditiva

Siempre _____ A veces _____ Nunca _____

En caso afirmativo indicar el tipo de protector auditivo

Tapones _____ Orejeras _____ Otras _____

3.- HISTORIA LABORAL CON ESPECIFICACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

EMPRESA	TIEMPO DE TRABAJO POR EMPRESA (AÑOS)	TRABAJO EN ÁREAS CON EXPOSICIÓN A RUIDO		MEDIDAS DE CONTROL
		SI (INDIQUE EL TIEMPO)	NO	

4.- EXPOSICIÓN LABORAL A OTOTÓXICOS:

Solventes Orgánicos:

Tolueno ___ Xileno ___ Estireno ___ Otro, detallar: _____

Químicos industriales:

Plomo ___ Mercurio ___ Monóxido de Carbono ___ Otro, detallar _____

5.- EXPOSICIÓN A RUIDO EXTRA LABORAL:

Discoteca __ Caza __ Motorismo ___ Reproductor de música personal ___

Servicio Militar con Armas de Fuego _____ Otros _____

Frecuencia

Diaria _____ Semanal _____ Mensual _____ Otras _____

6.- ANTECEDENTES PERSONALES:

Enfermedades padecidas con posible afectación ótica (especifique):

Fumador: Sí, N° de cigarros/día: _____ No _____

Alcohol: Sí, Cantidad de gramos/día: _____ No _____

ANEXO 4

Certificado de calibración del sonómetro marca CASELLA, modelo CEL-62X.

		<p align="center">CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</p> <p align="center">Ciudadela Guayaquil, calle 1 era m2 21 solar 10 Guayaquil - Ecuador Pbx: 04-2282007 Fax: ext. 403 http://www.elicrom.com mail: ventas@elicrom.com</p>																			
		CERTIFICADO No: 2121-03-15																			
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE																					
EMPRESA: CONSULMEDIOS CIA. LTDA																					
DIRECCIÓN: FRANCISCO MOSCOSO 5-30 Y 10 DE AGOSTO EDIFICIO TORRES DEL YANUNCAY OFC. 05																					
TELÉFONO: 4078248																					
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO																					
EQUIPO:		SONOMETRO																			
MARCA:		CASELLA																			
MODELO/TIPO:		CEL-62X																			
SERIE:		2847608																			
CÓDIGO ASIGNADO EN ELICROM:		EC-2015-4339																			
UNIDAD DE MEDIDA:		dB																			
RESOLUCIÓN:		0,1																			
EQUIPOS UTILIZADOS																					
CODIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	PROX. CAL.															
EL.PC.003	CALIBRADOR DE SONOMETRO	SPER SCIENTIFIC	650016	081202542	15-abr-15	15-abr-16															
EL.PT.059	TERMOCROMÓMETRO	SPER SCIENTIFIC	800041	NO ESPECIFICA	03-jul-15	03-ene-16															
CALIBRACIÓN																					
PROCEDIMIENTO:		GENERAL																			
LUGAR DE CALIBRACIÓN:		LABORATORIO ELICROM																			
TEMPERATURA MEDIA:		23,4 °C																			
HUMEDAD MEDIA:		46 %HR																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Unidad de Medida</th> <th>Patrón</th> <th>Equipo</th> <th>Corrección</th> <th>Incertidumbre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>dB (decibelios)</td> <td>94</td> <td>94.1</td> <td>-0.1</td> <td>0.053</td> </tr> <tr> <td>dB (decibelios)</td> <td>114</td> <td>113.9</td> <td>0.1</td> <td>0.053</td> </tr> </tbody> </table>							Unidad de Medida	Patrón	Equipo	Corrección	Incertidumbre	dB (decibelios)	94	94.1	-0.1	0.053	dB (decibelios)	114	113.9	0.1	0.053
Unidad de Medida	Patrón	Equipo	Corrección	Incertidumbre																	
dB (decibelios)	94	94.1	-0.1	0.053																	
dB (decibelios)	114	113.9	0.1	0.053																	
OBSERVACIONES																					
La incertidumbre típica de medición se ha determinado conforme al documento EA-4/02. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo.																					
CALIBRACIÓN REALIZADA POR:		Jimmy Estupiñan																			
FECHA CALIBRACIÓN:		02-oct-2015																			
		AUTORIZADO POR: Ing. Sabino Pineda GERENTE TECNICO		RECIBIDO POR: RESPONSABLE - CLIENTE																	

ANEXO 5

Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido con información

Código del trabajador: 10719

Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido
(Basado en la Guía técnica para la evaluación auditiva de los trabajadores
expuestos ocupacionalmente a ruido", 2012, Ministerio de Salud del Gobierno de
Chile)

FECHA 22 Julio, 2016

1.- IDENTIFICACIÓN TRABAJADOR:

Código de identificación del trabajador 10719

Sexo Masculino

Edad 23 años

2.- HISTORIA LABORAL ACTUAL

Tiempo de trabajo en la empresa 2 años

Tiempo de trabajo en la planta de hormigón 1 año

Utilización Elementos de Protección Auditiva

Siempre A veces Nunca

En caso afirmativo indicar el tipo de protector auditivo

Tapones Orejeras Otras

3.- HISTORIA LABORAL CON ESPECIFICACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

EMPRESA	TIEMPO DE TRABAJO POR EMPRESA (AÑOS)	TRABAJO EN ÁREAS CON EXPOSICIÓN A RUIDO		MEDIDAS DE CONTROL
		SI (INDIQUE EL TIEMPO)	NO	
<u>CONSTRUCTORA DE CAMINOS</u>	<u>2</u>	<u>8 horas</u>		

4.- EXPOSICIÓN LABORAL A OTOTÓXICOS:

Solventes Orgánicos:

Tolueno ___ Xileno ___ Estireno ___ Otro, detallar: _____

Químicos industriales:

Plomo ___ Mercurio ___ Monóxido de Carbono Otro, detallar _____

5.- EXPOSICIÓN A RUIDO EXTRA LABORAL:

Discoteca ___ Caza ___ Motorismo ___ Reproductor de música personal ___

Servicio Militar con Armas de Fuego _____ Otros _____

Frecuencia

Diaria _____ Semanal _____ Mensual _____ Otras _____

6.- ANTECEDENTES PERSONALES:

Enfermedades padecidas con posible afectación ótica (especifique):

No

Fumador: Sí, N° de cigarros/día: _____ No

Alcohol: Sí, Cantidad de gramos/día: _____ No

EMPRESA	TIPO DE TRABAJO	EXPOSICIÓN A RUIDO	
		DIARIA	OTRAS

Código del trabajador: 11247

Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido
(Basado en la Guía técnica para la evaluación auditiva de los trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido", 2012, Ministerio de Salud del Gobierno de Chile)

FECHA 22 / Julio / 2016

1.- IDENTIFICACIÓN TRABAJADOR:

Código de identificación del trabajador 11247

Sexo masculino

Edad 27 años

2.- HISTORIA LABORAL ACTUAL

Tiempo de trabajo en la empresa 4 años

Tiempo de trabajo en la planta de hormigón 3

Utilización Elementos de Protección Auditiva

Siempre A veces Nunca

En caso afirmativo indicar el tipo de protector auditivo

Tapones Orejeras Otras

3.- HISTORIA LABORAL CON ESPECIFICACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

EMPRESA	TIEMPO DE TRABAJO POR EMPRESA (AÑOS)	TRABAJO EN ÁREAS CON EXPOSICIÓN A RUIDO		MEDIDAS DE CONTROL
		SI (INDIQUE TIEMPO)	NO EL	
<u>Fopeca.</u>	<u>4</u>	<u>8 horas</u>		

4.- EXPOSICIÓN LABORAL A OTOTÓXICOS:

Solventes Orgánicos:

Tolueno ___ Xileno ___ Estireno ___ Otro, detallar: _____

Químicos industriales:

Plomo ___ Mercurio ___ Monóxido de Carbono Otro, detallar _____

5.- EXPOSICIÓN A RUIDO EXTRA LABORAL:

Discoteca ___ Caza ___ Motorismo ___ Reproductor de música personal

Servicio Militar con Armas de Fuego _____ Otros _____

Frecuencia

Diaria Semanal _____ Mensual _____ Otras _____

6.- ANTECEDENTES PERSONALES:

Enfermedades padecidas con posible afectación ótica (especifique):

No

Fumador: Sí, Nº de cigarros/día: _____ No

Alcohol: Sí, Cantidad de gramos/día: _____ No

EMPRESA	EXPOSICIÓN A RUIDO		EXPOSICIÓN A QUÍMICOS	OTROS
	DIARIA	SEMANAL		

Código del trabajador: 7536

Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido
(Basado en la Guía técnica para la evaluación auditiva de los trabajadores
expuestos ocupacionalmente a ruido", 2012, Ministerio de Salud del Gobierno de
Chile)

FECHA 22 Julio, 2016

1.- IDENTIFICACIÓN TRABAJADOR:

Código de identificación del trabajador 7536

Sexo Masculino

Edad 31 años

2.- HISTORIA LABORAL ACTUAL

Tiempo de trabajo en la empresa 10 años

Tiempo de trabajo en la planta de hormigón 8 años

Utilización Elementos de Protección Auditiva

Siempre A veces _____ Nunca _____

En caso afirmativo indicar el tipo de protector auditivo

Tapones Orejeras Otras _____

3.- HISTORIA LABORAL CON ESPECIFICACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

EMPRESA	TIEMPO DE TRABAJO POR EMPRESA (AÑOS)	TRABAJO EN ÁREAS CON EXPOSICIÓN A RUIDO		MEDIDAS DE CONTROL
		SI (INDIQUE EL TIEMPO)	NO	
<u>FOPECA</u>	<u>10</u>	<u>8 horas</u>		

4.- EXPOSICIÓN LABORAL A OTOTÓXICOS:

Solventes Orgánicos:

Tolueno ___ Xileno ___ Estireno ___ Otro, detallar: _____

Químicos industriales:

Plomo ___ Mercurio ___ Monóxido de Carbono Otro, detallar _____

5.- EXPOSICIÓN A RUIDO EXTRA LABORAL:

Discoteca ___ Caza ___ Motorismo ___ Reproductor de música personal

Servicio Militar con Armas de Fuego _____ Otros _____

Frecuencia

Diaria Semanal _____ Mensual _____ Otras _____

6.- ANTECEDENTES PERSONALES:

Enfermedades padecidas con posible afectación ótica (especifique):

No

Fumador: Sí, Nº de cigarros/día: _____ No

Alcohol: Sí, Cantidad de gramos/día: _____ No

FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	TIPO DE TRABAJO	ACTIVIDAD

Código del trabajador: 5743

Ficha de evaluación al trabajador expuesto a ruido
(Basado en la Guía técnica para la evaluación auditiva de los trabajadores expuestos ocupacionalmente a ruido", 2012, Ministerio de Salud del Gobierno de Chile)

FECHA 22 / Julio / 2016

1.- IDENTIFICACIÓN TRABAJADOR:

Código de identificación del trabajador 5743

Sexo MASCULINO

Edad 38 años

2.- HISTORIA LABORAL ACTUAL

Tiempo de trabajo en la empresa 8 años

Tiempo de trabajo en la planta de hormigón 8 años

Utilización Elementos de Protección Auditiva

Siempre A veces _____ Nunca _____

En caso afirmativo indicar el tipo de protector auditivo

Tapones Orejeras Otras _____

3.- HISTORIA LABORAL CON ESPECIFICACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

EMPRESA	TIEMPO DE TRABAJO POR EMPRESA (AÑOS)	TRABAJO EN ÁREAS CON EXPOSICIÓN A RUIDO		MEDIDAS DE CONTROL
		SI (INDIQUE EL TIEMPO)	NO	
<u>FIDECA Construcciones</u>	<u>8</u>	<u>Exposición 8 Horas</u>		<u>Si</u>

4.- EXPOSICIÓN LABORAL A OTOTÓXICOS:

Solventes Orgánicos:

Tolueno ___ Xileno ___ Estireno ___ Otro, detallar: _____

Químicos industriales:

Plomo ___ Mercurio ___ Monóxido de Carbono Otro, detallar _____

5.- EXPOSICIÓN A RUIDO EXTRA LABORAL:

Discoteca ___ Caza ___ Motorismo ___ Reproductor de música personal

Servicio Militar con Armas de Fuego ___ Otros ___

Frecuencia

Diaria Semanal ___ Mensual ___ Otras ___

6.- ANTECEDENTES PERSONALES:

Enfermedades padecidas con posible afectación ótica (especifique):

No

Fumador: Sí, Nº de cigarros/día: _____ No

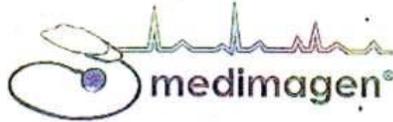
Alcohol: Sí, Cantidad de gramos/día: _____ No

MEDICIÓN -CONTRÓL-	TIEMPO DE EXPOSICIÓN A RUIDO		TIEMPO DE TRABAJO POR LABORAL (DÍA)	OÍDIA
	de	de		

ANEXO 6

Audiometrías de los trabajadores de la planta de hormigón

Código del trabajador 10719



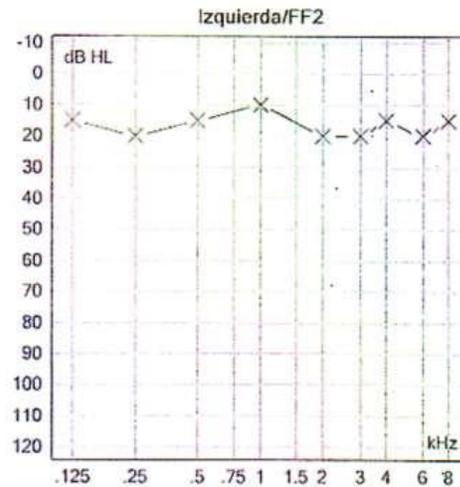
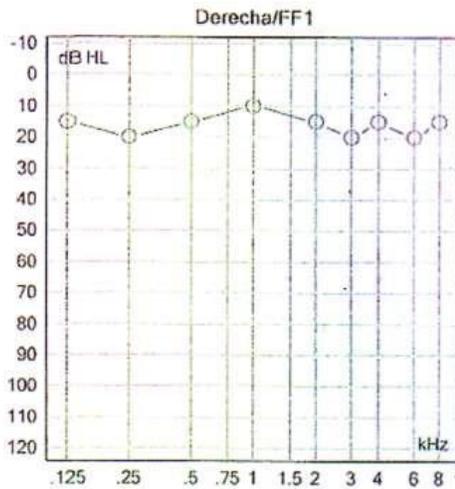
RESONANCIA MAGNETICA
TOMOGRÁFIA MULTICORTE • MAMOGRAFIA • DENSITOMETRIA OSEA
ECOGRAFIA CONVENCIONAL - 3D - 4D • ECOCARDIOGRAFIA
ECOGRAFIA DOPPLER DE MIEMBROS
RADIOLOGIA CONVENCIONAL: DENTAL - VETERINARIA • ELECTROCARDIOGRAFIA
ENDOSCOPIA DIGESTIVA ALTA • COLONOSCOPIA • AUDIOMETRIA • ESPIROMETRIA
OPTOMETRIA • MEDICINA OCUPACIONAL • LABORATORIO CLINICO

Fecha creación 13/07/2016 8:01

Fecha nacieme... 04/09/1992

Nombre PLANTA DE HORMIGON
Apellido TRABAJADOR N° 01

Sexo Hombre
Ciudad Paute
Teléfono



INFORME AUDIOLOGICO:

EMPRESA: FOPECA

OTOSCOPIA: Conductos auditivos permeables.

AUDIMETRIA TONAL LIMINAL:

- OIDO DERECHO: Audición Normal, Promedio de Audición 13dB
- OIDO IZQUIERDO: Audición Normal, Promedio de Audición 15dB

RECOMENDACIONES

En caso de estar expuesto a niveles elevados de ruido, deberá utiliza protecciones auditivas de acuerdo a las normas internacionales de salud ocupacional.

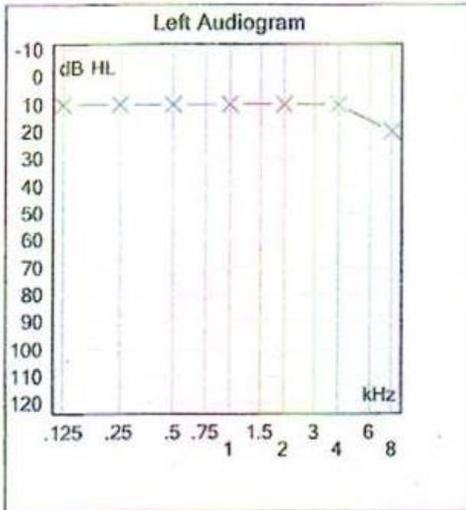
Lcda. Paula Avila Torres
FONOAUDIÓLOGA

Dir.: Av. Paseo de los Cañaris entre Pumapungo y Pachacámac (junto al nuevo puente del Vergel)
Teléfonos: Consultorios: 4109136 • Imagenología: 410 9137 / 404 7417 • Laboratorio: 410 9203
Emergencias: 0994082806 • E-mail: cjerves@hotmail.com • CUENCA - ECUADOR

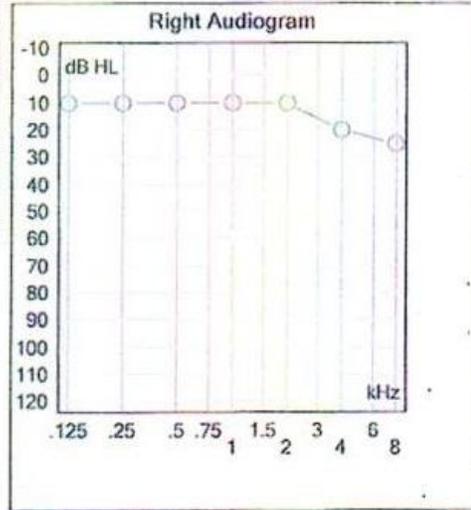
Código del trabajador: 7536

Person number 0604743435
First name PLANTA DE HORMIGON
Last name TRABAJADOR N° 07
Birthdate 13/07/2016

AUD 13/07/2016 16:12:19



Right	Key	Left
O	AC	X
△	Mixtures	□
<	Ear	>
[Masking]
M	MCL	M
U	UCL	U
S	Speech	S
B	ACBinaural	B
∞	Unresponsive	∞



CONCLUSIONES:

AUDICIÓN BILATERAL DENTRO DE PARAMETROS NORMALES.

SUGERENCIA.

UTILIZAR PROTECCIÓN AUDITIVA SI SE TRABAJA CON EXCESIVA CANTIDAD DE RUIDO.

Lic. Lorena Vásquez S.
FONOAUDIÓLOGA
RUC. 1: 02 F: 44 N° 132

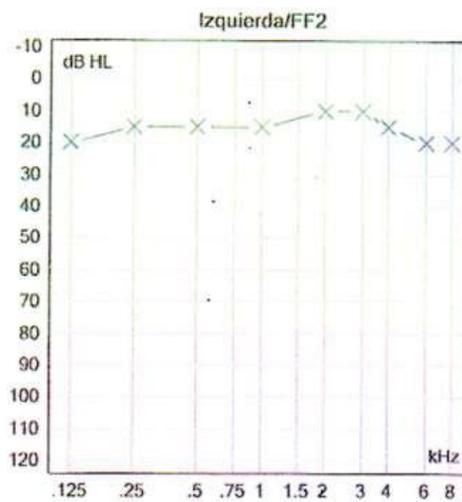
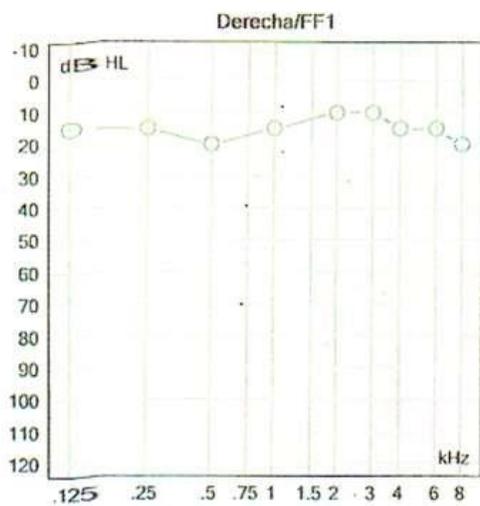
CENTRO FONOAUDIOLÓGICO
RIOBAMBA
Lic. Lorena Vásquez S.
RUC. 0301286832007

Código del trabajador: 5743



RESONANCIA MAGNETICA -
TOMOGRAFIA MULTICORTE - MAMOGRAFIA - DENSITOMETRIA OSEA
ECOGRAFIA CONVENCIONAL - 3D - 4D - ECOCARDIOGRAFIA
ECOGRAFIA DOPPLER DE MIEMBROS
RADIOLOGIA CONVENCIONAL: DENTAL VETERINARIA - ELECTROCARDIOGRAFIA
ENDOSCOPIA DIGESTIVA ALTA - COLONOSCOPIA - AUDIOMETRIA - ESPIROMETRIA
OPTOMETRIA - MEDICINA OCUPACIONAL - LABORATORIO CLINICO

Fecha creación	13/07/2016 11:04	Fecha nacimiento	19/08/1978
Doc. nacional...		Sexo	Hombre
Nombre	PLANTA DE HORMIGON	Ciudad	Cuenca
Apellido	TRABAJADOR N° 05	Teléfono	



INFORME AUDIOLÓGICO:

EMPRESA: FOPECA

OTOSCOPIA: Conductos auditivos permeables.

AUDIMETRIA TONAL LIMINAL:

- OIDO DERECHO: Audición Normal, Promedio de Audición 15dB
- OIDO IZQUIERDO: Audición Normal, Promedio de Audición 16dB

RECOMENDACIONES

En caso de estar expuesto a niveles elevados de ruido, deberá utilizar protecciones auditivas de acuerdo a las normas internacionales de salud ocupacional.

Lcda. Paula Avila Torres
FONO AUDIÓLOGA

Dir.: Av. Paseo de los Cañaris entre Pumapungo y Pachacámac (junto al nuevo puente del Vergel)
Teléfonos: Consultorios: 4109136 • Imagenología: 410 9137 / 404 7417 • Laboratorio: 410 9203
Emergencias: 0994082806 • E-mail: cjerves@hotmail.com • CUENCA - ECUADOR