



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO**

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RUIDO EN LAS CABINAS DE CONTROL  
GEOLÓGICO DE PETROKEM LOGGING SERVICES**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el  
Grado de Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo**

**Autor:  
Ing. Washington Ramiro Maruri Cevallos**

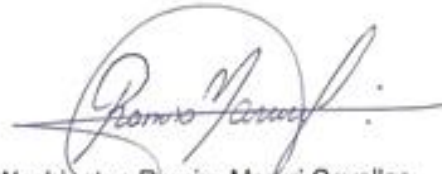
**Director:  
Ing. MSc. Francisco Eduardo Valencia Recalde**

**Quito – Enero - 2014**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Washington Ramiro Maruri Cevallos, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad Institucional vigente.



Washington Ramiro Maruri Cevallos  
C.I. 170902626-2

Quito, DM, 4 de Diciembre del 2013.

**Dr. Rodrigo Albuja**

**DIRECTOR DE POSGRADOS DE LA UTE**

Presente.-

De mi consideración:

En mi calidad de Director de Trabajo de Grado del señor **WASHINGTON RAMIRO MARURI CEVALLOS**, con el tema "**ANALISIS Y EVALUACION DEL RUIDO EN LAS CABINAS DE CONTROL GEOLOGICO DE PETROKEM LOGGING SERVICES**", considero que una vez dirigido y revisado el mencionado trabajo, reúne los requisitos y disposiciones emitidas por el Comité de Proyectos de la Dirección General de Posgrados de la Universidad Tecnológica Equinoccial, como requisito parcial para optar por el título de Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo.

Es importante recalcar que como aspecto relevante de la investigación, se determinó que por las condiciones y medio ambiente de trabajo de los ingenieros y ayudantes, que laboran en las cabinas de control geológico, no están sobre expuestos al ruido.

La presente investigación aporta al conocimiento y servirá de base para posteriores estudios de exposición al ruido en los diferentes servicios complementarios en la actividad de exploración y desarrollo de los campos petroleros.

Atentamente,



Ing. Francisco Valencia Recalde, MSc

**DOCENTE DE POSGRADOS DE LA UTE**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi Madre.  
Al amor de mi vida.  
A mis hijos: Andrés, Stephanie y Camila.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, y en particular al personal docente y administrativo de Posgrado.

A todo el personal de Petrokem Logging Services Cia. Ltda. y en especial al Ingeniero Gabriel Serrano.

Al director de tesis, Ingeniero Magister Francisco Valencia.

A todos quienes de una u otra manera contribuyeron en este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	2
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	6
<b>ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	6
1.1 Antecedentes .....	6
1.2 Marco Teórico .....	8
1.2.1 El ruido .....	8
1.2.1.1 Teoría del sonido .....	8
1.2.1.2 Tipos de ruido .....	10
1.2.2 Medición del ruido .....	11
1.2.2.1 Instrumentos de medida.....	12
1.2.2.1.1 Ponderación de frecuencia "A" y "C" .....	13
1.2.2.1.2 Análisis en bandas de octava.....	13
1.2.2.2 Métodos de medida.....	14
1.2.2.3 Estrategia de medición de la exposición a ruido .....	14
1.2.2.4 Número de Puntos de Mediciones de Ruido y valoración de la exposición a ruido. ....	15
1.2.2.5 Procedimiento de medición .....	16
1.2.3 Evaluación del ruido.....	18
1.2.3.1 Evaluación del riesgo de daño auditivo .....	18
1.2.3.1.1 Dosis diaria .....	18
1.2.3.2 Evaluación de la interferencia en la comunicación.....	19
1.2.3.3 Evaluación de molestia .....	20
1.2.3.4 Descripción de la fuente de ruido para propósitos de control .....	20

1.2.3.5 Límites de exposición para ruido en el trabajo .....	20
1.2.3.5.1 Límites Internacionales permisibles a ruido .....	20
1.2.3.5.2 Límites en el Ecuador permisibles a ruido.....	21
1.2.4 Control del ruido.....	22
1.2.5 Vigilancia en el trabajo .....	25
1.2.5.1 Vigilancia ambiental .....	26
1.2.5.2 Vigilancia de la salud por exposición a ruido.....	27
1.3 Marco Conceptual.....	27
1.4 Normativa legal aplicable .....	29
1.5 Justificación de la Investigación .....	29
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>30</b>
<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>30</b>
2.1 Hipótesis .....	30
2.1.1 Hipótesis General.....	30
2.1.2 Hipótesis Específicas .....	30
2.2 Variables .....	30
2.2.1 Conceptualización.....	30
2.3 Objetivos .....	31
2.3.1 Objetivo General .....	31
2.3.2 Objetivos Específicos.....	31
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>32</b>
<b>MÉTODOS Y TÉCNICAS APLICADAS</b> .....	<b>32</b>
3.1 Diseño de la Investigación .....	32
3.2 Tipo de Investigación .....	32
3.3 Métodos de la Investigación.....	33
3.4 Población y Muestra.....	33
3.4.1 Población .....	33
3.4.2 Muestra .....	33
3.5 Operacionalización de Variables.....	33
3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	34
3.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	35
3.8 Confiabilidad y Validez de Instrumentos .....	35
3.8.1 Confiabilidad .....	35

3.8.2 Validez .....	35
3.9 Método operativo .....	35
3.10 Instrucciones al personal de PLS.....	37
3.11 Situaciones imprevistas .....	38
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>39</b>
<b>ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RUIDO EN LAS CABINAS DE PLS.....</b>	<b>39</b>
4.1 Introducción.....	39
4.2 Descripción del servicio de Control Geológico .....	39
4.2.1 Recursos .....	41
4.2.1.1 Cabinas .....	41
4.2.1.2 Personal y puestos de trabajo.....	42
4.3 Percepción de la presencia de ruido de los trabajadores de PLS. ....	43
4.4 Medición del ruido y valoración de la exposición en las Cabinas de PLS..	53
4.4.1 Condiciones de trabajo con exposición al ruido .....	53
4.4.1.1 Grupos de exposición homogénea.....	53
4.4.1.2 Estudio de una jornada de trabajo .....	54
4.4.2 Mediciones del ruido en las cabinas de PLS.....	55
4.4.2.1 Selección de la estrategia de medición.....	55
4.4.2.2 Instrumentación.....	55
4.4.2.3 Medición del ruido .....	56
4.4.3.1 Nivel de exposición diario equivalente global LAeq,d (dBA) para los Ingenieros. ....	63
4.4.3.2 Nivel de exposición diario equivalente global LAeq,d (dBA) para los Ayudantes. ....	66
4.5 Evaluación del riesgo por ruido en el servicio de control geológico .....	69
4.5.1 Evaluación del riesgo por ruido del personal de PLS.....	69
4.6 Control de ruido en el servicio de Control Geológico de PLS .....	70
4.6.1.1 Acondicionamiento sonoro de las cabinas .....	71
4.6.1.2 Otras medidas de control de ruido .....	71
4.6.1.2.1 Control administrativo .....	71
4.6.1.2.2 Actuación sobre la fuente productora de ruido.....	72
4.6.1.2.3 Actuación sobre las vías de propagación.....	72
4.6.1.2.4 Actuación sobre el receptor.....	72



4.7 Vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores de PLS .....	73
4.7.1 Vigilancia ambiental .....	73
4.7.2 Vigilancia de la salud de los trabajadores .....	74
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>75</b>
<b>DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y</b>	
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>75</b>
5.1 Discusión de los resultados .....	75
5.2 Conclusiones.....	77
5.3 Recomendaciones .....	78
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo.....	15
Tabla 1.2 Valores de Nivel sonoro y tiempo de exposición para ruido .....	21
Tabla 1.3 Límite de Nivel Sonoro – Tiempo de Exposición. ....	22
Tabla 1.4 Número de Impulsos por Jornada de Trabajo. ....	22
Tabla 3.1 Matriz de Operacionalización de Variables .....	34
Tabla 3.2 Matriz de Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	34
Tabla 3.3 Número de mediciones y tiempo de medición en las áreas de trabajo del personal de PLS.....	37
Tabla 4.1 Cabinas de control Geológico de PLS.....	41
Tabla 4.2 Personal y tareas en el servicio de control geológico.....	43
Tabla 4.3 Medidas en el interior de las cabinas de PLS.....	57
Tabla 4.4 Medidas en el exterior de la cabina de PLS C3003.....	59
Tabla 4.5 Mediciones en el exterior de la cabina de PLS C3008. ....	60
Tabla 4.6 Resultados de las medidas en el interior de las cabinas de PLS. ....	61
Tabla 4.7 Resultados de las medidas en el exterior de las cabinas de PLS C3003 y C3008. ....	62
Tabla 4.8 Resultados del cálculo nivel de exposición diario equivalente (LAeq,d,m) en el interior de las cabinas de PLS. ....	63
Tabla 4.9 Resultados de los parámetros de la incertidumbre combinada estándar para los Ingenieros.....	65
Tabla 4.10 Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo. ....	65
Tabla 4.11 Nivel de exposición diario equivalente para los Ingenieros. ....	66
Tabla 4.12 Dosis en % medida en los Ayudantes de PLS. ....	66
Tabla 4.13 Medidas del dosímetro para los ayudantes. ....	67
Tabla 4.14 Valores (en dB) del factor $c_{1u_1}$ .....	68
Tabla 4.15 Parámetros obtenidos para el nivel de exposición global a ruido de los Ayudantes. ....	69
Tabla 4.16 Resultados de la comparación entre LAeq,d dB(A) del personal de PLS y la normativa ecuatoriana.....	70
Tabla 4.17 Atenuación del protector tipo copa .....	73

Tabla 4.18 Atenuación del protector tipo tapón .....	73
Tabla 4.19 Audiometrías del personal de PLS. ....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Esquema básico de los procedimientos de medición.....	17
Figura 2.1	Diagrama de flujo. Factor de riesgo – Ruido. ....	31
Figura 4.1	Sonómetro Integrador promediador. ....	56
Figura 4.2	Medidas de ruido en el interior de la cabina C3001. ....	58
Figura 4.3	Medidas de ruido en las zarandas de la cabina C3008.....	58
Figura 4.4	Frecuencia predominante del ruido en las zarandas donde realizan sus tareas los ayudantes de la cabina C3003. ....	63
Figura 4.5	Protectores auditivos utilizados en PLS. ....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Percepción pregunta 1.....	43
Gráfico 4.2 Percepción pregunta 2.....	44
Gráfico 4.3 Percepción pregunta 3.....	44
Gráfico 4.4 Percepción pregunta 4.....	45
Gráfico 4.5 Percepción pregunta 5.....	45
Gráfico 4.6 Percepción pregunta 6.....	46
Gráfico 4.7 Percepción pregunta 7.....	46
Gráfico 4.8 Percepción pregunta 8.....	47
Gráfico 4.9 Percepción pregunta 9.....	47
Gráfico 4.10 Percepción pregunta 10.....	48
Gráfico 4.11 Percepción pregunta 11.....	48
Gráfico 4.12 Percepción pregunta 12.....	49
Gráfico 4.13 Percepción pregunta 13.....	49
Gráfico 4.14 Percepción pregunta 14.....	50
Gráfico 4.15 Percepción pregunta 15.....	50
Gráfico 4.16 Percepción pregunta 16.....	51
Gráfico 4.17 Percepción pregunta 17.....	51
Gráfico 4.18 Percepción pregunta 18.....	52
Gráfico 4.19 Percepción pregunta 19.....	52
Gráfico 4.20 Percepción pregunta 20.....	53
Gráfico 4.21 Nivel de exposición equivalente diario del personal de PLS.....	69
Gráfico 4.22 Nivel de presión sonora equivalente en el interior de las cabinas de PLS. ....	71
Gráfico 5.1 Nivel de presión sonora equivalente en el exterior de las cabinas C3003 y C3008. ....	76

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 4.1	Cabina C3005 de PLS junto al Taladro PDVSA 81.....	40
Fotografía 4.2	Personal de PLS, Geólogo.....	42
Fotografía 4.3	Personal de PLS, Ayudante.....	42
Fotografía 4.4	Personal de PLS, Jefe de Cabina.....	56

## RESUMEN

El ruido es uno de los factores físicos presentes en la industria petrolera y en el Ecuador no es la excepción. El conocer la relación del ruido y el riesgo laboral en el servicio de Control Geológico, incentivó esta investigación. En primer lugar, se identificó y midió el nivel y tipo de ruido existente en los diferentes puestos de trabajo. Luego se determinó el nivel de exposición diario equivalente de los trabajadores y se comparó con la normativa ecuatoriana vigente que tiene como límite permisible 85 dB (A). Por último se identificaron los controles y la vigilancia en el trabajo que Petrokem Logging Services (PLS) tiene. Los daños a la salud por exposición a ruido, se excluyeron en este trabajo.

Esta investigación se llevó a cabo en las ocho cabinas de PLS, tomando los datos directamente de las tareas que realizan sus trabajadores. La medición del ruido se la hizo con un sonómetro integrador y con dos dosímetros para determinar el nivel de exposición diario equivalente del personal de PLS. Previo a esto, se utilizó una encuesta con preguntas orientadas a conocer la percepción de los trabajadores sobre el ruido y como les afecta.

Se encontró que el nivel de ruido en la parte externa de las cabinas, inherentes a los taladros donde presta sus servicios PLS, son mayores a 74 dB (A) y en ciertas áreas de tipo continuo-variable y en otras de tipo continuo-estable, todos ellos de frecuencias bajas. Por otro lado, en el interior de las cabinas, el nivel de ruido es menor a los 70 dB (A), continuo-variable y de frecuencias bajas.

Con los datos obtenidos, se caracterizó la magnitud del riesgo asociada al ruido en el servicio de control geológico, que para los Ingenieros el 37.5% presentó un riesgo bajo y el 62.5 % un riesgo moderado; mientras que para los ayudantes el 50% presentó un riesgo moderado y el otro 50% un riesgo bajo. A pesar de que el ruido en la parte externa de las cabinas es elevado, los trabajadores no se encuentran sobre expuestos. Los controles existentes dentro de PLS, ayudan a proteger al personal y atenuar los altos niveles de ruido; sin embargo, es necesario implementar la vigilancia en el trabajo de este factor de riesgo. Sin duda alguna, el análisis y evaluación del ruido, beneficia de manera particular a la salud de los trabajadores del servicio de Control Geológico. Además, sirve como referencia para las diferentes empresas que brindan sus servicios en los taladros de perforación.

Palabras clave:

Control Geológico. Riesgo laboral. Ruido laboral.

## SUMMARY

Noise is one of the greatest physical factors present in the oil industry and in Ecuador there is no exception. Mud logging services have generated more jobs in the oil industry by adding more logging units next to the rigs. This research was motivated to understand the link that noise and its hazard have in the Mud logging. To accomplish this, the levels and type of noise in the different job areas were identified. Afterwards it was determined the level of daily exposure of noise by the employees and this was compared with the Ecuadorian laws which state that the allowed limit of noise is 85 dB (A). The last part of the study was to identify how Petrokem Logging Services (PLS) controls noise level in the work area. This study does not take in consideration the health risks that are caused by the exposure due to noise for long periods of time.

This research was conducted in eight mud logging units owned by PLS in which the data was taken straight from the daily activities of the employees. The level of occupational noise was measured by using a sound level meter and two dosimeters to determine the levels of daily exposure of noise within the employees working area. Previously to this, a survey was used to know the employees' perception to noise and how it affects them.

It was found that the level of noise in the external part of the cabin, next to the rig, where PLS provides its services, are higher than 74 dB (A), and in certain areas where there are different types of noise such as continuous-variable or continuous-stable it was noticed that they all presented low frequencies. On the other hand, in the interior of the cabins, the noise was continuous-variable, low frequency with the decibels being less than 70 dB (A).

With the data obtained, the magnitude of occupational hazard associated with noise was clearly established in the Mud logging services, engineers that 37.5% had a low hazard and moderate hazard 62.5%, while for 50% sample catchers had moderate hazard and 50% low hazard. Even though the noise in the external part of the cabins is high, workers are not over exposed. Although the method in which PLS controls its noise hazard factor is adequate, it is necessary to implement a system where the method can be evaluated to see if in the long term is efficient. The analysis and evaluation of noise, benefits particularly the health of the employees from the Mud logging services. Also, serves as a reference for the different corporations that offer their services in the oil industry.

**Keywords:**

Mud logging. Occupational hazard. Occupational noise.



## INTRODUCCIÓN

La actividad de perforación petrolera en el Ecuador incrementó desde el año 2008 de 18 taladros de perforación a 33 taladros a julio del 2012 (EP Petroecuador, 2012). Esto permitió un crecimiento en el número de oficinas móviles (cabinas) de Control Geológico necesarias para brindar este servicio, y a su vez, el número de trabajadores presentes en la industria petrolera considerada de alto riesgo. Particularmente representó un incremento en la actividad para Petrokem *Logging Services* (PLS), que tiene 60 trabajadores de campo expuestos a diferentes factores de riesgo laboral, específicamente al ruido (PLS, 2011).

El ruido está presente, especialmente, en la industria de fabricación y particularmente en la industria petrolera. El Departamento de Trabajo de Estados Unidos calculó que el 19,3 % de las personas que trabajan en entornos de fabricación y empresas de agua, gas y electricidad se ven expuestas diariamente a niveles medios de ruido de 90 dBA o más, el 34,4 % a niveles superiores a 85 dBA, y el 53,1 % a niveles superiores a 80 dBA. Estas estimaciones son consideradas típicas del porcentaje de trabajadores expuestos a niveles peligrosos de ruido en otras naciones. Es probable que los niveles sean algo mayores en los países menos desarrollados como el Ecuador, donde no se utilizan tanto los controles técnicos, y algo inferiores en países con programas de control del ruido más rigurosos, como los países escandinavos y Alemania. Muchos trabajadores de todo el mundo experimentan exposiciones muy peligrosas, por encima de los 85 o 90 dBA (Suter, 1998).

PLS es una empresa ecuatoriana que brinda el servicio de Control Geológico a las diferentes operadoras petroleras que necesitan conocer la secuencia geológica durante la perforación de un pozo petrolero en el Ecuador. Brinda el servicio con ocho cabinas, equipadas con todo el material necesario para hacer las descripciones de los ripios de perforación; además de personal técnico en el campo con experiencia entre 15 años a menos de un año.

PLS el servicio lo brinda durante toda la perforación de un pozo, en turnos de doce horas diurnas y doce horas nocturnas, cada turno con dos y hasta tres trabajadores. El ambiente laboral fuera de las cabinas tiene la presencia de ruido que proviene de los taladros de perforación, generadores, zarandas, movimientos de tuberías, bombas neumáticas, bombas del lodo, etc.; de igual manera internamente en la cabina, el ruido está presente por los aires acondicionados, bombas del sistema de gas, computadores, equipos en funcionamiento y materiales necesarios para el monitoreo continuo de los parámetros de perforación y la descripción litológica de los ripios de perforación. La presencia de ruido tanto interna como externamente de las cabinas hace necesario conocer si el nivel de ruido presente en las diferentes actividades del personal técnico de campo de PLS, evidencia un riesgo aceptable o no, en la prestación del servicio de Control Geológico.

La identificación y medición del ruido permite comparar los niveles del mismo con los niveles establecidos en la normativa legal y/o criterios técnicos, después de lo cual con el control adecuado se obtendrá un ambiente aceptable de ruido para el trabajador, concordando con aspectos operacionales y económicos (Harris, 1977),

con la finalidad de mejorar el ambiente de trabajo, incrementando la satisfacción y seguridad de los trabajadores en las cabinas de control geológico, generando así un mejor rendimiento de los trabajadores y por consiguiente el aumento de la productividad de la empresa.

Sin tener un conocimiento claro y objetivo del nivel de ruido al cual están expuestos los trabajadores, se les ha dotado de los equipos de protección auditiva desconociendo si esta medida de control es adecuada; y muy poco se ha hecho en cuanto a la caracterización del ruido en el Servicio de Control Geológico en PLS.

La presencia de una posible enfermedad profesional, como la pérdida de la capacidad auditiva de los trabajadores en PLS, así como el aumento del estrés y el riesgo de sufrir un accidente (Gómez-Cano, 2006), hace que este problema sea relevante para la salud de los trabajadores y para la empresa, ya que es su responsabilidad contar con los controles adecuados para prevenir, disminuir o eliminar el ruido como factor de riesgo laboral y vigilar la salud y el ambiente de trabajo (OIT, 2001).

En esta investigación se aborda el problema de la existencia de ruido en las cabinas de PLS, planteando las siguientes inquietudes:

¿Cómo se relaciona el ruido en las cabinas de PLS con el riesgo laboral en el servicio de Control Geológico?

¿Cuál es el nivel y tipo de ruido presente en las cabinas de Control Geológico de PLS tanto interna como externamente?

¿Cuál es la magnitud del riesgo por exposición a ruido de los trabajadores, en las cabinas de Control Geológico de PLS?

¿Qué controles existen para mejorar la calidad del ambiente laboral en cuanto al ruido en las cabinas de Control Geológico de PLS?

¿Qué vigilancia ambiental y de salud de los trabajadores expuestos a ruido se tiene en PLS?

El trabajo se presenta considerando el Manual de Presentación y Desarrollo de Trabajos de Grado (UTE, 2013). En el Capítulo I se presenta los antecedentes, el marco teórico y la justificación de la investigación. En el Capítulo II, se mencionan las hipótesis y los objetivos principales y secundarios de la investigación. En el Capítulo III se describen los métodos y técnicas empleadas.

En el Capítulo IV se desarrolla el análisis y evaluación del ruido existente en las cabinas de PLS, se inicia con una descripción del Servicio de Control Litológico, sus recursos materiales y de personal y sus áreas de trabajo. A continuación se presenta la encuesta y sus resultados, seguidamente se determina la medición y valoración de la exposición a ruido del personal de PLS, con su estrategia y metodología plantada por García et al., (2012); y los resultados se muestran en tablas por cabina y grupos de trabajadores expuestos. Por último, se evalúa el riesgo por ruido presente en el servicio de control Geológico para los Ingenieros y

Ayudantes; además se identifica el control existente, y la vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores expuestos a ruido que PLS tiene.

En el Capítulo V se tiene la discusión de los resultados, conclusiones y recomendaciones. En la parte final se presentan la Bibliografía y los Anexos.

## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

El ruido es un factor de riesgo laboral muy común, en las diferentes industrias se han realizado investigaciones relacionadas con el análisis y evaluación del ruido laboral, en España, Chile, Cuba, Ecuador, etc. Lo que ha permitido obtener una serie de mediciones y procedimientos donde establecen una relación entre el ruido laboral y el riesgo presente en los diferentes puestos de trabajo y los efectos en el trabajador, para proponer controles adecuados y así poder minimizar o eliminar el riesgo.

García, A., Carrigues, J., y García A., en 1998, realizaron un estudio del ruido ambiental en las industrias del sector textil, en veinte empresas de tamaño pequeño, medio y grande situadas en España. En estas empresas se realizó una serie de medidas de niveles sonoros con el fin de evaluar los niveles diarios equivalentes que corresponden a una amplia muestra de puestos de trabajo. Se observó que pocos de estos trabajadores utilizaban los medios de protección personal contra el ruido. Las pérdidas de capacidad auditiva detectadas en los reconocimientos médicos rutinarios realizados a los trabajadores (audiometrías) aparecen claramente relacionadas con los niveles de exposición sonora en los respectivos puestos de trabajo. En particular, se encontró que algunos de los trabajadores de la muestra están expuestos a niveles LAeq, superiores a 85 dBA y presentan un trauma acústico.

En Chile, Sánchez, D., en el 2005, en su tesis selecciona, adecúa y compara los criterios, extraídos desde normativas nacionales e internacionales, que evalúan la exposición a ruido en lugares de trabajo. Estos criterios de evaluación se basan en estimaciones estadísticas, que consideran un muestreo "aleatorio" de niveles de presión sonora y permite calcular y determinar un valor representativo final y su intervalo de error asociado. Desarrolló una caracterización de las condiciones ambientales del ruido, para distintos puestos de trabajo, tomando en cuenta algunas condiciones especiales determinadas para el estudio, y un análisis detallado de los datos registrados. Posteriormente, se describen las principales variables que influyen en una adecuada estimación para, finalmente, obtener y proponer un nuevo criterio de evaluación de ruido laboral.

En Cuba, Moreno, R., Martínez, A., y Rivero, D., en el 2006, realizaron un estudio descriptivo de corte transversal, en una Empresa de Productos Lácteos, con el objetivo de determinar los niveles de ruidos y evaluar la capacidad auditiva en los 82 trabajadores expuestos a ruidos de intensidad igual o superior a los 85 dBA. Las variables seleccionadas para el estudio fueron: intensidad de los ruidos, años de exposición, tipo de ruido, información previa sobre el uso de medios de protección y su vía de obtención, así como el uso de los medios de protección y las causas por las cuales no son usados. Se concluyó que la contaminación sonora en la entidad estudiada era elevada, los niveles medidos no cumplen con las recomendaciones que existen a escala internacional, ni con los criterios

higiénicos industriales, y actúan perjudicialmente sobre la audición, por lo que se recomienda la ejecución de medidas para proteger al personal y atenuar los altos índices de emisiones sonoras contaminantes.

En España, Pavón, I., en el 2007, en su trabajo doctoral estudia los niveles de ruido a los que se encuentran expuestos los trabajadores de los sectores de la minería y de la fabricación de cemento de la Comunidad de Madrid, utilizando diferentes técnicas y procedimientos de medida y comparando los resultados con los valores límite expresados en la legislación. Desarrolló un algoritmo de estimación del tiempo óptimo de medida, que permite la evaluación de los niveles de exposición sonora mediante la realización de medidas con dosímetros, y analizó la contribución de las diferentes variables a la incertidumbre total de las medidas, que serán de utilidad para la valoración de la exposición al ruido en este sector productivo.

En Ecuador:

Tarira, R. y Orcés, E., en el 2006, realizaron un trabajo con el objetivo de analizar las condiciones de trabajo y poder hacer recomendaciones para disminuir el riesgo de daños auditivos a los trabajadores causados por la exposición prolongada a altos niveles de ruido. Lo primero que se determinó fue las dimensiones de toda la infraestructura y la ubicación de la maquinaria existente, luego se identificó los tiempos empleados en cada una de las operaciones en las máquinas, para saber cuantos puntos serían muestreados en este lapso de tiempo. Posteriormente se procedió hacer las mediciones con un sonómetro analizador tipo 1, equipado con filtro de frecuencias. Se muestrearon alrededor de 200 puntos, obteniéndose tiempos de exposición y dosis de ruidos. Los resultados obtenidos se los comparó con lo estipulado en el Decreto Ejecutivo 2393 de Ecuador, determinándose varios puntos que no cumplían con los estándares permisibles. Por ultimo para reducir los niveles de ruido se analizaron las fuentes y el medio de transmisión para determinar la mejor manera de control.

Jachero, L., en el 2010, en su investigación consideró los niveles de ruido en las empresas de procesamiento de madera, extracción de áridos y procesamiento de cárnicos; analizó el comportamiento de los datos, la evaluación de los niveles de ruido en cada empresa y los diferentes parámetros que influyen en la interpretación de los niveles de presión sonora. Así como también hizo un análisis utilizando herramientas estadísticas, con respecto al Decreto Ejecutivo 2393 de Ecuador, donde se establece los límites máximos permisibles. En vista que las mediciones presentan magnitudes muy variables con valores extremos en algunos casos y desviaciones que comparadas entre sí, se alejan en un alto grado del promedio, se evalúa mediante la distribución de frecuencias. Con las medidas se determinaron los parámetros del nivel diario equivalente y el tiempo máximo de exposición, ambos se evaluaron con respecto a la duración de la jornada laboral. Los parámetros mencionados se calcularon empleando fórmulas matemáticas. En cuanto al análisis de ruido se obtuvo una relación directamente proporcional del nivel de presión sonora con respecto a la jornada laboral e inversamente proporcional con respecto al tiempo de exposición.

## 1.2 Marco Teórico

### 1.2.1 El ruido

Muchos de los fenómenos físicos en la naturaleza se pueden interpretar mediante leyes y uno de ellos es el ruido o sonido no deseado que es detectado por el oído de una persona y que puede provocar una sensación de molestia o incluso dolor (Rejano de la Rosa, 2000).

El ruido constituye uno de los problemas a resolver en una sociedad desarrollada, ya que produce una pérdida progresiva de la capacidad auditiva del hombre, y el oído pierde capacidad por efecto de la edad, deterioro que aumenta aceleradamente cuando, además, la persona está sometida a ruidos excesivos o intolerables ya sea en su trabajo o fuera de el (Falagán, Canga, Ferrer y Fernández, 2000).

El ruido es uno de los factores físicos de riesgos laborales más comunes, por ejemplo, en Estados Unidos, millones de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles de ruido medios de 85 decibeles ponderados A (dBA). Estos niveles de ruido son potencialmente peligrosos para su audición y pueden producir además otros efectos perjudiciales. Los niveles de ruido peligrosos se identifican fácilmente y en la gran mayoría de los casos es técnicamente viable controlar el exceso de ruido aplicando tecnología, remodelando el equipo o proceso o transformando las máquinas ruidosas, etc. (Suter, 1998).

#### 1.2.1.1 Teoría del sonido

El sonido consiste en una variación de presión sobre la presión atmosférica, producida por la vibración de un cuerpo, y que el oído humano puede detectar como una sensación percibida a través del órgano auditivo. Dado que tiene su origen en un movimiento vibratorio que se transmite en un medio, ya sea sólido líquido o gaseoso, podemos definirlo como una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva (Falagán et al., 2000).

Un cuerpo al vibrar comprime las moléculas cercanas y crea perturbaciones (ondas) que se propagan a una determinada velocidad, en función de la densidad y elasticidad del medio; en el aire esta velocidad es de 340 m/seg. A la presión atmosférica normal (Alonso et al., 1981).

Potencia acústica: Cantidad de energía bajo forma acústica que emite un foco sonoro en la unidad de tiempo. Se mide en watios (W). Esta energía se transmite inmediatamente y se reparte, teóricamente, según una superficie esférica envolvente cada vez mayor, lo que explica la disminución del sonido a medida que se aleja la fuente sonora (Falagán et al., 2000).

La potencia acústica oscila en un campo amplísimo de 10.000 billones de picowatios ( $10^{-12}$  watios), desde el tic-tac de un reloj de pulsera hasta el estruendo de un volcán en erupción (10.000 watios). Es de destacar que la energía acústica que se presenta habitualmente es muy pequeña, en relación por ejemplo con la

energía lumínica. Sin embargo su "agresividad" es elevada pues puede romper el tímpano de una persona situada a unos metros de distancia (Falagán et al., 2000).

El margen de variación de la potencia acústica es muy amplio se utiliza normalmente el nivel de potencia acústica  $L_w$  de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

siendo  $L_w$  el nivel de potencia acústica en decibelios (dB) y  $W_0$  la potencia acústica de referencia e igual a 1 picowatio ( $10^{-12}$  wátios). Esta potencia se corresponde con el nivel 0 dB de la escala de decibelios (Falagán et al., 2000).

Dado el amplísimo margen o rango de las medidas acústicas, se representan en escala logarítmica. Se define así el decibelio como una unidad adimensional relacionada con el logaritmo de una cantidad medida y de otra que se toma como referencia. La unidad en esta escala es un bel, en honor de su inventor, Alexander Graham Bell, o más comúnmente, el decibel (dB), que es 1/10 bel ( $10 \text{ dB} = 1 \text{ bel}$ ). Se define así el nivel de presión acústica, el nivel de potencia acústica, nivel de intensidad acústica, etc. de manera similar mediante el empleo de los logaritmos (Giancoli, 2008).

Intensidad acústica (I): Es la cantidad de energía que, en la unidad de tiempo atraviesa una unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras. Se mide en wátios/m<sup>2</sup>. La intensidad acústica es la propiedad del sonido que hace que éste se oiga fuerte o débil. Cuanto más fuertes sean las compresiones y dilataciones de las capas de aire, más intenso será el sonido. En la escala de intensidades el umbral auditivo es  $10^{-12} \text{ w/m}^2$  y el umbral doloroso  $25 \text{ w/m}^2$  (Alonso et al., 1981).

A medida que una onda sonora se va alejando de su fuente de origen ha de cubrir una mayor superficie, con lo que su intensidad disminuye hasta hacerse imperceptible. Se puede demostrar, por consideraciones de mecánica de fluidos y cálculo diferencial que la intensidad de sonido vale:

$$I = \frac{P^2}{\rho c}$$

Donde "P<sup>2</sup>" es el valor eficaz (r.m.s.) de la presión sonora,  $\rho$  es la densidad del medio y "c" la velocidad del sonido.

Como en otros conceptos se utiliza también el nivel de intensidad acústica, que se define mediante la expresión (Alonso, et al., 1981):

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

La intensidad de referencia comúnmente utilizada es  $10^{-12} \text{ wátios/m}^2$ .

**Duración del sonido:** El sonido desaparece rápidamente en el tiempo cuando cesa la causa que lo produce, pero no así sus efectos. Por ejemplo, el ruido de una explosión, aproximadamente 140 dBA, dura menos de tres segundos pero puede producir efectos desastrosos y permanentes sobre los oídos de las personas que han sido alcanzadas por la onda sonora (Falagán et al., 2000)

**Frecuencia (f):** Número de variaciones de presión de la onda sonora, en un segundo. Se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo. La frecuencia principal de un sonido es lo que determina su tono característico, por ejemplo, el estruendo de un trueno lejano tiene una frecuencia baja, mientras que un silbido tiene una frecuencia alta. Un sonido puede no tener más que una sola frecuencia, tratándose en tal caso de un "sonido puro"; lo más frecuente es que los sonidos que oímos en la práctica y sobretodo los ruidos, sean una amplia mezcla de distintas frecuencias (Rejano de la Rosa, 2000).

**Longitud de onda ( $\lambda$ ):** Es la distancia que separa dos estados iguales de una onda sonora. Conociendo la velocidad y la frecuencia del sonido podemos calcular su longitud de onda mediante la fórmula:

$$\text{Longitud de onda } \lambda = \text{velocidad del sonido} / \text{frecuencia}$$

Los sonidos de baja frecuencia tienen longitudes de onda largas que les permiten bordear mejor los obstáculos, por lo que son más difíciles de aislar.

**Presión acústica:** Energía acústica bajo forma de variación de presión ( $\text{N/m}^2$ ), es decir la variación de la presión atmosférica en un punto como consecuencia de la propagación a través del aire de una onda sonora. El margen de presión acústica capaz de oír una persona joven y normal oscila entre  $20 \text{ N/m}^2$  y  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$  (umbral auditivo) (Falagán et al., 2000).

El margen de nivel de presión acústica varía entre 0 y 140 dBA, margen más cómodo y más fácil de manejar. En general podemos decir que los ruidos hasta 60 dBA resultan soportables, entre 60 y 80 dBA son fatigosos, entre 80 y 115 dBA pueden producir sordera y superiores a 120 dBA resultan dolorosos e insoportables (Falagán et al., 2000).

### 1.2.1.2 Tipos de ruido

Desde hace mucho tiempo ya se han reconocido y definido los diferentes tipos de ruido y sus efectos, dentro de los cuales se conocen: continuo, intermitente y de impacto (Falagán, 2005).

**Ruido continuo:** es aquel que el nivel de presión sonora se mantiene constante en el tiempo y si posee máximos, estos se producen en intervalos menores a un segundo. Pueden ser estables o variables.

- **Ruido estable:** Aquél cuyo nivel de presión sonora ponderada A ( $L_pA$ ) 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 (INSL, 2006).

- **Ruido variable o fluctuante:** cuando el nivel de presión sonora (LpA) oscila en más de 5 dBA en el tiempo y puede ser periódico o aleatorio (Falagán, 2005):
  - **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 (Gil et al., 2006).
  - **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.

**Ruido intermitente:** cuando el nivel de presión sonora varía en escalones bien definidos, de tiempo relativamente prolongado. Viene a ser como una serie de ruidos continuos de nivel sonoro divergente (Falagán, 2005).

**Ruido impulsivo:** Se considera que un ruido es de impulso cuando el nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo (su duración es del orden de microsegundos), y los sucesivos impactos están separados entre sí más de un segundo (INSHT, 2006).

Los tipos de ruido dependen de la amplitud y/o frecuencia respecto a la variable tiempo (Rejano de la Rosa, 2000).

El ruido continuo y estable es de banda ancha y de nivel y espectro aproximadamente constantes a los cuales un trabajador está expuesto durante una jornada de trabajo. La mayoría de los criterios de daño-riesgo establecidos se refieren a este tipo de exposición al ruido, dado que es más fácil definir en términos de amplitud, contenido de frecuencias y tiempo de duración (Camposeco, 2003).

### 1.2.2 Medición del ruido

Para prevenir los efectos perjudiciales del ruido para los trabajadores, es preciso elegir con cuidado los instrumentos, métodos de medición y procedimientos que permitan evaluar el ruido al que se ven expuestos. Es importante evaluar correctamente los diferentes tipos de ruido, distinguir los ambientes ruidosos con diferentes espectros de frecuencias, y considerar asimismo las diversas situaciones laborales. Los principales objetivos de la medición del ruido en ambientes laborales son:

a) identificar a los trabajadores sometidos a exposiciones excesivas y cuantificar éstas y;

b) valorar la necesidad de implantar controles del ruido (Denisov et al., 1998).

### 1.2.2.1 Instrumentos de medida

Entre los instrumentos de medida del ruido cabe citar los sonómetros y los dosímetros.

**El sonómetro** es un instrumento electrónico que consta de un micrófono, un amplificador, varios filtros, un circuito de elevación al cuadrado, un promediador exponencial y un medidor calibrado en decibelios (dB) (Falagán, 2005).

Los sonómetros se clasifican por su precisión, desde el más preciso (tipo 0) hasta el más impreciso (tipo 3). El tipo 0 suele utilizarse en laboratorios, el tipo 1 se emplea para realizar otras mediciones de precisión del nivel sonoro, el tipo 2 es el medidor de uso general, y el tipo 3, el medidor de inspección, no está recomendado para uso industrial. Los sonómetros también incluyen dispositivos de ponderación de frecuencias, que son filtros que permiten el paso de la mayoría de las frecuencias pero que discriminan otras (Denisov et al., 1998).

Los sonómetros ofrecen asimismo diversas respuestas de medición: la respuesta “lenta”, con una constante de tiempo de 1 segundo; la respuesta “rápida” con una constante de tiempo de 0,125 segundos; y la respuesta “impulsivo” que tiene una respuesta de 35 ms para la parte creciente de la señal y una constante de tiempo de 1.500 ms para la parte decreciente de la señal (Falagán, 2005).

Para facilitar un análisis sonoro más detallado, en los sonómetros modernos es posible conectar o incluir filtros de banda de octava y de tercio de banda de octava. Para medir exposiciones a ruido variable, como las que se producen en ambientes de ruido intermitente o de impulso, es más conveniente utilizar un **sonómetro integrador promediador** que permite medir el LpA de cualquier tipo de ruido. Estos equipos pueden medir simultáneamente los niveles de ruido equivalente, pico y máximo, y calcular, registrar y almacenar varios valores automáticamente (Rejano de la Rosa, 2000).

**El dosímetro** es un sonómetro integrador y se trata de un equipo portátil que integra de forma automática los dos parámetros importantes desde el punto de vista preventivo: el nivel de presión sonora y el tiempo de exposición, obteniéndose directamente lecturas de riesgo expresadas en porcentajes de la dosis máxima permitida legalmente para ocho horas diarias de exposición al riesgo (Falagán, 2005).

Es importante asegurarse de que los instrumentos de medida del ruido estén siempre correctamente calibrados. Para ello hay que comprobar su calibración antes y después de cada uso, por medio de un **calibrador** que se coloca sobre el micrófono del instrumento. Los calibradores son capaces de generar mediante un altavoz una señal sonora uniforme de nivel conocido habitualmente 94 dB y frecuencia fija de 1000 Hz (Falagán, 2005). Además es necesario realizar calibraciones electrónicas a intervalos apropiados o recomendados por el fabricante.

### **1.2.2.1.1 Ponderación de frecuencia "A" y "C"**

La percepción del sonido por el oído humano es un proceso complejo, porque depende del nivel de presión sonora y de la frecuencia del sonido. Dos ruidos pueden tener un nivel de presión sonora similar y presentar una distribución de frecuencias diferentes, siendo tanto más molesto e irritante en las altas frecuencias.

El uso de la ponderación 'A' en el instrumento permite que el medidor responda como el oído humano respecto a la respuesta de frecuencia (el oído humano aumenta o disminuye la amplitud en el espectro de frecuencia). Se emplea para medidas ambientales, cumplimiento de la ley y diseño de los lugares de trabajo, así como el cumplimiento de la normativa legal en cuando a salud y seguridad en el trabajo (MAPFRE, 1991).

La ponderación 'C' se usa para medidas de respuesta plana (menos aumento o disminución de amplitud en el espectro de frecuencia), y es empleada en aplicaciones donde conservar el oído no es factor; por ejemplo, en el diagnóstico de fallas en dispositivos eléctricos y mecánicos (MAPFRE, 1991).

### **1.2.2.1.2 Análisis en bandas de octava**

Para decidir las medidas de atenuación que deben adoptarse ante un problema de ruido, es necesario conocer no sólo el nivel de presión sonora, sino cómo la energía acústica se distribuye en cada uno de los rangos de frecuencia que componen el sonido o ruido problema (Falagán et al., 2000).

El análisis de frecuencias de un sonido complejo permite dividir la gama de frecuencias audibles, que va de 20 a 20.000 Hz en secciones o bandas. Este análisis se realiza mediante un sonómetro que mide los niveles de presión sonora equipado con filtros electrónicos, cada uno de los cuales no deja pasar más que los sonidos cuyas frecuencias están dentro de la banda seleccionada previamente y que rechazan todos los demás sonidos.

Estas bandas tienen un ancho de banda de octava o de tercio de octava. Una octava es una banda de frecuencia en la que, la frecuencia más alta es dos veces la frecuencia más baja. Se denomina frecuencia central de la banda a la media geométrica de las frecuencias extremas, y que se utiliza para denominar la banda. Así la banda con frecuencias extremas de 707 Hz y 1.414 Hz se la denomina banda de octava de 1.000 Hz. (Falagán et al., 2000).

Un tercio de octava cubre una gama en la que la frecuencia más alta es 1,26 la frecuencia más baja (raíz cúbica de dos). En un sonido cualquiera el nivel de presión sonora total es la suma logarítmica de los niveles de las distintas bandas de frecuencia (Harris, 1977).

### 1.2.2.2 Métodos de medida

Existen tres tipos de métodos de medida de ruido: a) el método de control, b) el método de ingeniería y c) el método de precisión (Denisov et al., 1998).

**El método de control** es el que menos tiempo y equipo necesita. Se miden los niveles de ruido de una zona de trabajo con un sonómetro, utilizando un número limitado de puntos de medida. Aunque no se realiza un análisis detallado del ambiente acústico, es preciso observar los factores temporales, como por ejemplo si el ruido es constante o intermitente y cuánto tiempo están expuestos los trabajadores. Suele utilizarse la red de ponderación A, pero si existe un componente predominante de baja frecuencia puede ser apropiado utilizar la red de ponderación C o la respuesta lineal (Denisov et al., 1998).

**El método de ingeniería**, en este método, las mediciones del nivel sonoro con factor de ponderación A o las que utilizan otras redes de ponderación se complementan con mediciones que utilizan filtros de banda de octava o de tercio de banda de octava. Este método es útil para evaluar la interferencia con la comunicación hablada calculando los niveles de interferencia conversacional (Speech Interference Levels, SIL), así como para implantar programas de control técnico del ruido y realizar estimaciones de los efectos auditivos y no auditivos del ruido (Denisov et al., 1998).

**El método de precisión** es necesario en situaciones complejas, en las que se requiere la descripción más minuciosa del problema de ruido. Las mediciones globales del nivel sonoro se complementan con mediciones en banda de octava o de tercio de octava y se registran historiales de intervalos de tiempo apropiados en función de la duración y las fluctuaciones del ruido (Denisov et al., 1998).

### 1.2.2.3 Estrategia de medición de la exposición a ruido

La medición de ruido laboral sirve para la determinación de la exposición al ruido en el ambiente de trabajo y se realiza de acuerdo a los siguientes casos (Tabla 1.1)

a) Medición basada en la tarea: Se analiza el trabajo realizado durante la jornada laboral 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 (García, J., y Luna, P., 2012. NTP 951).

**Tabla 1.1 Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo**

PATRON DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICION		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Basada en la jornada completa
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	SI	–	–
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	SI	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	SI	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	SI
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	–	APLICABLE	SI
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	–	SI	APLICABLE
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	–	SI	APLICABLE

Fuente: García et al., NTP 951, (2012).  
Elaborado por el Autor.

#### 1.2.2.4 Número de Puntos de Mediciones de Ruido y valoración de la exposición a ruido.

Para determinar el número mínimo de puntos en las mediciones de ruido, se consideraran las siguientes situaciones:

- Si están dirigidas a conocer la exposición ocupacional.
- Si están dirigidas a conocer el ruido generado o proveniente de una maquina o equipo para orientar el control.

##### a) El número de puntos a medir para exposición a ruido:

1. Para grupos homogéneos el número de puntos a medir será una muestra estadística con 10% y un límite de confianza del 90% (NIOSH, 1994).

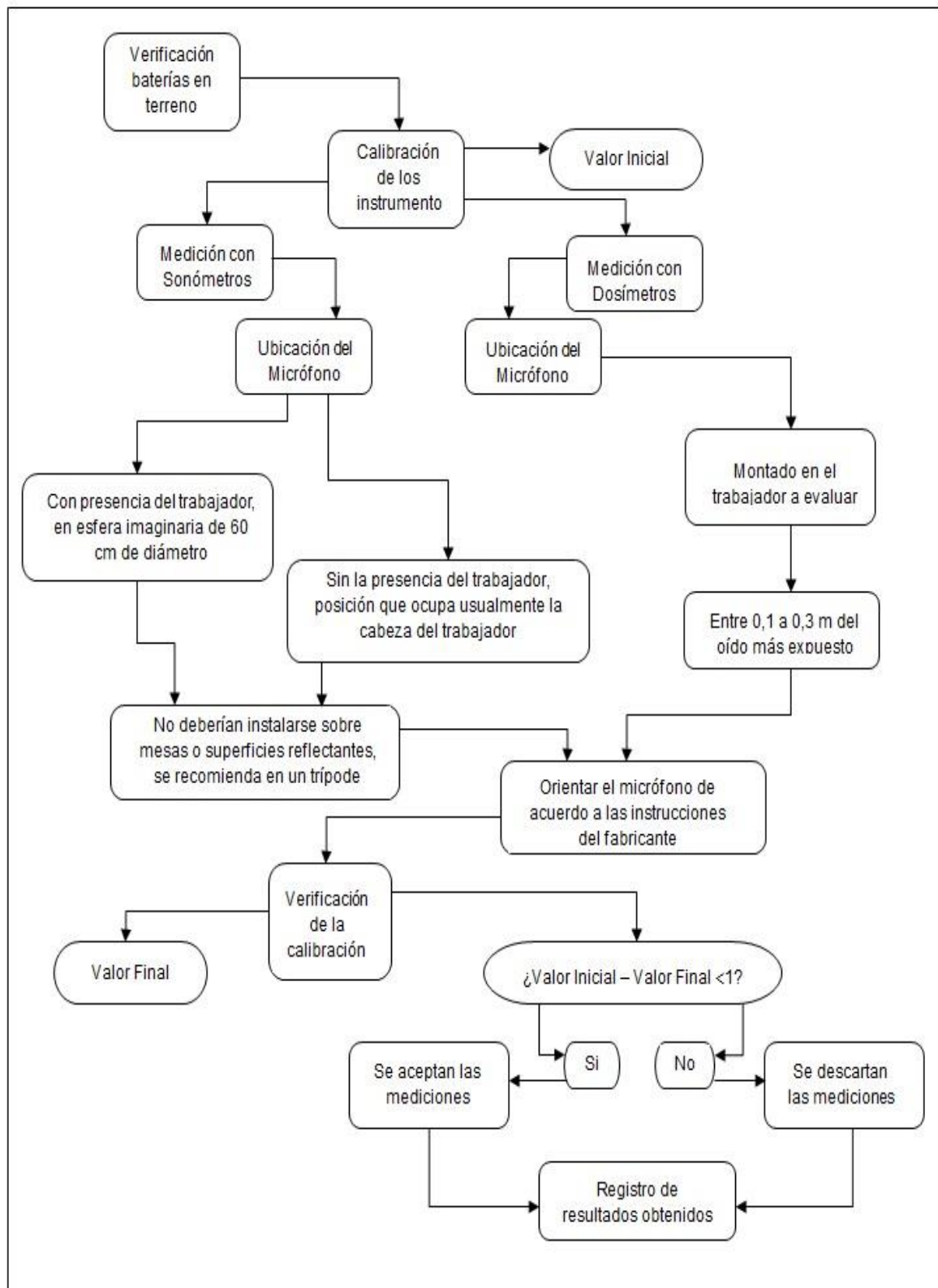
2. Para trabajos simples se harán mediciones a las personas expuestas.
3. Para tareas con niveles de ruido variables, se tomaran dosimetrías que cubran como mínimo el 80% de la jornada en tiempo real.
4. Cuando el ruido sea estable, se realizarán 5 mediciones por punto en la misma jornada y en tiempos diferentes, obteniéndose el nivel equivalente del periodo T directamente de la media aritmética (Falagán, 2005).
5. Si los niveles son iguales o presentan diferencias menores a 0.5 dB(A), estas mediciones se consideraran como aceptables.
6. Si las dos mediciones son diferentes con un nivel menor de 2 dB(A), se deben realizar tres mediciones por punto y obtener el promedio aritmético.
7. Cuando se presentan diferencias mayores a 2 dB(A) se deben realizar dosimetrías personales.

**b) El número de puntos a medir en maquinaria o equipos será el siguiente:**

1. En evaluaciones para la aplicación de métodos de control o la comprobación de existentes, las mediciones se realizarán en sitios cercanos a las fuentes generadoras con lecturas en varios puntos y desplazamiento del micrófono alrededor de la fuente emisora.
2. El número mínimo de puntos fundamentales de las mediciones alrededor de los ejes de la fuente emisora será de cuatro (4), con lecturas por duplicado en cada punto preferiblemente en horario o días diferentes, se podrán medir puntos complementarios distribuidos alrededor de la fuente.
3. El número de mediciones deberá ser mayor cuando las mediciones se realicen en fuentes con emisión de ruido fluctuante y/o cuando en un mismo sitio se encuentren amplias variaciones de los niveles de presión sonora.

#### **1.2.2.5 Procedimiento de medición**

En la Figura 1.1 se puede observar el esquema básico de los procedimientos de medición.



**Figura 1.1 Esquema básico de los procedimientos de medición**

Fuente: Sánchez, 2005.  
Elaborado por la fuente.

### 1.2.3 Evaluación del ruido

Según la OIT (2001, p. 56) “El nivel de ruido y/o la duración de la exposición no deberían exceder los límites establecidos por las autoridades competentes u otras normas internacionales reconocidas. La evaluación debería, según proceda, considerar:

- a) el riesgo de deterioro de la audición;
- b) el grado de interferencia con la comunicación oral esencial para la seguridad;
- c) el riesgo de fatiga nerviosa, tomando debidamente en cuenta la carga de trabajo mental y física y otros riesgos o efectos no vinculados con la audición”.

Las autoridades fijan el Límite de exposición (LE) expresados en dB(A), valores que son aplicables a exposiciones de ocho horas de duración, previéndose una fórmula para calcular los valores correspondientes a otros períodos de exposición, así como, en la mayoría de los casos, también un valor LE techo. Algunas autoridades aplican normas más estrictas en ámbitos determinados (Asfah, 2000).

Según Salazar (n.d. p. 20-23 ) “en cuanto a la evaluación de la exposición a ruido existen cuatro tipos de estudio de ruido y que son:

- Evaluación del riesgo de daño auditivo.
- Evaluación de la interferencia en la comunicación.
- Evaluación de molestia.
- Descripción de la fuente de ruido para propósitos de control.

El primer tipo de estudio relaciona el nivel de ruido con el tiempo de exposición para poder determinar la magnitud del daño, el segundo y tercer tipo tiene relación a cómo reacciona el hombre con el ruido y requiere de la evaluación de respuestas subjetivas, el cuarto tipo sólo requiere de la medición de parámetros físicos”.

#### 1.2.3.1 Evaluación del riesgo de daño auditivo

Para efectuar la evaluación del riesgo de daño auditivo primero es necesario conocer el tipo de ruido y tiempo de exposición para elegir el instrumental adecuado para su medición (Salazar n.d.).

##### 1.2.3.1.1 Dosis diaria

El criterio a utilizar en las evaluaciones del riesgo de daño auditivo es el de la dosis de ruido diaria (D), la cual no debe ser mayor de 1. La "D" se puede calcular a partir de mediciones efectuadas con el sonómetro u obtenerlas en forma directa a través del dosímetro.

En el caso de exposición intermitente a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinado de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de 85 dB. Para tal efecto la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1 (Ecuador. Decreto 2393, 1986):



$$D = (Te_1/T_1 + Te_2/T_2 + \dots + Te_n/T_n)$$

Donde:

Te = tiempo total de exposición a un determinado NPS, en horas.

Tp = tiempo total permitido a ese NPS, en horas

Existe riesgo de sordera profesional para el trabajador si la "**Dosis**" es superior a 1.

Los tiempos permitidos de exposición (Tp) se pueden calcular a partir de:

$$T_p = 16 / 2^{(N-80/5)}$$

Donde:

Tp = Tiempo permitido de exposición a un determinado Lp, en horas.

16 = Tiempo de descanso (24-8=16)

N = Lp al que se le desea calcular el Tp.

80 = Lp umbral

5 = Tasa de cambio o factor q.

**Dosis menor a 0.5.** Riesgo Bajo. El trabajador no se encuentra sobre-expuesto a ruido.

**Dosis entre 0.5 y 1.** Riesgo Moderado, nivel de acción. Aplicar un seguimiento permanente y los correctivos correspondientes.

**Dosis entre 1 y 2.** Riesgo alto, nivel de control. El trabajador se encuentra sobre-expuesto a ruido.

**Dosis mayor a 2.** Riesgo crítico, nivel de control. Imposible trabajar sin control adecuado.

En ningún caso se permitirá sobrepasar el nivel de 115 dB (A) cualquiera que sea el tipo de trabajo (Ecuador. Decreto 2393, 1986).

### 1.2.3.2 Evaluación de la interferencia en la comunicación

Al ruido se le puede definir como un elemento perturbador que acompaña a toda señal. El objetivo de la señal es transmitir un mensaje y el efecto del ruido, su enmascaramiento que depende tanto de la relación señal ruido, como del contenido espectral de ambos. Por ejemplo, es sabido que los sonidos graves tienen un efecto enmascarado mayor que los sonidos agudos.

La palabra como señal es un elemento fundamental que enmascarada por ruidos de banda amplia admite relaciones de señal-ruido de hasta 10 dB, antes de perder totalmente la inteligibilidad del mensaje. Las condiciones óptimas de comprensión requieren un mínimo de relación señal-mensaje de + 10 dB.

En cuanto a los criterios de aceptabilidad para comunicación se utiliza el nivel de interferencia con la palabra (SIL). Este nivel es la media aritmética de los niveles de las bandas de octava, de un ruido de banda ancha, centradas en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz (Salazar, n.d.).

### **1.2.3.3 Evaluación de molestia**

El ruido, aún a niveles relativamente moderados (40 a 60 dB(A)), puede interferir en múltiples actividades del hombre. Se ha dado en llamar genéricamente molestia a estas interferencias, utilizando un término con fuertes connotaciones psicológicas y emocionales, las cuales unidas a la gran variabilidad individual de reacción ante el ruido, dificultan la cuantificación adecuada de este parámetro, lo que limita las posibilidades de correlacionar las reacciones subjetivas con mediciones físicas de niveles sonoros e índices estadísticos (Salazar, n.d.).

### **1.2.3.4 Descripción de la fuente de ruido para propósitos de control**

Un análisis del nivel de presión sonora ( $L_p$ ) en un solo punto generalmente dará información suficiente para evaluar los efectos del ruido en los trabajadores situados en esa ubicación mientras que para propósitos ingenieriles se requieren especificaciones más completas de la exposición al ruido. El estudio ingenieril, proporciona las bases para decidir sobre los métodos de control de ruido aconsejables y para evaluar su efectividad cuando se aplica a cualquier fuente de ruido en particular (Salazar, n.d.).

### **1.2.3.5 Límites de exposición para ruido en el trabajo**

Entre los países de la Unión Europea se evidencia una tendencia muy acentuada a la normalización de la cuestión del ruido. Este proceso incluye la elaboración de normas relativas a las emisiones de ruido de productos y a la exposición al ruido.

Los países en desarrollo parecen encontrarse en vías de adoptar y revisar normas en materia de ruido. Estas normas tienden al conservacionismo, ya que apuntan a un límite de exposición permisible de 85 dBA, y a un factor de acumulación (relación de interdependencia tiempo/intensidad) de 5 dB. Otros límites podemos encontrar en las normas ISO específicas para cada caso y aplicación (Suter, 1998).

#### **1.2.3.5.1 Límites Internacionales permisibles a ruido**

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration (OSHA)) ha establecido un Límite de Exposición Permisible (LEP) y un Nivel de Acción (NA), el más conocido es el LEP, de 90 dBA para un Promedio Ponderado de Tiempo (PPT) de 8 horas, posteriormente se fijó el NA en 85 dBA para un PPT de 8 horas. Se sabe que los trabajadores toleran sin daño periodos cortos con ruidos mayores al PPT de ocho horas, así que la OSHA

especifica un intervalo de niveles de exposición en decibeles para diversos tiempos de exposición (Asfahl, 2000).

Anualmente la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) publica una lista de TLV (Threshold Limits Values); en 1.969 contempló por primera vez los estándares (TLV) correspondientes al ruido. Posteriormente, en 1.975, la ACGIH ha modificado el TLV a partir de un estudio realizado por el NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) sustituyendo la expresión del tiempo máximo de exposición por la siguiente:

$$T = \frac{16}{2^{\frac{(L-80)}{5}}}$$

De donde puede extraerse la siguiente tabla:

**Tabla 1.2 Valores de Nivel sonoro y tiempo de exposición para ruido**

Duración por día (horas)	Nivel sonoro dB(A)
16	80
8	85
4	90
2	95
1	100
1/2	105
1/4	110
1/8	115

Fuente: Asfahl, 2000.  
Elaborado por el autor.

#### 1.2.3.5.2 Límites en el Ecuador permisibles a ruido

En el Ecuador según el Decreto 2393 del 1986, se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo.

Los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido. Para el caso de ruidos continuos, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, estarán relacionados con el tiempo de exposición según muestra la Tabla 1.3

**Tabla 1.3 Límite de Nivel Sonoro – Tiempo de Exposición.**

Nivel sonoro /dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
105	0.5
110	0.25
115	0.125
120	0.0625

Fuente: Ecuador. Decreto 2393, 1986.  
Elaborado por el autor.

Para el ruido de Impacto los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho período de acuerdo a lo presentado en la Tabla 1.4

**Tabla 1.4 Número de Impulsos por Jornada de Trabajo.**

Número de impulsos o impactos por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima dB
100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

Fuente: Ecuador. Decreto 2393, 1986.  
Elaborado por el autor.

Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audio métrico (Ecuador. Decreto 2393, 1986).

#### 1.2.4 Control del ruido

Idealmente, el medio más eficaz de control del ruido es evitar desde el principio que la fuente de ruido entre en la empresa, implantando un programa eficaz de “adquisición de productos sin ruido” para introducir en el lugar de trabajo bienes diseñados para producir un bajo nivel de ruido. Para llevar a cabo un programa de este tipo, es preciso elaborar unas normas claras y bien redactadas que limiten las características de emisión de ruido de los nuevos equipos, instalaciones y procesos. Un buen programa también incluye la vigilancia y el mantenimiento (Driscoll, 1998).

Una vez instalados los equipos e identificado el exceso de ruido por mediciones del nivel sonoro, el problema del control del ruido presenta matices más complejos. Sin embargo, existen soluciones técnicas que pueden aplicarse a los equipos existentes. Además, suele haber más de una opción de control del ruido para cada problema. Por consiguiente, para el responsable del programa de

control es importante determinar los medios de reducción del ruido más viables y económicos en cada situación concreta (Driscoll, 1998).

En cuanto a la prevención y control según la OIT (2001) debemos mencionar lo siguiente:

En procesos y equipos nuevos, si es factible, se debería:

a) especificar para la compra de procesos y equipo la condición de que generen poco ruido, además de otras especificaciones relativas a la producción;

b) organizar el lugar de trabajo de manera de reducir al mínimo la exposición de los trabajadores al ruido, mediante:

- i) la colocación de las máquinas más ruidosas en un mismo sitio, alejado de las zonas más silenciosas;
- ii) la reducción a un mínimo de la intervención humana en las zonas ruidosas.

En procesos y equipos existentes, se debería considerar en primer lugar si los procesos ruidosos son realmente necesarios o si se podrían llevar a cabo de otra forma evitando generar ruido. No obstante, antes de sustituir un proceso ruidoso por otro que no lo sea, se deberían considerar los riesgos inherentes a este último. Cuando no sea practicable eliminar por completo los procesos que generan ruido, se debería considerar la posibilidad de sustituir las partes ruidosas por otras más silenciosas (OIT, 2001).

Una vez identificadas las causas o fuentes del ruido, la primera medida de control del ruido debería consistir en intentar controlarlo en la fuente, como sigue (OIT, 2001):

a) si se trata de un ruido generado por impactos: eliminar el impacto, reducir su velocidad, utilizar materiales plásticos en lugar de materiales metálicos, o bien amortiguar el ruido recubriendo una de las superficies o ambas;

b) si se trata de un ruido ocasionado por piezas en movimiento: mantener el equilibrio dinámico de las piezas que giran, calibrar los huelgos de manera que las piezas se deslicen sin vibrar, y procurar que efectúen movimientos rotatorios en lugar de movimientos de avance y retroceso;

c) si se trata de un ruido originado por el flujo de fluidos: reducir la velocidad ampliando el conducto y reducir la turbulencia eliminando obstrucciones, evitar los chorros de aire innecesarios y colocar silenciadores en los escapes;

d) asegurar periódicamente el mantenimiento y las reparaciones necesarias, por ejemplo, reparar los cojinetes defectuosos, los dientes de engranaje rotos y las herramientas cortantes sin filo, y ocuparse del mantenimiento de las correas y ventiladores, así como de otras piezas móviles;

e) reducir al mínimo, si fuera posible, el tiempo durante el cual el equipo ruidoso está en funcionamiento.

Si las medidas para prevenir y controlar el ruido en la fuente no permiten reducir lo suficiente la exposición al mismo, se debería considerar como siguiente medida la de encerrar la fuente en un recinto insonoro. Al diseñar dichos recintos, se deberían tomar en cuenta diversos factores para que resulten satisfactorios tanto desde el punto de vista acústico como desde el punto de vista productivo (OIT, 2001)

Si no es practicable aislar la fuente del ruido, se debería considerar la alternativa de intervenir en la etapa de la transmisión del sonido, utilizando para ello una pantalla acústica con el fin de aislar o proteger al trabajador contra los riesgos provocados por la transmisión directa del sonido. La eficacia de una barrera acústica depende de su ubicación con respecto a la fuente del ruido o a los trabajadores que deben protegerse, así como de sus dimensiones totales. Las barreras acústicas deberían ser diseñadas y fabricadas de acuerdo con las exigencias y necesidades indicadas por el usuario, con arreglo a las normas sobre instalaciones y equipos internacionalmente reconocidas (OIT, 2001).

Si las medidas adoptadas para reducir el ruido en la fuente o impedir su propagación no bastan para reducir suficientemente la exposición de los trabajadores, las opciones que quedan para reducir la exposición deberían ser las siguientes:

a) modificar el espacio o la zona de trabajo: esto resulta práctico cuando se trata de actividades donde los desplazamientos de los trabajadores se limitan a una zona relativamente pequeña y es posible instalar una cabina o un resguardo insonorizados;

b) aplicar medidas organizacionales apropiadas para reducir al mínimo el tiempo que pasen los trabajadores en el medio ambiente ruidoso.

Cuando la combinación de todas las demás medidas practicable no logre reducir lo suficiente la exposición, los empleadores deberían proporcionar medios de protección auditiva y supervisar su correcta utilización por parte de los trabajadores y otras personas expuestos al ruido. Esos medios deberían:

- Seleccionarse de acuerdo con la reducción del nivel de ruido necesaria;
- Ser cómodos y prácticos en función del medio ambiente de trabajo donde van a utilizarse;
- Tener en cuenta las necesidades auditivas individuales (capacidad para oír las señales de advertencia, las comunicaciones orales, etc.);
- Utilizarse, conservarse y guardarse de manera adecuada, de conformidad con las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante (OIT, 2001).

### 1.2.5 Vigilancia en el trabajo

En el Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido del Ministerio de Salud de Chile del 2011, en cuanto a la vigilancia en un ambiente con ruido dice:

“La vigilancia en un ambiente de trabajo ruidoso, se debe fundar explícitamente en la prevención del daño auditivo, incluyendo para tal fin el monitoreo ambiental del lugar de trabajo en particular, junto con un monitoreo de la salud auditiva de los trabajadores de manera de implementar medidas preventivas y correctivas a partir de sus resultados.

El programa de vigilancia deberá estar a cargo de un equipo multidisciplinario de las áreas de salud ocupacional, prevención de riesgos e higiene industrial. Este equipo deberá definir, de acuerdo a las necesidades propias de cada empresa, la frecuencia de las audiometrías, la sensibilidad y especificidad de los métodos utilizados para la evaluación y monitoreo de las actividades de prevención incorporadas y las medidas de control de ruido adecuadas para el ambiente de trabajo en particular, antecedentes que analizados en conjunto y desde un enfoque de equipo, deberán permitir identificar a los trabajadores con exposición ocupacional a ruido que deben ser objeto de vigilancia de la salud auditiva durante el tiempo que dure la exposición, a niveles iguales o superiores al Criterio de Acción (D 50%), todo ello con la finalidad de prevenir la sordera laboral.

Por otra parte, los empleadores deben contar con un programa de vigilancia para trabajadores expuestos a ruido, con la finalidad de gestionar de manera adecuada la exposición en los lugares de trabajo. Para ello deben contar con el apoyo de un equipo multidisciplinario de los profesionales indicados Ingenieros y Médicos.

El programa debe contar con por lo menos:

- a. Objetivos.
- b. Funciones y responsabilidades. Gerencia, supervisión o jefaturas intermedias, operaciones, contratistas y/o subcontratistas.
- c. Vigilancia Ambiental con sus respectivas evaluaciones ambientales detallando:

Características generales del lugar de trabajo.

- Diseñar una matriz y mapa de riesgo cualitativo y cuantitativo.
- Ubicación y área de influencia de las fuentes de ruido.
- Principales fuentes generadoras de ruido que influye en el puesto de trabajo evaluado.
- Actividad o tarea que se realiza en el puesto de trabajo.
- Número de trabajadores que realiza una tarea determinada.
- Tiempo asociado a cada tarea para cada trabajador.
- Presencia de Ciclos de Trabajo.
- Existencia de Grupos similares de exposición.

Se debe identificar en forma clara los trabajadores expuestos, puestos de trabajo y tareas en riesgo. Se debe actualizar esta información al menos cada 6 meses.

d. Implementación de medidas de control:

- Ingenieriles.
- Administrativas.
- Elementos de protección auditiva.

e. Trabajadores en vigilancia de la salud detallando:

- Tarea y puestos de trabajo.
- Dosis de ruido.
- Evaluaciones auditivas y sus periodicidades: Audiometría de base, seguimiento, confirmación y egreso, según corresponda.

f. Capacitaciones anuales que deben contener a lo menos:

- Aspectos normativos.
- Generalidades del agente ruido.
- Medidas de control y su eficacia: Ingenieriles, administrativas y protección personal.
- Efectos en la Salud producto de la exposición.

g. Revisiones del programa una vez al año a lo menos”.

#### **1.2.5.1 Vigilancia ambiental**

El objetivo de la Vigilancia ambiental de la exposición ocupacional a ruido es evaluar la exposición a ruido a la que están expuestos los trabajadores en sus lugares de trabajo, con el objetivo de adoptar oportuna y eficazmente medidas de prevención y/o protección según corresponda. Además, establecer criterios preventivos para la periodicidad de las evaluaciones ambientales (Chile, 2011).

La vigilancia ambiental comienza con un estudio de higiene industrial del medio ambiente de trabajo para identificar posibles riesgos y fuentes contaminantes y establecer la necesidad de realizar mediciones (Chile, 2011).

En el caso de los agentes físicos, puede incluir mediciones del ruido, la temperatura y la radiación. Cuando está indicado realizar mediciones, el higienista industrial debe desarrollar una estrategia de muestreo que especifique los trabajadores, procesos, equipos y zonas de los que deben tomarse muestras, el número de muestras, la duración y frecuencia del muestreo y el método del mismo (Ferrari, 1998).



### 1.2.5.2 Vigilancia de la salud por exposición a ruido

Según la OIT, 2001, se requiere la vigilancia adecuada de la salud para todos los trabajadores cuya exposición al ruido alcance determinado nivel fijado por la legislación y/o la reglamentación nacional, o por normas internacionales reconocidas.

La vigilancia de la salud de los trabajadores en este caso comprende:

a) un reconocimiento médico previo a la contratación o a la asignación de nuevas tareas, para: determinar cualquier contraindicación a la exposición al ruido; detectar cualquier sensibilidad anormal al ruido o las vibraciones; establecer un registro como base para la futura vigilancia médica.

b) reconocimientos médicos periódicos cuya frecuencia se determinará en función de la magnitud de los riesgos de exposición y cuya finalidad será: detectar los primeros síntomas de cualquier enfermedad profesional; detectar la aparición de cualquier sensibilidad anormal al ruido o manifestaciones de estrés ocasionado por el trabajo en condiciones ruidosas.

c) reconocimientos médicos después de una enfermedad prolongada o por condiciones según puede especificarlo la legislación nacional o las normas internacionales reconocidas;

d) reconocimientos médicos al término de la relación de trabajo para proporcionar un cuadro general de los efectos finales que haya podido tener la exposición al ruido;

e) reconocimientos médicos especiales y complementarios cuando se encuentre una anomalía que requiera mayor investigación.

Los resultados de los reconocimientos médicos y de los exámenes complementarios, como el examen audiométrico a que se haya sometido cada trabajador, deberían registrarse en un archivo médico de carácter confidencial. Los trabajadores deben ser informados de esos resultados y de la significación de los mismos (OIT, 2001).

## 1.3 Marco Conceptual

**Audiometría:** Es una prueba que permite medir la audición, para determinar la capacidad auditiva del paciente, indicando también posibles causantes de la pérdida auditiva en los casos en los que se detecte (Falagán et al., 2000).

**Bandas de Octava:** Son las divisiones del espectro sonoro convenidas internacionalmente, se trata de frecuencias limitadas por una relación de dos (Falagán et al., 2000).

**Decibel (dB):** Unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es

utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora (Falagán et al., 2000).

**Dosímetro:** Son sonómetros integradores en miniatura que el trabajador usa para medir el ruido en forma continua y se lee el porcentaje de la exposición permitida máxima tras monitoreo de 8 horas; cuando se pueden obtener datos representativos en menor tiempo la lectura se puede referir a una exposición equivalente de 8 horas (Salazar, n.d.).

**Factor Físico** o agente físico: son manifestaciones energéticas cuya presencia en el ambiente de trabajo puede originar riesgo laboral (Falagán et al., 2000)

**Frecuencia sonora.** Se define como el número de oscilaciones completas de las ondas sonoras por segundo y se expresa en Hertzio, (Hz), o vibraciones por segundos o ciclos por segundo (cps) (CIAS, n.d.).

**Nivel de Presión Sonora (Lp):** Se expresa en decibeles (dB) y se define como veinte veces el logaritmo en base 10 de la relación entre la presión instantánea y la presión de referencia (INSHT, 2006).

**Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente ( $L_{eq}$ ):** Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido (Gil et al., 2006).

**Presión sonora:** Se define como la variación de la presión atmosférica en un punto como consecuencia de la propagación a través del aire de una onda sonora, la unidad de la presión, es  $N/m^2$  o Pascal. El margen de presión sonora de oír una persona joven y normal oscila entre  $20 N/m^2$  y  $2 \times 10^{-5} N/m^2$  (umbral auditivo) (Falagán et al., 2000).

**Riesgo:** Probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso cause enfermedad o lesión (OIT, 2001).

**Ruido:** Sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas. Se le considera como una mezcla desordenada de tonos en muchas frecuencias (CIAS, n.d.)

**Sonómetro:** es un instrumento electrónico capaz de medir el nivel de presión sonora expresado en decibelios, independientemente de su efecto fisiológico (Falagán et al., 2000).

**Sonómetro integrador promediador:** permite medir el LpA de cualquier tipo de ruido. Estos equipos pueden medir simultáneamente los niveles de ruido equivalente, pico y máximo, y calcular, registrar y almacenar varios valores automáticamente (Rejano de la Rosa, 2000).

## 1.4 Normativa legal aplicable

Esta investigación tiene su base legal en:

- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393), 1986. Art. 55. Ruidos y vibraciones.
- Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes móviles, y para vibraciones - Ministerio del Ambiente del Ecuador, Texto Unificado de Legislación Secundaria. Libro VI, Anexo 5.
- Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT. Factores ambientales en el lugar de trabajo, 2001. 9. Ruido.

## 1.5 Justificación de la Investigación

Entre las principales justificaciones de esta investigación se pueden mencionar las siguientes:

La preocupación sobre la exposición de los trabajadores ante los diferentes factores de riesgo, manifestada por las instituciones nacionales como el Ministerio de Relaciones Laborales del Ecuador y el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), quienes han hecho hincapié en estos últimos años, en la necesidad de reducir los riesgos laborales

La existencia de ruido en el ambiente laboral hace que el tema de investigación sea totalmente vigente y necesario, a nivel nacional.

La realización de una primera aproximación a la problemática del ruido laboral en el servicio de control geológico, y sus conclusiones preliminares que sirvieron para identificar aquellos puestos de trabajo con mayores niveles de exposición al ruido, evidenciando la necesidad de tener un programa de vigilancia en el trabajo.

Ser un referente en cuanto a la metodología, equipamiento y tratamiento de datos que se deben aplicar para conocer la exposición a ruido en la prestación de los servicios en la perforación de un pozo petrolero.

La aplicación de un procedimiento de cálculo de la exposición sonora a la que se encuentran expuestos los trabajadores teniendo en cuenta la incertidumbre para compararlos con los valores límite de exposición de la normativa legal vigente.

Esta investigación puede resultar provechosa para la realidad Ecuatoriana, ya que según el decreto Ejecutivo 2393 (1986), lo tratado en este son disposiciones mínimas, que cada empresa puede y debe ampliar.

Los costos económicos y laborales que los efectos de la exposición a ruido provocan, hacen que cualquier esfuerzo en incrementar los conocimientos sobre este tema sea insuficiente.

Este trabajo constituye un aporte al sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional que PLS está implementando y particularmente para iniciar la gestión del riesgo por ruido.

## CAPÍTULO II

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 Hipótesis

##### 2.1.1 Hipótesis General

1. ¿El ruido presente en las cabinas de PLS determina un riesgo laboral aceptable para los trabajadores del servicio de Control Geológico?

##### 2.1.2 Hipótesis Específicas

1. ¿El nivel y tipo de ruido presente en las cabinas de Control Geológico de PLS es variado, tanto interna como externamente?
2. ¿La exposición de los trabajadores al ruido, en las cabinas de Control Geológico de PLS superan los límites máximos permisibles de la normativa aplicable?
3. ¿Los controles existentes en cuanto al ruido mejoran la calidad del ambiente laboral en las cabinas de Control Geológico de PLS?
4. ¿La vigilancia ambiental y de salud de los trabajadores expuestos al ruido en el servicio de Control Geológico de PLS es adecuada?

#### 2.2 Variables

Las variables consideradas en este estudio son:

**Ruido Laboral:** es un caso particular de sonido en un centro de trabajo, generado por la operación de equipos, maquinarias y/o actividad del personal, cuyo elevado nivel y tipo, puede constituir un factor de riesgo para la salud de los trabajadores (OIT, 2001).

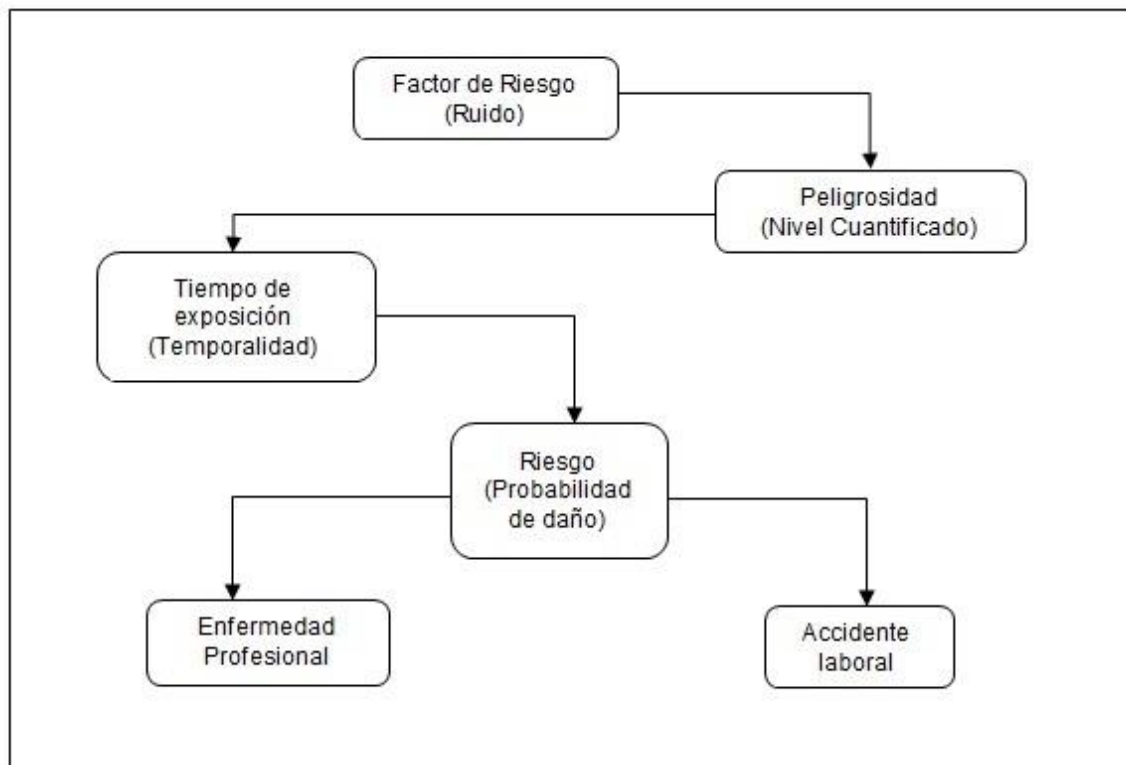
**Riesgo Laboral:** Probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso (ruido) en el trabajo cause enfermedad o lesión (Instituto Laboral Andino, 2005).

##### 2.2.1 Conceptualización

El ruido laboral en las cabinas de Control Geológico como factor de riesgo físico al ser caracterizado permite determinar los niveles de presión sonora, las áreas de mayor ruido, el tipo y duración, en donde se desenvuelve el personal de PLS (Figura 2.1).

La percepción individual de los trabajadores en cuanto a la existencia de ruido, el nivel equivalente de exposición diario, la dosis y la susceptibilidad del trabajador con la condición auditiva individual, permitieron tener una idea clara y objetiva del riesgo laboral por ruido en las cabinas de PLS, para identificar los controles

existentes, y determinar si la vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores en el Servicio de Control Geológico de PLS es la adecuada.



**Figura 2.1 Diagrama de flujo. Factor de riesgo – Ruido.**

Fuente: Sánchez, 2005.  
Elaborado por el autor.

## 2.3 Objetivos

### 2.3.1 Objetivo General

1. Caracterizar el nivel de riesgo por ruido en las cabinas de Control Geológico de PLS.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

1. Medir el nivel e identificar el tipo de ruido tanto interna como externamente en las cabinas de PLS, durante la prestación del servicio.
2. Cuantificar el nivel y duración de la exposición a ruido de los trabajadores de campo de PLS y compararla con los límites máximos de exposición establecidos por la normativa ecuatoriana vigente.
3. Valorar la necesidad de implementar controles del ruido en las cabinas de control Geológico de PLS.
4. Determinar la vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores por la exposición a ruido en las cabinas de Control Geológico de PLS.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOS Y TÉCNICAS APLICADAS**

#### **3.1 Diseño de la Investigación**

Para poder responder al problema planteado se aplicó una investigación descriptiva cuantitativa de diseño transversal, para determinar la situación actual y lo más exacta del ruido laboral y de la exposición de los trabajadores a este factor físico de riesgo en las cabinas de Control Geológico.

Adicionalmente la investigación explicativa cuantitativa permitió conocer la relación entre el ruido laboral y la exposición de los trabajadores en las Cabinas de PLS, y poder establecer conclusiones del riesgo por ruido en el servicio de Control Geológico.

La investigación fue de campo, por cuanto los datos se recolectaron directamente de las cabinas de Control Geológico y de los puestos de trabajo del personal de PLS en los taladros de perforación, sin manipular o controlar las variables (UTE, 2011).

#### **3.2 Tipo de Investigación**

La investigación al ser de tipo cuantitativo, tanto la medición del nivel de presión sonora como la exposición al ruido en las cabinas de PLS, presentaron factores que podrían afectar la validez interna del estudio y pueden ser fuente de variabilidad, entre los que estuvieron:

- Problemas relacionados con el uso de la instrumentación. Al emplear el sonómetro o dosímetro, cualquier cambio en la calibración o funcionamiento normal tiene un impacto obvio en el valor de la medida, por lo que se verificó la calibración de los instrumentos antes y después de realizadas las mediciones.
- La persona que recogió los datos pudo ser una fuente de variabilidad, puesto que de una manera consciente o inconsciente, pudo modificar algún aspecto de la recogida o análisis de los datos de modo que pueda influir en la medición. Un control en este caso fue el uso apropiado de los instrumentos y programas en la toma de las mediciones tanto del nivel de presión sonora cuanto de la dosis de ruido. .

Se incluyen algunos factores especiales en el estudio que puede limitar la generalidad o validez externa, estos son los controles de la validez interna en: la instrumentación empleada y su calibración; la posición del micrófono; las variaciones en el trabajo diario; en las condiciones operativas; en el número y tiempo de las mediciones; falsas contribuciones, tales como el viento, corrientes de aire o impactos en el micrófono, fuentes de ruido atípicas tales como conversaciones, música y alarmas.

### **3.3 Métodos de la Investigación**

De acuerdo al diseño de investigación que se utilizó, se seleccionó los métodos empíricos: de la medición y la encuesta.

La medición del ruido laboral y de la exposición, con ciertos criterios y reglas específicas permitió establecer la relación que existe entre el ruido en las cabinas de Control Geológico de PLS y el riesgo laboral, de esta manera se cuantificó el ruido que se investigó.

Por otro lado, se usó la encuesta, para hacer mediciones de la percepción individual del ruido en las cabinas de Control Geológico de PLS, a través del planteamiento de una serie de preguntas, que respondan a diagnosticar la situación del ruido laboral presente en el ambiente de trabajo del servicio de Control Geológico en PLS.

Dentro de los métodos teóricos se consideró el análisis por cuanto permitió analizar cada una de las mediciones y así definir cuál o cuáles partes son importantes para esta investigación.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

La población de referencia fueron los 60 trabajadores de campo del Servicio de Control Geológico de PLS en las 8 cabinas.

Las mediciones se realizaron entre junio y julio del 2013, en las cabinas ubicadas en el Oriente Ecuatoriano, una cerca de Tarapoa en el Taladro Hilong 07, dos cerca de Shushufindi en los taladros H&P 176 y PDVSA 80, dos en Sacha en los taladros CCDC 28 y CPV 16, una cerca de Cuyabeno en el taladro CCDC 39, una cerca de Dayuma en el taladro Sinopec 156 y una cerca de Lago Agrío en el taladro PDVSA 81, con la colaboración de los trabajadores de campo de PLS, 40 de turno y 20 de descanso.

#### **3.4.2 Muestra**

No se realizó ningún muestreo, por cuanto la totalidad de trabajadores de campo en las Cabinas de PLS se consideraron para la investigación.

### **3.5 Operacionalización de Variables**

La función básica de este proceso fue precisar al máximo el significado que se otorgó al ruido laboral y al riesgo laboral en este estudio. En la Tabla 3.1 se representa las variables conceptuales, las variables reales, los indicadores y los ítems considerados en esta investigación.

**Tabla 3.1 Matriz de Operacionalización de Variables**

VARIABLE CONCEPTUAL	VARIABLE REAL DIMENSIONES	VARIABLE OPERACIONAL INDICADORES	ITEMS
Ruido Laboral	Factor Físico	Nivel de presión sonora	Nivel de presión sonora equivalente con ponderación A. Nivel de presión sonora máximo y mínimo en lento y con ponderación A.
		Frecuencia	Rango de frecuencias. Bandas de Octava. Ponderación A.
Riesgo Laboral	Exposición	Percepción individual	Molestias, interferencia en la comunicación, dolor.
		Dosis	Tiempo de exposición y tiempo permisible.
		Duración de la exposición	Nivel de exposición diaria global.
		Distribución diaria	Duración de las tareas con ruido
		Condición auditiva individual	Estado auditivo

Fuente: UTE, 2011.  
Elaborado por el autor.

### 3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para obtener información de la investigación se utilizó la técnica instrumental con el sonómetro y los dosímetros que permitieron recoger y almacenar los datos. Además se utilizó la encuesta con una serie de preguntas, distribuida a todo el personal de PLS, en la tabla 3.2 se muestra la matriz de técnicas e instrumentos.

**Tabla 3.2 Matriz de Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Técnicas	Instrumento de Recolección de datos	Instrumento de Registro
Instrumental	Sonómetro, Dosímetro.	Ordenador, Registros. Reportes.
Encuesta	Cuestionario	Ordenador, Papel y lápiz (Formato).

Fuente: UTE, 2011.  
Elaborado por el autor.



### **3.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Una vez realizadas las mediciones se ordenó la información en tablas de resultados por cabina, función, puesto de trabajo y tareas de una jornada completa de trabajo. Se utilizó técnicas de estadística descriptiva como el cálculo de la media y la desviación estándar para los datos obtenidos. Para el recuento y clasificación de la información se utilizó gráficos y cuadros, todo esto con la ayuda del Excel.

En lo referente al análisis, se utilizó la técnica lógica de síntesis ya que debido a la abundancia de información fue necesario sintetizar lo más importante y relevante.

La representación estructurada, en forma gráfica o tabulada, de toda la información que se obtuvo de las mediciones, y de la encuesta fueron de gran utilidad para el análisis y evaluación del ruido en las cabinas de Control Geológico de PLS.

### **3.8 Confiabilidad y Validez de Instrumentos**

#### **3.8.1 Confiabilidad**

La investigación al ser de tipo cuantitativo, tanto la medición del nivel de presión sonora, el nivel de presión sonora equivalente y de la dosis, para tener una lectura confiable se verificó la calibración de los instrumentos antes de cada medición.

Para el caso de la encuesta, se aplicó la encuesta al cien por ciento de los trabajadores.

#### **3.8.2 Validez**

La validez en los datos que se obtuvieron está sustentada por la metodología que García et al., (2012, NTP 951) describe, y se consideró aspectos propios de las tareas de cada trabajador, para establecer el número de medidas y el tiempo para cada una de ellas, además de la calibración del instrumento antes de cada medida.

Para la validez de la encuesta se contó con el apoyo del Director de Tesis quien revisó el cuestionario.

### **3.9 Método operativo**

Para las mediciones del ruido se siguió los siguientes pasos en orden secuencial y que permitieron obtener los datos:

1. Se recopiló con antelación la mayor información posible del servicio de control geológico y de la presencia de ruido en un taladro de perforación.

2. Se solicitó la colaboración de los Jefes de Cabina, Geólogos y Ayudantes en cada cabina, y se les explico el objetivo de las mediciones.
3. Se adquirió dos dosímetros y su calibrador, además se rentó un sonómetro integrador promediador con bandas de octava con su respectivo calibrador.
4. En cada medición se comprobó los instrumentos de medida al inicio y al final, con su respectivo calibrador.
5. Durante la medida se utilizó en las áreas externas una pantalla antiviento protectora de golpes, dirigiendo el Sonómetro en el sentido apropiado.
6. Para las mediciones con el sonómetro en su mayoría se hizo sin la presencia del trabajador, ubicando el micrófono del equipo en la posición que ocupa usualmente la cabeza del trabajador (sentado o de pie, según corresponda), manteniendo siempre el micrófono a la altura y orientación a la que se encuentra el oído más expuesto del mismo.
7. En los casos donde no fue posible efectuar la medición sin el trabajador, el micrófono del instrumento se instaló en una esfera imaginaria de 60 cm de diámetro, que rodea la cabeza del trabajador (OSHA, 1995).
8. El dosímetro personal, se instaló en el trabajador seleccionado, ubicando el micrófono aproximadamente a 0.1 m de la entrada del oído más expuesto a ruido, pero no a más de 0.3 m, en la solapa de su ropa de trabajo, sin entorpecer el desarrollo normal del trabajo.
9. Una vez colocado el instrumento de medición se hizo correr el equipo por un lapso de 4 horas continuas y se recuperó los datos con la ayuda de un computador, de las diferentes medidas con sus parámetros como la hora de inicio, la hora de fin, la fecha, la Dosis (%), y el nivel de sonido promedio proyectado en ocho horas (TWA), adicionalmente se anotó la cabina, el nombre del trabajador, y la compañía. Las mediciones se realizaron en la escala de ponderación A y de respuesta lento.
10. El tiempo de medición y el número de medidas se detallan en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Número de mediciones y tiempo de medición en las áreas de trabajo del personal de PLS.**

FUNCION	AREA	ACTIVIDAD – TAREAS	MEDIDAS (n)	Diferencia < 3 dB (A) (minutos)	Diferencia > o igual a 3 dB (A) (minutos)
JEFES DE CABINA (JC) GEOLOGOS (G)	Interior	Tareas de monitoreo de parámetros de perforación (JC) y elaboración del registro geológico (G)	3	3	5
AYUDANTES (A)	Interior	Almacenado de muestras.	3	(*) Cada muestra	5
	Secado	Secado y marcado de muestras.	3	(*) Cada muestra	5
	Lavado	Lavado de muestras.	3	(*) Cada muestra	5
	Zarandas	Toma de muestras de ripios.	3	(*) Cada muestra	5
	Bombas	Colocación y arreglo de sensores.	3	(**) Cada revisión	5
	Mesa del taladro	Colocación y revisión de sensores.	3	(**) Cada revisión	5
	Generador	Toma de energía para la cabina.	3	(**) Cada revisión	5
Tanques	Colocación y revisión de sensores.	3	(**) Cada revisión	5	

Nota: (\*) Tiempo utilizado en cada tarea para cada muestra. (\*\*) Tiempo utilizado para cada revisión del sensor específico.

**Fuente: Autor, 2013.**

**Elaborado por el autor.**

### **3.10 Instrucciones al personal de PLS**

A todo el personal de campo de PLS se entregó la encuesta para ser llenada y en un plazo de tres días se recopiló la información vía electrónica o presencial.

Para el estudio previo se pidió la colaboración de cada uno de los trabajadores en todas las cabinas, para determinar el patrón de trabajo, las actividades con sus tareas.

Durante las mediciones con el sonómetro en el interior de la cabina se pidió que salga el personal que podía hacerlo.

Para las mediciones con el dosímetro se pidió al personal que no manipule, mueva o grite en el micrófono.

### **3.11 Situaciones imprevistas**

La información recopilada en el ordenador debe tener respaldo, por cuanto existe la posibilidad de la pérdida de la misma.

Para la determinación de la estrategia de medida y valoración de la exposición a ruido, se evidencio que dependiendo de la operación en el taladro se desarrollan diferentes tareas y se disminuye el tiempo de ejecutarlas, por lo que se consideró los valores de la dosimetría para los ayudantes.

No se permitió la toma de medidas en las diferentes áreas de algunos taladros y eso limito a dos el número de taladros considerados en la toma de datos para los ayudantes.

Otra situación imprevista fue la logística para cada taladro, no se consideró la distancia entre uno y otro, por lo que tomo más tiempo para el trabajo de campo.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RUIDO EN LAS CABINAS DE PLS

#### 4.1 Introducción

En este capítulo se presenta el análisis y evaluación de los niveles de presión sonora existentes en las cabinas de PLS. En primer lugar se hace una descripción del Servicio de Control Geológico, sus recursos materiales y de personal con sus áreas de trabajo.

A continuación se presenta la encuesta y sus resultados, que se envió a todo el personal de campo, con preguntas orientadas a conocer las opiniones de los trabajadores sobre la presencia de ruido en su medio ambiente de trabajo.

Se presenta la medición y valoración de la exposición al ruido en las ocho cabinas, con su estrategia, utilizando el sonómetro integrador promediador y los dosímetros calibrados como indica el fabricante, y los resultados se muestran en tablas por cabina y grupo de exposición. Por último, se evalúa el riesgo laboral por ruido presente en el servicio de control Geológico para cada grupo de trabajadores en las cabinas de PLS; además se identifica el control existente en la gestión del riesgo por ruido, y la vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores expuestos al ruido que PLS dispone.

#### 4.2 Descripción del servicio de Control Geológico

Control Geológico o *Mudlogging* es el servicio que consiste en el monitoreo permanente de la circulación del lodo y de los parámetros de perforación, para obtener datos de fundamental importancia en la elaboración de una columna estratigráfica o *Masterlog* según el requerimiento del cliente, a través de sensores ubicados en diferentes áreas de un taladro de perforación y de equipos en una Cabina de Control Geológico.

Datos y observaciones adquiridas en forma continua, como litología perforada, por medio de la recolección y descripción de los ripios de perforación; medición de gas y su correspondiente cromatografía, medición de gases no deseados, detección de niveles con petróleo o gas, permiten un conocimiento previo de la potencialidad del pozo durante la perforación del mismo.

En la perforación de un pozo petrolero intervienen varios servicios uno de los cuales es el Servicio de Control Geológico que involucra a cinco personas, con sus diferentes funciones y actividades que se desenvuelven en distintas áreas del taladro de perforación como se muestra en la fotografía 4.1. y en el Anexo 1.



**Fotografía 4.1 Cabina C3005 de PLS junto al Taladro PDVSA 81.**

Fuente: Autor, 2013.  
Tomada por el autor.

## 4.2.1 Recursos

### 4.2.1.1 Cabinas

PLS tiene ocho (8) cabinas para realizar el servicio de Control Geológico de pozos totalmente equipadas que permiten el registro de los ripsos de perforación o "Mudlogging" y el monitoreo de los parámetros de perforación, como se indica en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Cabinas de control Geológico de PLS.**

CABINA	DIMENSIONES (Largo, Ancho y Altura)	PERSONAL (JC/G/A) JEFE DE CABINA (JC), GEOLOGO (G), AYUDANTE (A)	LOCALIDAD / TALADRO
C3001	6m x 2.7m x 2.3 m	1/2/2	Mariann N 2 / Hilong 07
C3002	5.10mx2.50mx2.80m	1/2/2	Shushufindi 225D / H&P 176
C3003	7.00m x 3.05m x 2.66m	1/2/2	Sacha 386D / CCDC 28
C3004	6.05 m x 2.43 m x 2.73 m	1/2/2	Drago ND022 / PDVSA 80
C3005	6m x 2.6m x 2.2m	1/2/2	Guanta 28D / PDVSA 81
C3006	6.30m x 2.44m x 2.60 m	1/2/2	Cuyabeno 053 / CCDC 39
C3007	6.5 m x 3.16m x 2.54 m	1/2/2	Sacha 268D / CPV16
C3008	7.16 m x 3.05 m x 2.64 m	1/2/2	Auca 108D / Sinopec 156

Fuente: PLS, 2013.

Elaborado por el Autor.

Las cabinas de control geológico de PLS tienen las siguientes características: :

- Una base de hierro tipo esquí, argollas para ser levantadas, además de paredes con material aislante para la temperatura variable y el ruido exterior.
- Dos aires acondicionados (12k BTU) montados en las paredes laterales de la cabina, que mantiene un ambiente de trabajo con una temperatura promedio de 20 °C.
- El abastecimiento de energía eléctrica por parte del taladro es de 440 V - 2 fases – 50/60 Hz, desde los generadores, al transformador de la cabina con salidas de 220 / 110 VAC / 50HZ / 60HZ. Tiene un UPS con autonomía de 10 minutos a plena capacidad.
- Cuenta con seis computadores personales completos, un equipo para medir gases (cromatografía), un equipo de adquisición de datos (PVT & DAQ), una pequeña bomba de succión de ¼ de HP que forma parte del sistema de adquisición de muestra de gas, sensores, equipos, cables, consumibles, mobiliario, material de oficina, etc. (Anexo 2).

#### 4.2.1.2 Personal y puestos de trabajo

Para brindar el servicio de Control Geológico en las Cabinas, PLS cuenta con: 8 Jefes de cabina en campo y 4 de descanso, 16 Geólogos “Logger” en campo y 8 de descanso y 16 ayudantes en campo y 8 de descanso, todos especializados en el servicio de Control Geológico de pozos petroleros como muestra la fotografía 4.2.



**Fotografía 4.2 Personal de PLS, Geólogo observando una muestra.**

Fuente: Autor, 2013.

Tomada por el autor.

Durante la prestación del servicio el personal de PLS se desenvuelve en el interior de las Cabinas y los Ayudantes en particular realizan tareas en el exterior de la cabina, en diferentes áreas, como se indica en la Fotografía 4.3 y en la Tabla 4.2.



**Fotografía 4.3 Personal de PLS, Ayudante tomando una muestra.**

Fuente: Autor, 2013.

Tomada por el autor.



**Tabla 4.2 Personal y tareas en el servicio de control geológico.**

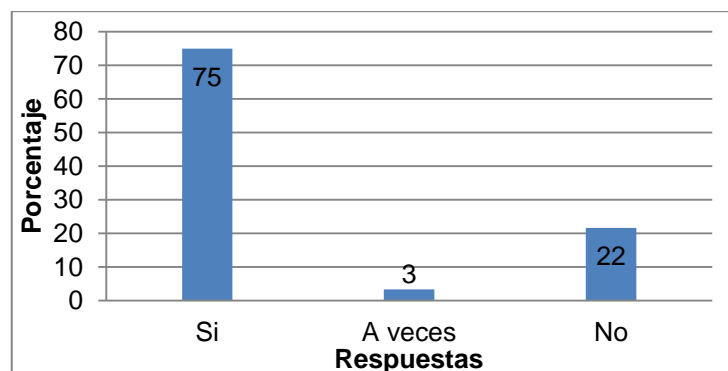
FUNCIÓN	PERSONAL	AREA	PUESTO – TAREAS	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
JEFES DE CABINA (JC) Y GEOLOGOS (G)	JC (8) G (16)	Interior	Tareas de monitoreo de parámetros de perforación (JC) y elaboración del registro geológico (G)	11 horas
AYUDANTES (A)	A (16)	Interior	Almacenado de muestras.	8 horas
		Secado	Secado y marcado de muestras.	3 minutos por muestra
		Lavado	Lavado de muestras.	2 minutos por muestra
		Zarandas	Toma de muestras de ripios.	2 minutos por muestra
		Bombas	Colocación y arreglo de sensores.	10 minutos
		Mesa del taladro	Colocación y revisión de sensores.	10 minutos
		Generador	Toma de energía para la cabina	10 minutos
		Tanques	Colocación y revisión de sensores.	10 minutos

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

### 4.3 Percepción de la presencia de ruido de los trabajadores de PLS.

Por medio de la “Encuesta de Ruido en el trabajo” realizada a todo el personal de PLS, se conoció la percepción de los trabajadores sobre la presencia de ruido en su puesto de trabajo y como les afecta. La encuesta presentó las siguientes preguntas:

1.- ¿En su puesto de trabajo existe ruido?

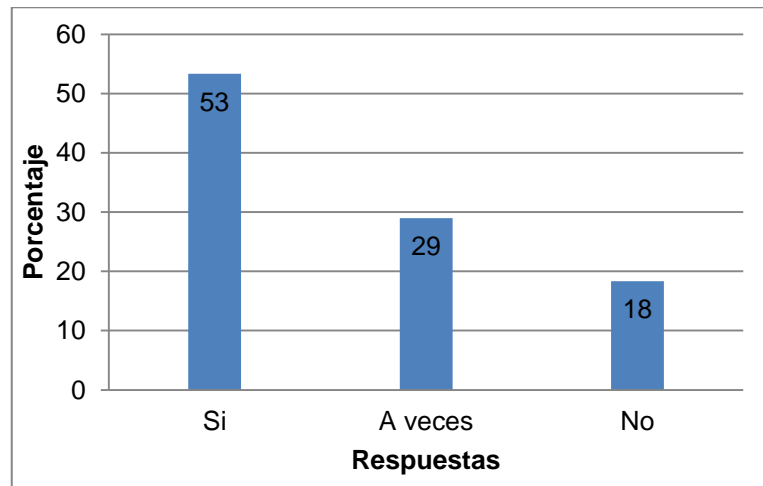


**Gráfico 4.1 Percepción pregunta 1.**

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

Como se indica en el gráfico 4.1, el 75% dijo que si existe ruido en su puesto de trabajo, el 3% opinó que a veces, mientras que el 22% dijo que no. Con estos datos se inició la búsqueda de la existencia de ruido en los puestos de trabajo del personal de PLS.

2.- ¿Su puesto de trabajo está junto a un proceso ruidoso?

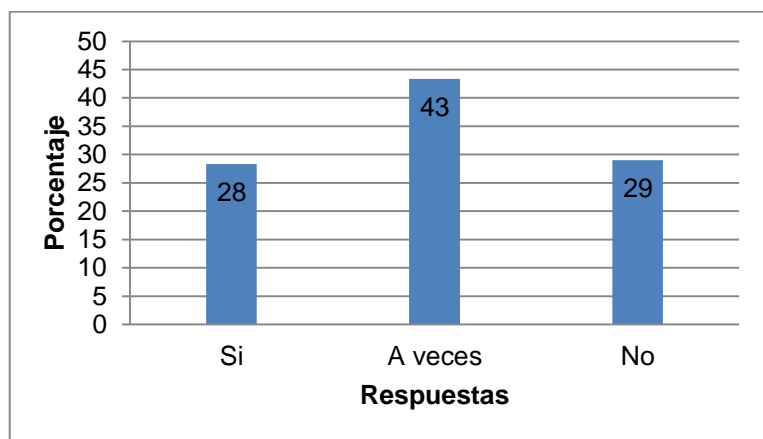


**Gráfico 4.2 Percepción pregunta 2.**

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.2, se indica que el 53% afirmó que su puesto de trabajo está junto a un proceso ruidoso y el 29% opinó que a veces, mientras que el 18% opinó que no. Estos datos se tomaron en cuenta para la identificación de la fuente de ruido.

3.- ¿Considera que en su puesto de trabajo el ruido es muy elevado?



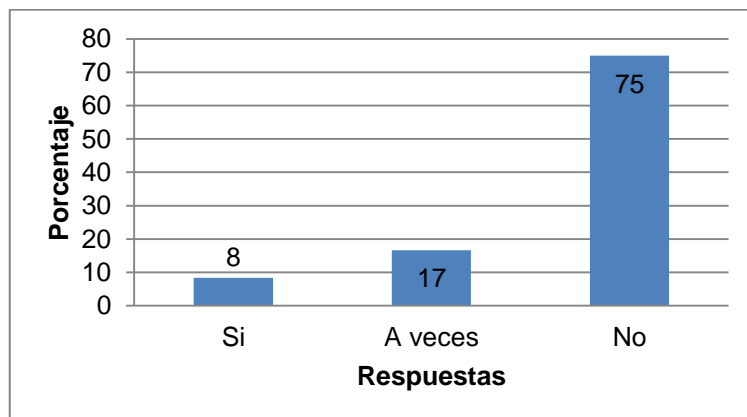
**Gráfico 4.3 Percepción pregunta 3.**

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

Según los resultados en el gráfico 4.3, un 43% de trabajadores opinó que a veces el ruido es muy elevado, el 28% dijo que si, mientras que el 29% dijo que no.

Estos datos fueron tomados en cuenta al momento de medir el nivel de presión sonora.

4.- ¿El ruido es producido por sus tareas realizadas?



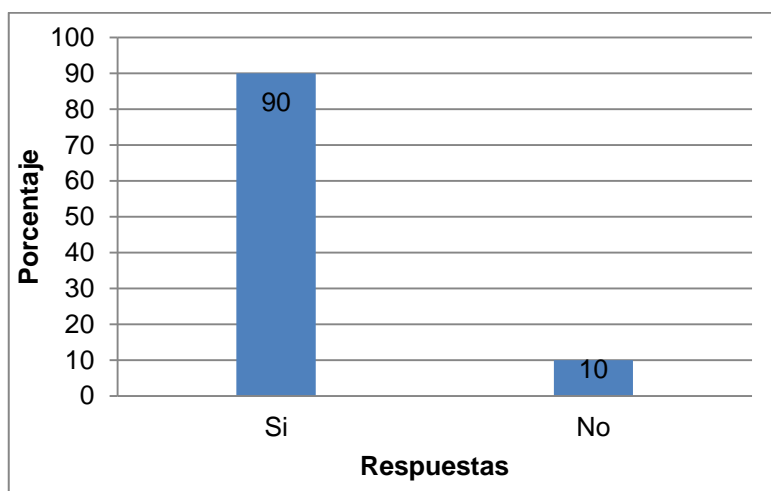
**Gráfico 4.4 Percepción pregunta 4.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

Como se indica en el gráfico 4.4, un 75% de los trabajadores opinó que el ruido no es producido por sus tareas realizadas, el 17% opinó que a veces, mientras que el 8% opinó que si es producido por sus tareas. Estos datos ayudaron al análisis de las tareas que realiza el personal de PLS y si estas producen ruido.

5.- ¿En su puesto de trabajo el ruido es continuo?



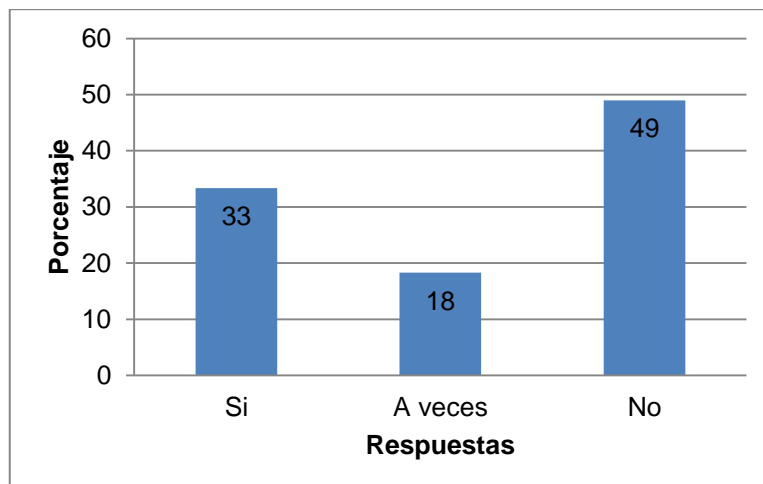
**Gráfico 4.5 Percepción pregunta 5.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

Como se muestra en el gráfico 4.5, el 90% de trabajadores opinó que el ruido es continuo en su puesto de trabajo, mientras que el 10% dijo que no. Estos datos sirvieron para tomar en cuenta los parámetros del tipo de ruido presente en el puesto de trabajo.

6.- ¿En su puesto de trabajo hay equipos y/o maquinarias ruidosas para el desarrollo de sus tareas?



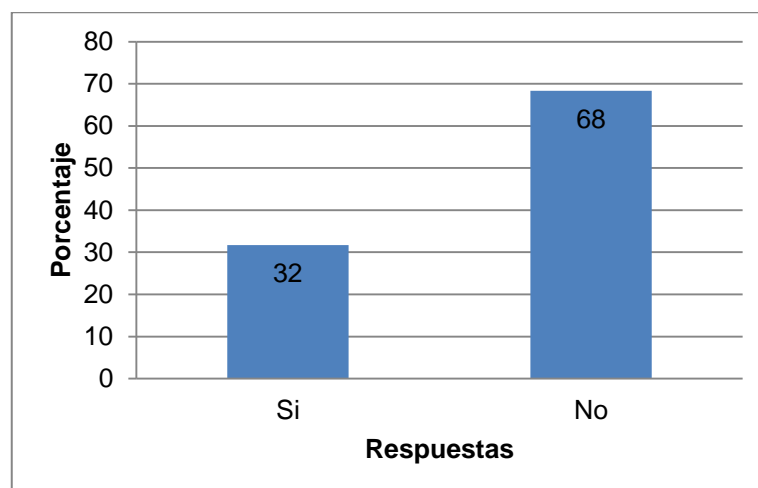
**Gráfico 4.6 Percepción pregunta 6.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.6 se muestra que el 49% de los trabajadores dijo que no hay equipos y/o maquinas ruidosas para el desarrollo de sus tareas, mientras que el 33% dijo que si y el 18% dijo que a veces. Estos datos ayudaron a identificar los equipos y/o maquinas con mayor ruido en los puestos de trabajo.

7.- ¿En su puesto de trabajo hay equipos o maquinas que producen ruidos muy intensos?



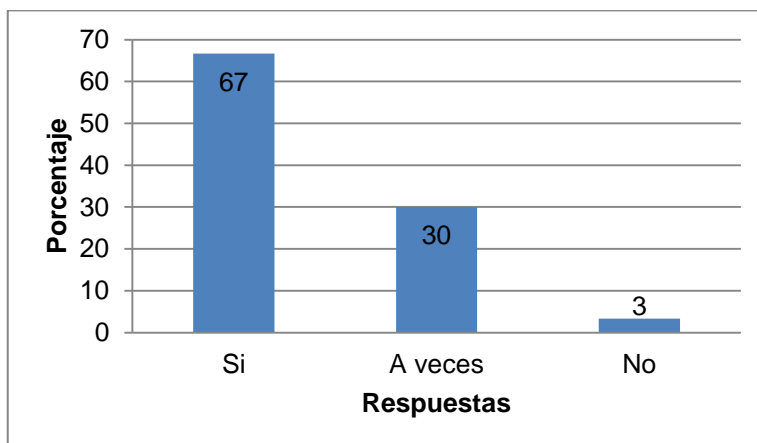
**Gráfico 4.7 Percepción pregunta 7.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

El gráfico 4.7 muestra que el 68% dijo que no hay equipos que producen ruidos intensos, mientras que el 32 % dijo que si hay equipos o maquinas que producen ruidos muy intensos. Estos datos permitieron definir las áreas ruidosas.

8.- ¿En su puesto de trabajo el ruido es soportable?



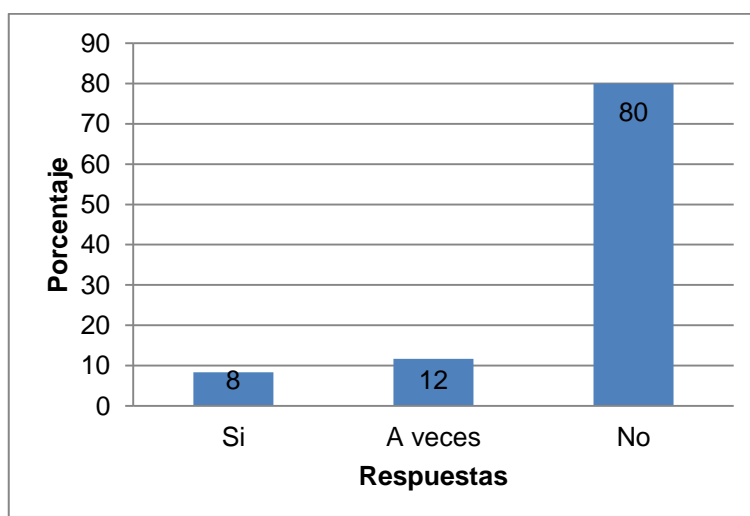
**Gráfico 4.8 Percepción pregunta 8.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.8, se muestra que el 67% opinó que el ruido si es soportable, el 30% opinó que a veces, mientras que el 3% dijo que no es soportable, estos datos sirvieron para orientar las mediciones del ruido.

9.- ¿Siente que el ruido en su puesto de trabajo afecta su salud?



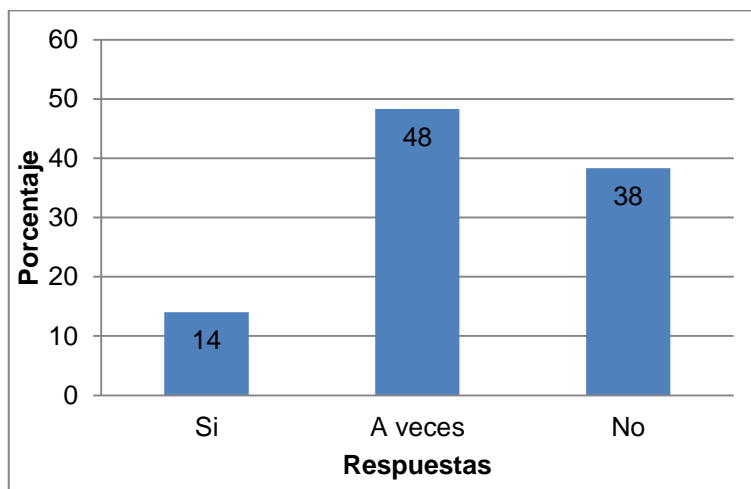
**Gráfico 4.9 Percepción pregunta 9.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.9 se muestra que el 80% opinó que el ruido no afecta su salud, el 12 % dijo que no sabe, mientras que el 8% dijo que el ruido en su puesto de trabajo si afecta su salud, estos datos permitieron conocer que los trabajadores en un alto porcentaje sienten que el ruido no afecta su salud, sin embargo pueden presentarse casos de trabajadores afectados.

10.- ¿El ruido en su puesto de trabajo le produce molestias?



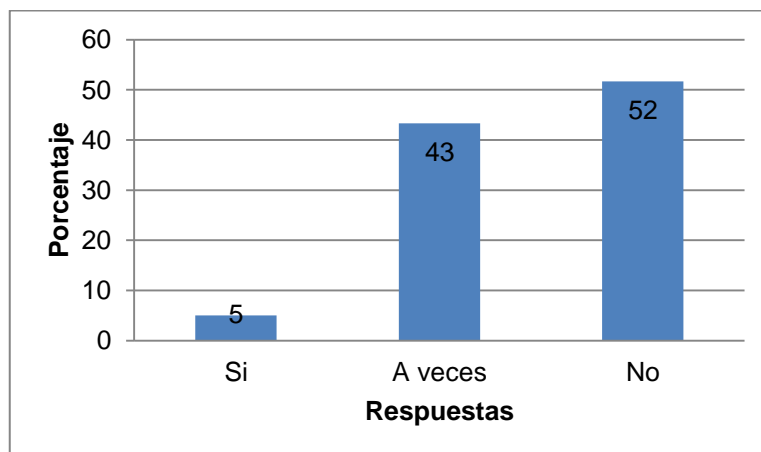
**Gráfico 4.10 Percepción pregunta 10.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

El gráfico 4.10 indica que el 48% opinó que a veces el ruido en su puesto de trabajo le produce molestias, el 14% opinó que si le produce molestias, mientras que el 38% opinó que no. Con estos datos se determinó que el ruido debe ser medido y evaluado en la mayoría de puestos de trabajo.

11.- ¿Al realizar las tareas en su jornada laboral, el ruido existente lo distrae?



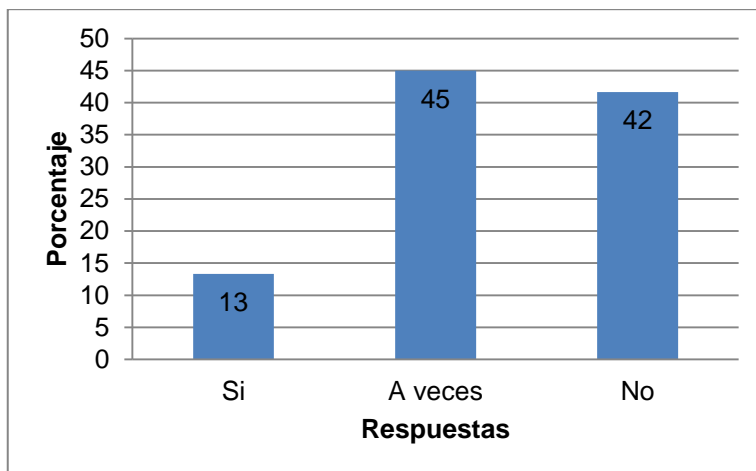
**Gráfico 4.11 Percepción pregunta 11.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.11 se indica que el 43% de los trabajadores dijo que a veces el ruido existente lo distrae, mientras que el 52% dijo que el ruido existente no lo distrae, y el 5% opinó que si. Con estos datos se identificó si el ruido presente al momento de realizar las mediciones e identificar el tipo puede o no distraer al personal.

12.- ¿Las diferentes tareas realizadas en su jornada de trabajo le llevan mucho tiempo?



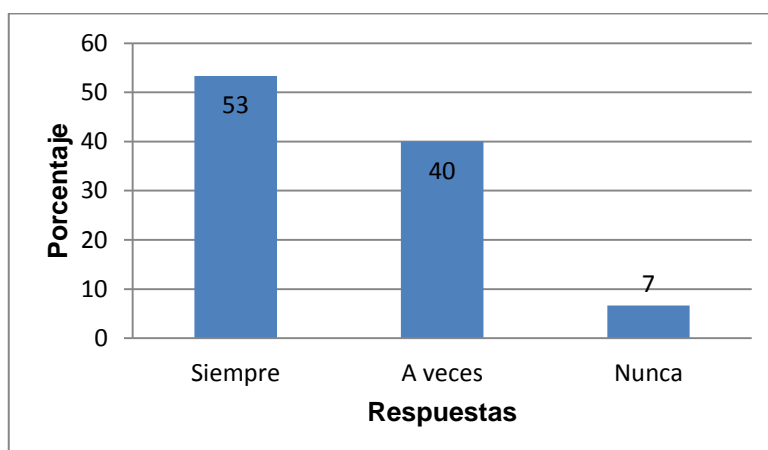
**Gráfico 4.12 Percepción pregunta 12.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.12 se indica que el 45% de trabajadores dijo que a veces las diferentes tareas realizadas en su jornada de trabajo le llevan mucho tiempo, el 42% dijo que no, mientras que el 13% dijo que si. Estos datos sugirieron la existencia de diferente patrón de trabajo.

13.- ¿Utiliza en su jornada de trabajo protectores auditivos?



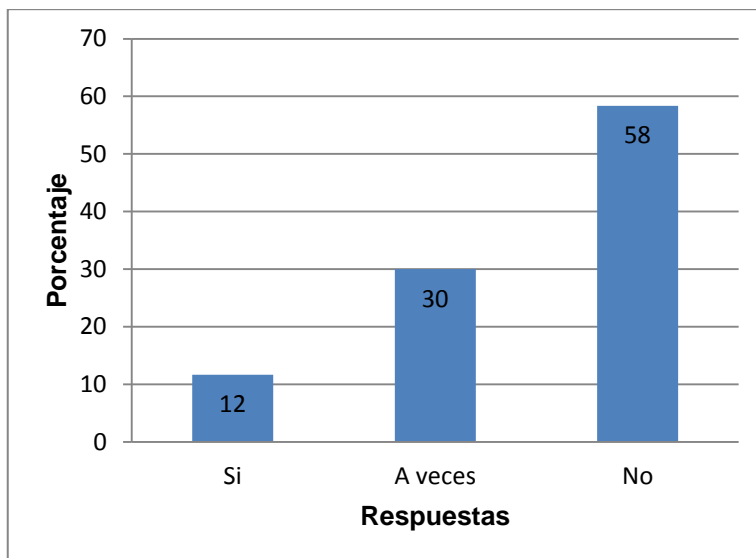
**Gráfico 4.13 Percepción pregunta 13.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.13 se muestra que el 53% de trabajadores dijo que siempre utiliza en su jornada de trabajo protectores auditivos, y el 40% dijo que a veces. Por otro lado el 7% nunca utiliza protectores auditivos. Con estos datos se confirmó que el personal de PLS usa protectores auditivos

14.- ¿En su puesto de trabajo el ruido le obliga continuamente a levantar la voz para conversar con otra persona?



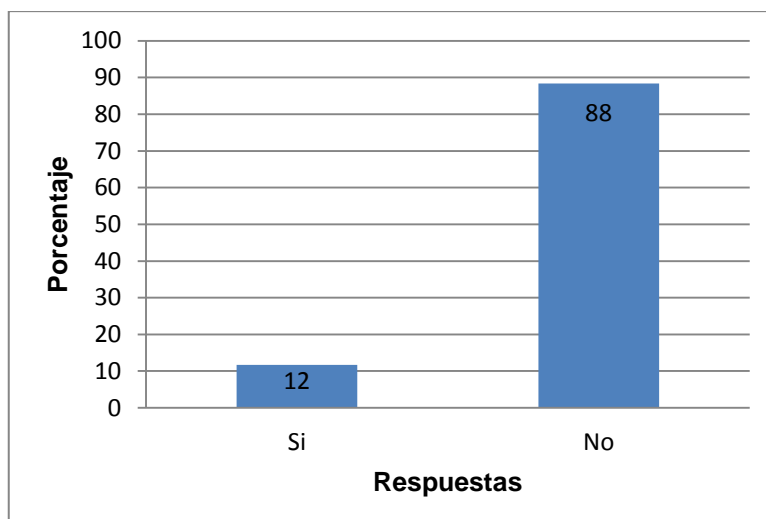
**Gráfico 4.14 Percepción pregunta 14.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

El gráfico 4.14 muestra que el 58% de trabajadores manifestó que en su puesto de trabajo el ruido no le obliga continuamente a levantar la voz para conversar con otra persona, el 30% dijo que a veces, mientras que el 12% dijo que si. Con estos datos se evidencia que en ciertos puestos de trabajo la comunicación se interrumpe por la presencia de ruido.

15.- ¿En algún momento al finalizar la jornada de trabajo ha tenido sordera?



**Gráfico 4.15 Percepción pregunta 15.**

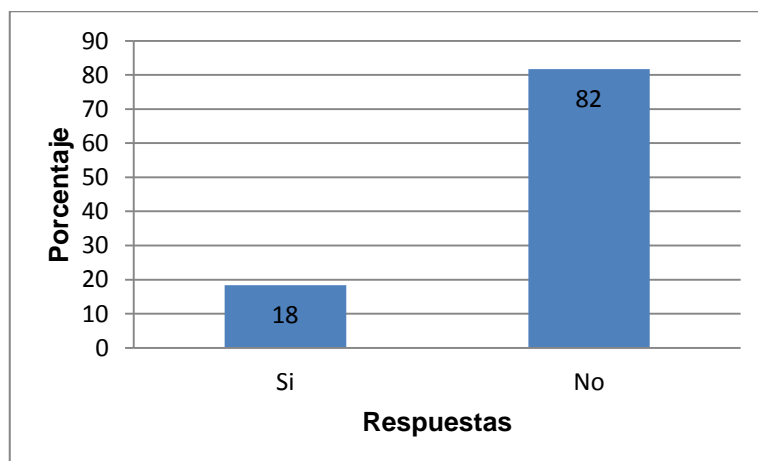
Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.



En el gráfico 4.15 se indica que el 88% de trabajadores dijo que en ningún momento al finalizar la jornada de trabajo ha tenido sordera, mientras que el 12% dijo que si. Estos datos ayudaron a identificar la posibilidad de niveles de ruido elevados en la jornada laboral.

16.- ¿Ha tenido puestos de trabajo anteriores con ruido?



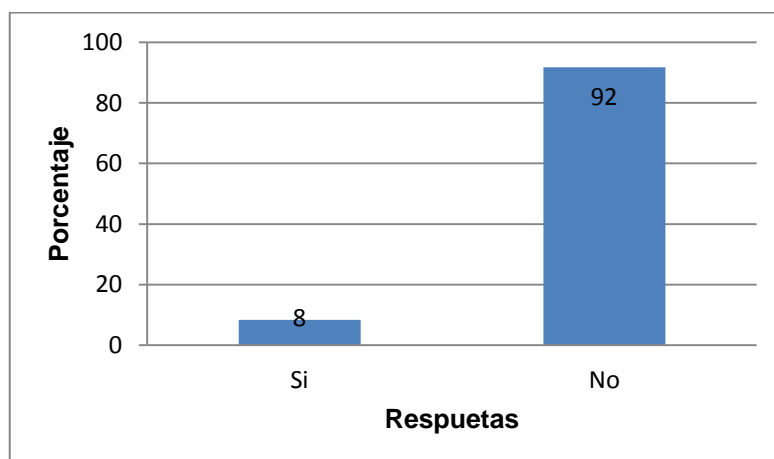
**Gráfico 4.16 Percepción pregunta 16.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.16 se indica que el 82% de trabajadores dijo que no ha tenido puestos de trabajo anteriores con ruido, mientras que el 18% dijo que si. Esta información ayudo a identificar la necesidad de tener un programa de vigilancia médica en la empresa.

17.- ¿En algún momento le han extendido un parte médico por sordera?



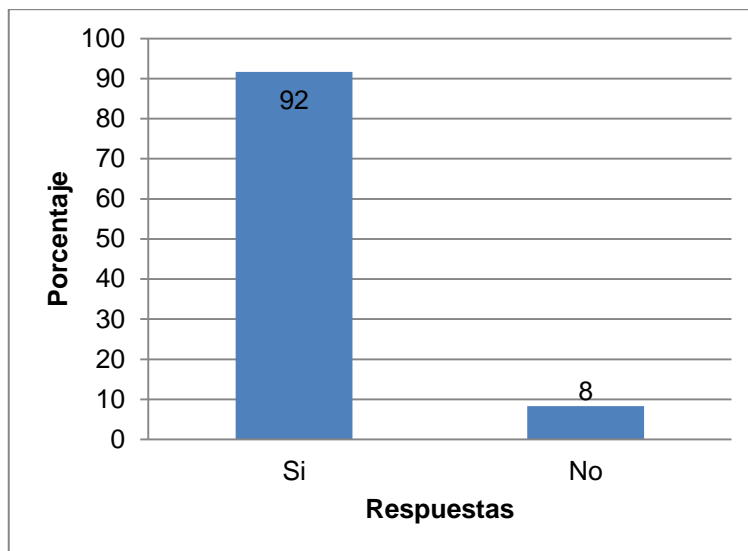
**Gráfico 4.17 Percepción pregunta 17.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.17 se muestra que el 92% dijo que en algún momento no le han extendido un parte médico por sordera, mientras que el 8% dijo que si. Estos datos obligan a implementar un programa de vigilancia médica en la empresa.

18.- ¿La empresa le ha informado sobre la existencia de ruido en su puesto de trabajo?



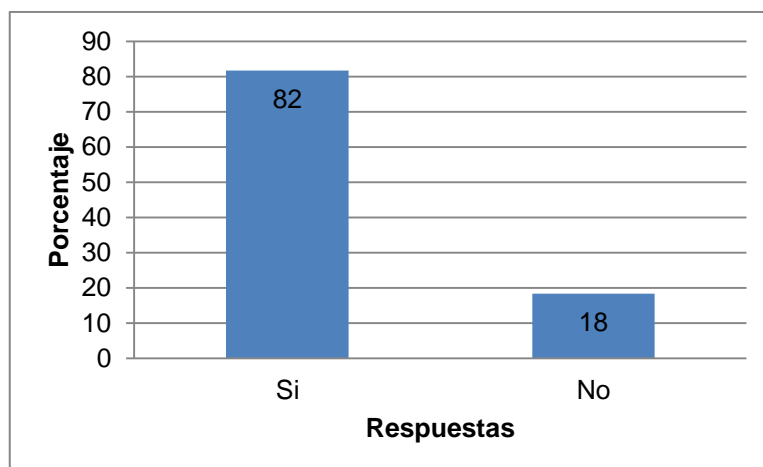
**Gráfico 4.18 Percepción pregunta 18.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.18 se muestra que el 92% de trabajadores dijo que la empresa si le ha informado sobre la existencia de ruido en su puesto de trabajo, mientras que el 8% dijo que no. Estos datos indican que la mayoría de trabajadores conocen de la presencia de ruido en su puesto de trabajo y es necesario implementar medidas para que todos los trabajadores conozcan la existencia de ruido en su puesto de trabajo y como le afecta.

19.- ¿La empresa ha realizado algún chequeo médico de sus oídos?



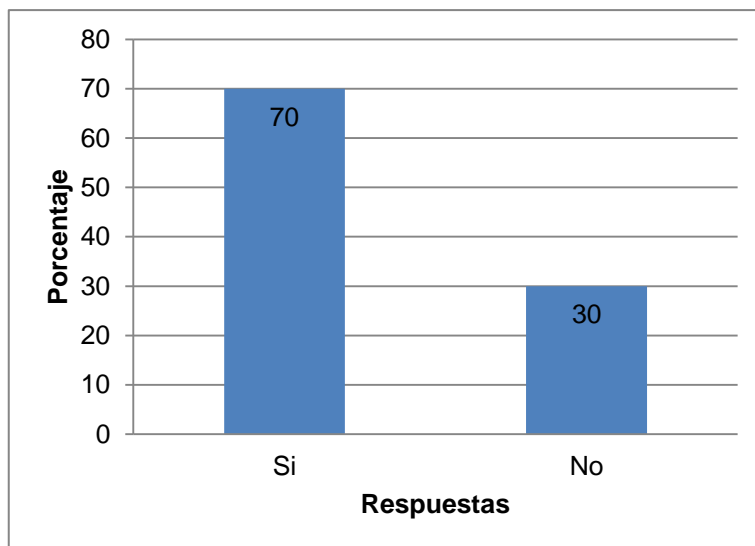
**Gráfico 4.19 Percepción pregunta 19.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.19 se indica que el 82% de encuestados dijo que si le han realizado algún chequeo médico de sus oídos, mientras que el 18% dijo que no. Se tomó en cuenta esta información para revisar las historias clínicas del personal de PLS.

20.- ¿Siente que la empresa se preocupa por la presencia de ruido en su puesto de trabajo?



**Gráfico 4.20 Percepción pregunta 20.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

En el gráfico 4.20 se muestra que el 70% de trabajadores opinó que si sienten que la empresa se preocupa por la presencia de ruido en su puesto de trabajo, mientras que el 30% opinó no. Se tomó en cuenta esta información al momento de pedir la colaboración de los trabajadores en la toma de datos de ruido y explicarles el objetivo de las mediciones, y que se tiene el total respaldo de la Gerencia de PLS.

#### **4.4 Medición del ruido y valoración de la exposición en las Cabinas de PLS**

##### **4.4.1 Condiciones de trabajo con exposición al ruido**

Con la colaboración de todos los trabajadores de PLS se estableció los grupos de exposición homogénea y la jornada de trabajo.

##### **4.4.1.1 Grupos de exposición homogénea**

En las cabinas de control geológico se determinó que los Jefes de cabina y Geólogos pasan todo el tiempo en el interior de las cabinas y los Ayudantes se mueven desde el interior de la cabina hasta las diferentes áreas del taladro, para realizar sus tareas.

Los grupos de exposición homogénea identificados y considerados son:

- Ingenieros: Jefes de Cabina y Geólogos
- Ayudantes.

#### **4.4.1.2 Estudio de una jornada de trabajo**

Con el objetivo de obtener una visión general y una comprensión global de todos los factores que influyen en la exposición a ruido, se determinó la jornada de trabajo nominal para cada función y en cada cabina de PLS, con los siguientes aspectos:

Áreas donde realizan los trabajadores de PLS las diferentes tareas y su duración.

Los Jefes de cabina realizan sus actividades dentro de la cabina, tienen tareas específicas de monitoreo de parámetros con sus respectivos reportes.

Los Geólogos tienen las tareas de describir muestras y elaborar el registro geológico. Tanto los Jefes de cabina como los Geólogos son considerados dentro del grupo de Ingenieros.

Los Ayudantes realizan sus actividades en el interior de las cabinas, en el área de secado de muestras, en el área donde se recogen las muestras que salen con el lodo de perforación, en donde se lavan las muestras, en el área de las bombas del taladro, en la mesa del taladro, en el área de los tanques del lodo y en el área de los generadores en menor tiempo.

Las actividades son de diferente duración y las realizan de una manera impredecible por cuanto depende de las operaciones en el taladro de perforación y de la velocidad de perforación para tomar una muestra y si el caso lo amerita revisan y arreglan los sensores en las diferentes áreas del taladro.

Principales áreas de trabajo más ruidosas.

En los diferentes taladros de perforación donde se encuentran las cabinas de PLS, se tienen áreas más ruidosas y son similares de un taladro a otro, tenemos: Las zarandas, los tanques del lodo, las bombas del taladro, la mesa del taladro y los generadores, y las fuentes de ruido son muy diversas y PLS no tiene control sobre ellas.

Patrón de trabajo.

El patrón de trabajo para los Ingenieros es de puesto fijo con objetivos específicos del servicio de control geológico y de pocas tareas.

Para los Ayudantes el patrón de trabajo es impredecible y depende de las operaciones del taladro y del arreglo o no de los sensores.

Número y duración de posibles descansos y su inclusión o no dentro de la jornada de trabajo habitual.

Los Jefes de cabina trabajan 12 horas y con una hora para la alimentación con un total de 11 horas en su jornada de trabajo que pasan en el interior de las cabinas. .

Los Geólogos y Ayudantes trabajan en turnos de 12 horas en el día o en la noche, y en cada turno tienen una hora para el almuerzo o cena de media noche, esta hora no se consideró por cuanto están fuera de las áreas de influencia del ruido por el trabajo. Los Geólogos pasan sus 11 horas en el interior de las cabinas.

#### **4.4.2 Mediciones del ruido en las cabinas de PLS**

##### **4.4.2.1 Selección de la estrategia de medición**

Para los Ingenieros: Al tener un puesto fijo, con patrón de trabajo por objetivos y con pocas tareas sencillas e intelectuales, la estrategia de medición es basada en la tarea y se puede medir independientemente.

Para los Ayudantes: Al tener un puesto móvil, con patrón de trabajo impredecible, la estrategia de medición es basada en la jornada completa con dosímetros personales.

##### **4.4.2.2 Instrumentación**

Las mediciones de ruido se efectuaron con el sonómetro promediador integrador, y la exposición acumulada de ruido (%Dosis) con dosímetros que cumplen con las exigencias señaladas para un instrumento de medida, además se utilizó su calibrador respectivo para verificar el funcionamiento apropiado de dichos instrumentos.

Los equipos utilizados para este trabajo fueron:

1. *Sound Level Meter* CR:162C, Cirrus Research, tiene certificado de calibración (Anexo 3) vigente hasta el 08 Mayo del 2014, y cumple con IEC 61672:2002-1, Clase 2; IEC 60651:2001 e IEC 60804:2000, Tipo 2, como se muestra en la figura 4.1.
2. *Acoustic Calibrator* CR:514, Cirrus Research, tiene certificado de calibración (Anexo 3) vigente hasta el 08 de Mayo del 2014, y cumple con IEC 61672-1:2002 & IEC 61672-2:2003; EN 61000-6-1:2007 & EN 61000-6-1:2007.
3. Dos Dosímetros de ruido con interfaz para PC, modelo 407355, Extech Instruments, cumple con ANSI S1.25-1991 Ponderación A. ISO-1999. BS 6402:1983, calibrado como indica el fabricante.
4. Calibrador para nivel de sonido, modelo 407766, Extech Instruments, cumple con estándares IEC 60942 1997-11, Clase 2. Con certificado de calibración vigente hasta el 5 de abril del 2014.

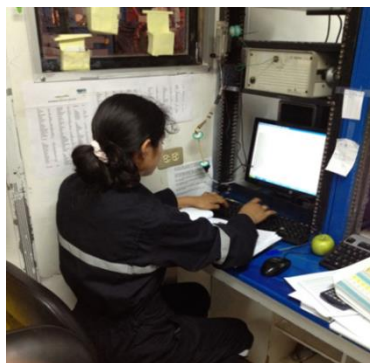


**Figura 4.1 Sonómetro Integrador promediador.**

Fuente: Acustical, (n.d.)  
Elaborado por el Autor.

#### 4.4.2.3 Medición del ruido

Las mediciones de ruido se realizaron en las ocho cabinas en su interior y en dos cabinas en el exterior donde se desenvuelven los Ayudantes. La toma de datos de las mediciones se realizaron durante las tareas del servicio de control Geológico, con la presencia (fotografía 4.4) o ausencia del trabajador y se utilizó la Tabla 3.2 para el número de medidas y el tiempo de cada una de ellas, y en la Tabla 4.3 se muestra las medidas para cada cabina en su interior.



**Fotografía 4.4 Personal de PLS, Jefe de Cabina.**

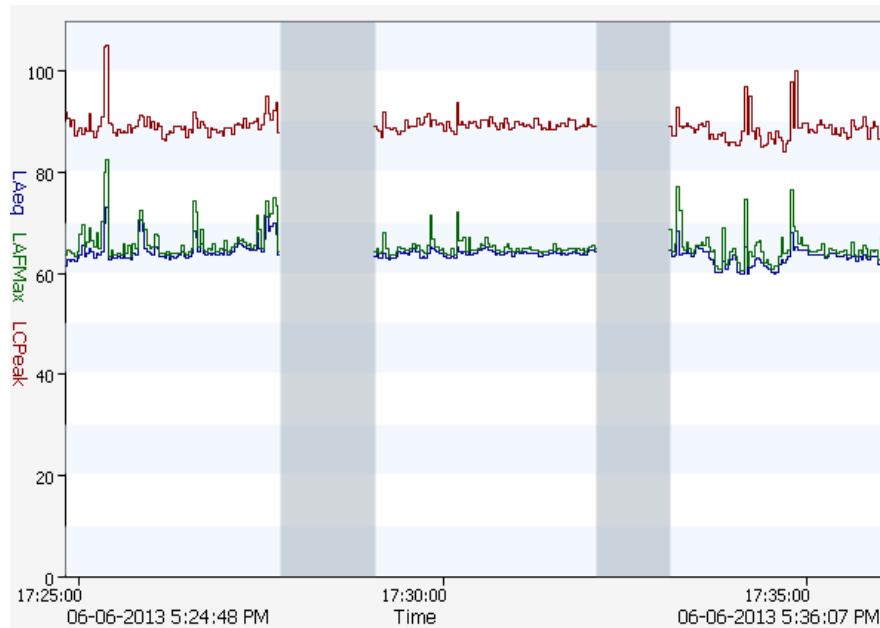
Fuente: Autor, 2013.  
Tomada por el autor.

**Tabla 4.3 Medidas en el interior de las cabinas de PLS.**

<b>CABINA</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>LAeq (dB)</b>	<b>LAMax (dB)</b>	<b>LAMin (dB)</b>
C3001	Medida 1	65.4	75.61	61.53
	Medida 2	63.99	66.37	62.62
	Medida 3	63.35	70.05	59.56
C3002	Medida 1	64.70	70.4	62.68
	Medida 2	63.27	66.1	62.34
	Medida 3	62.88	64.15	61.24
C3003	Medida 1	67.22	74.23	62.91
	Medida 2	69.13	75.1	64.46
	Medida 3	68.74	74.88	64.41
C3004	Medida 1	67.99	78.33	62.73
	Medida 2	67.82	72.68	66.67
	Medida 3	67.52	73.32	63.62
C3005	Medida 1	64.17	74.07	60.95
	Medida 2	65.21	69.8	62.73
	Medida 3	65.14	67.27	62.52
C3006	Medida 1	65.69	75.76	63.18
	Medida 2	66.79	73.18	63.02
	Medida 3	65.77	73.18	62.7
C3007	Medida 1	67.57	72.9	62.97
	Medida 2	67.2	79.2	63.46
	Medida 3	66.58	68.87	65.48
C3008	Medida 1	69.40	86.05	59.36
	Medida 2	69.51	82.07	64.51
	Medida 3	68.11	77.76	65.75

**Fuente: Autor, 2013.**  
**Elaborado por el Autor.**

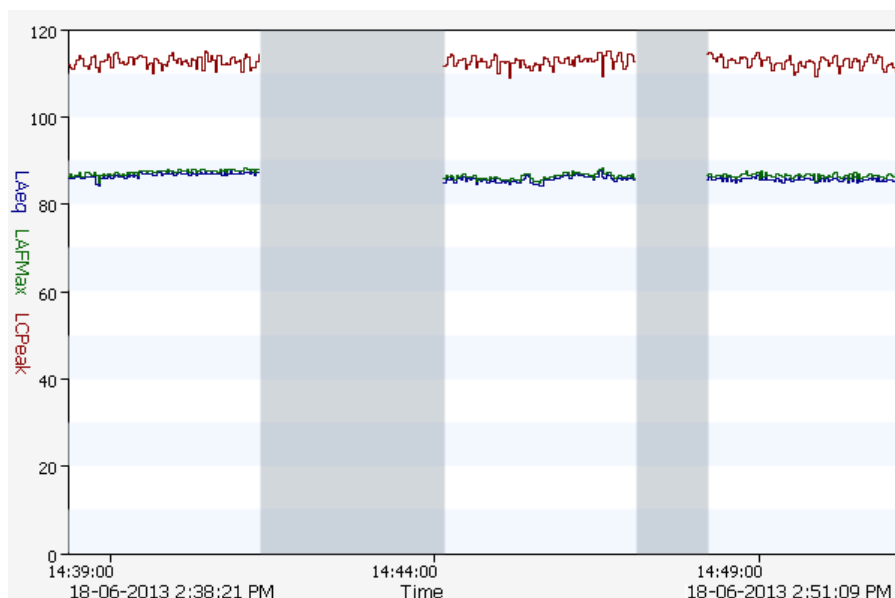
En la figura 4.2 se puede ver las medidas en el interior de la cabina C3001.



**Figura 4.2 Medidas de ruido en el interior de la cabina C3001.**

Fuente: Reporte de programa, Cirrus, 2013.  
Elaborado por el Autor.

En la figura 4.3 se muestra las medidas en las zarandas de la cabina C3008, y el procedimiento en cuanto al número de medidas y el tiempo de las mismas está de acuerdo a la tabla 3.2.



**Figura 4.3 Medidas de ruido en las zarandas de la cabina C3008.**

Fuente: Reporte de programa, Cirrus, 2013.  
Elaborado por el Autor.



En la Tabla 4.4 se muestra las medidas en las áreas donde se desenvuelven los Ayudantes en la cabina C3003 y en la Tabla 4.5 se muestra las medidas en la cabina C3008, todas estas medidas se realizaron con el sonómetro integrador promediador y con bandas de octava.

**Tabla 4.4 Medidas en el exterior de la cabina de PLS C3003.**

TAREA	CABINA	MEDIDA	LAeq (dB)	LASMax (dB)	LASMin (dB)
Zarandas Toma de ripios	C3003	Medida 1	97.26	97.9	96.47
		Medida 2	97.55	98.58	96.72
		Medida 3	97.12	97.43	96.46
Lavado de ripios	C3003	Medida 1	95.25	97.95	91.95
		Medida 2	95.39	95.87	94.55
		Medida 3	95.39	95.95	94.88
Secado de muestras	C3003	Medida 1	75.45	77.22	74.24
		Medida 2	75.3	76.5	74.39
		Medida 3	74.69	75.37	73.53
Bombas Revisión sensor	C3003	Medida 1	81.15	81.49	80.85
		Medida 2	81.25	81.72	80.76
		Medida 3	81.27	81.67	80.82
Tanques Revisión sensor	C3003	Medida 1	86.36	86.8	85.93
		Medida 2	86.83	87.43	86.04
		Medida 3	86.77	87.44	86.2
Mesa Revisión sensores	C3003	Medida 1	74.46	75.37	73.55
		Medida 2	74.33	75.74	72.98
		Medida 3	74.29	74.93	72.99
Generador Toma de energía	C3003	Medida 1	93.39	94.15	92.79
		Medida 2	93.65	94.4	92.47
		Medida 3	93.95	94.44	93.02

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

**Tabla 4.5 Mediciones en el exterior de la cabina de PLS C3008.**

TAREA	CABINA	MEDIDA	LAeq (dB)	LASMax (dB)	LASMin (dB)
Zarandas Toma de ripios	C3008	Medida 1	86.73	87.64	84.14
		Medida 2	85.75	87.63	83.91
		Medida 3	85.64	86.75	84.71
Lavado de ripios	C3008	Medida 1	80.85	82.73	79.22
		Medida 2	80.88	90.57	78.4
		Medida 3	79.4	80.69	78.77
Secado de muestras	C3008	Medida 1	73.61	75.52	71.52
		Medida 2	74.49	85.73	72.12
		Medida 3	73.54	75.14	71.6
Bombas Revisión sensor	C3008	Medida 1	82.62	83.54	81.56
		Medida 2	82.36	84.49	80.03
		Medida 3	82.88	83.89	80.31
Tanques Revisión sensor	C3008	Medida 1	80.28	81.46	78.69
		Medida 2	80.51	81.17	79.94
		Medida 3	80.76	84.83	78.33
Mesa Revisión sensores	C3008	Medida 1	77.27	81.95	75.32
		Medida 2	80.13	94.57	73.46
		Medida 3	76.62	83.15	73.3
Generador Toma de energía	C3008	Medida 1	95.5	97.45	93.46
		Medida 2	95.23	98.69	91.32
		Medida 3	95.35	98.07	92.98

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

El  $L_{Aeq,T,e}$  correspondiente a cada la tarea definido en el GEH (Ingenieros o Ayudantes) se calculó mediante la ecuación 4.1 (García et al., 2012. NTP 951, Anexo 5):

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \lg \left[ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,mi}} \right] \text{dB(A)} \quad (4.1)$$

donde  $LA_{eq,T,m}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición de la tarea y  $N$  es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

Para el nivel de presión sonora máximo con ponderación A en lento (LASMax) y el nivel de presión sonora mínimo con ponderación A en lento (LASMin), se consideró el valor máximo y el valor mínimo de las medidas, respectivamente. Con estos datos se pudo obtener la diferencia entre el valor LASMax menos el LASMin, y poder determinar el tipo de ruido presente.

Por otro lado de las medidas realizadas en el interior de cada cabina se determinó el rango de frecuencias predominante y se utilizó el reporte que generó el programa del sonómetro.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6 Resultados de las medidas en el interior de las cabinas de PLS.**

CABINA	LA eq, T,m (dB)	LASMax (dB)	LASMin (dB)	LASMax menos LASMin	FRECUENCIA PREDOMINANTE (Hz)
C3001	64.33	75.61	59.62	15.99	63.0
C3002	63.69	70.40	61.24	9.16	31.5
C3003	68.44	75.10	62.91	12.19	63.0
C3004	67.78	78.33	62.73	15.60	31.5
C3005	64.87	71.29	62.14	9.16	31.5
C3006	66.11	75.76	62.70	13.06	63.0
C3007	67.14	79.20	62.97	16.23	31.5
C3008	69.05	86.05	59.36	26.69	63.0

**Fuente: Autor, 2013.**  
**Elaborado por el Autor.**

En la Tabla 4.7 se muestran los resultados en el exterior de las cabinas C3003 y C3008, el nivel de presión sonora continuo equivalente ( $LA_{eq,T,m}$ ) se calculó con la ecuación 4.1 y con los valores obtenidos en cada medición.

Para el nivel de presión sonora máximo con ponderación A en lento (LASMax), se consideró el valor máximo de todas las medidas y el nivel de presión sonora mínimo con ponderación A en lento (LASMin), se tomó el valor mínimo de las medidas realizadas. Con estos datos se pudo obtener el valor LASMax menos el LASMin.

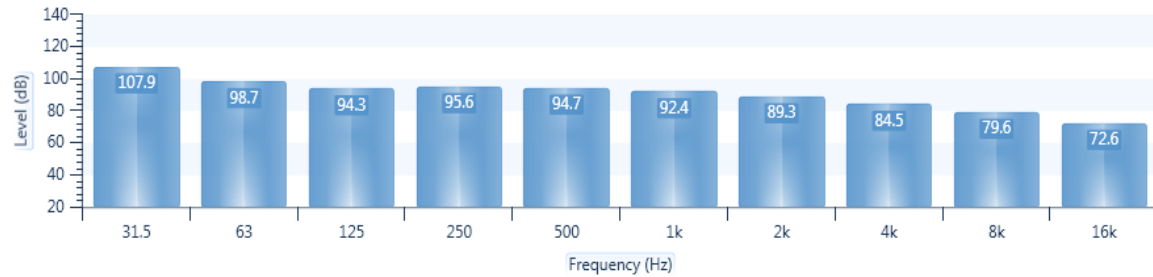
**Tabla 4.7 Resultados de las medidas en el exterior de las cabinas de PLS C3003 y C3008.**

TAREA	CABINA	LA eq, Tm (dB)	LASMax (dB)	LASMin (dB)	FRECUENCIA PREDOMINANTE (Hz)
Zarandas Toma de ripios	3003	97.31	98.58	96.72	31.5
	3008	86.07	87.64	83.91	31.5
Lavado de ripios	3003	95.34	97.95	91.95	63
	3008	80.43	90.57	78.40	31.5
Secado de muestras	3003	75.16	77.22	73.53	63
	3008	73.90	85.73	71.52	31.5
Bombas Revisión sensor	3003	81.22	81.72	80.76	31.5
	3008	82.63	84.49	80.03	63
Tanques Revisión sensor	3003	86.65	87.44	85.93	31.5
	3008	80.52	84.83	78.33	63
Mesa Revisión sensores	3003	74.36	75.74	72.98	31.5
	3008	78.29	94.57	75.32	63
Generador Toma de energía	3003	93.67	94.44	92.47	31.5
	3008	95.32	98.69	91.32	1K

**Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.**

En el exterior de las cabinas se determinó el rango de frecuencias predominante, en cada tarea de los ayudantes con el reporte de frecuencias que se indica en la figura 4.4.

Para el rango de frecuencia el instrumento dio el reporte en bandas de octava y frecuencias desde 31.5, 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k, 8k, y 16k en Hercios (Hz).



**Figura 4.4 Frecuencia predominante del ruido en las zarandas donde realizan sus tareas los ayudantes de la cabina C3003.**

Fuente: Reporte de Bandas de Octava, Cirrus, 2013.  
Elaborado por el Autor.

#### 4.4.3 Nivel de exposición diario equivalente global $L_{Aeq,d}$ (dBA).

##### 4.4.3.1 Nivel de exposición diario equivalente global $L_{Aeq,d}$ (dBA) para los Ingenieros.

Para determinar el nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d,m}$ ), se consideró que los Ingenieros, ejecutan sus tareas en el interior de las cabinas y permanecen 11 horas y se calculó el  $L_{Aeq,d,m}$  con la ecuación 4.2 (García et al., 2012. NTP 951):

$$L_{Aeq,d,m} = L_{Aeq,T,m} + 10 \lg \left[ \frac{T_m}{T_0} \right] \text{dB(A)} \quad (4.2)$$

donde  $T_0$  es el tiempo de referencia, que en este caso es 8 horas.

$T_m$  para nuestro caso es 11 horas.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.8.

**Tabla 4.8 Resultados del cálculo nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d,m}$ ) en el interior de las cabinas de PLS.**

CABINA	TAREAS	$L_{Aeq, Tm}$ (dB)	$L_{Aeq,d,m}$ (dB)
C3001	Internas	64.33	65.72
C3002	Internas	63.69	65.07
C3003	Internas	68.44	69.82
C3004	Internas	67.78	69.16
C3005	Internas	64.87	66.25
C3006	Internas	66.11	67.50
C3007	Internas	67.14	68.52
C3008	Internas	69.05	70.43

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

Para el cálculo del nivel de exposición diario equivalente global de los Ingenieros se determinó la incertidumbre de la medición.

### **Cálculo de la incertidumbre de la medición del nivel de exposición diario equivalente para los Ingenieros.**

García (2012) en el NTP 950 (Anexo 5) menciona que la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario  $u_{(L_{Aeq,d})}$ , se calcula a partir de las diferentes contribuciones  $c_i u_i$  de las diferentes componentes de incertidumbre, según la ecuación 4.3 modificada para el caso de una sola tarea:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) \quad (4.3)$$

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre estándar debida al muestreo por tareas.

$u_{2,m}$  es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medida empleado.

$u_3$  es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono.

$c_{1a,m}$  es el coeficiente de sensibilidad.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 considera que los coeficientes de sensibilidad debidos tanto al instrumento de medida empleado,  $c_{2,m}$ , como a la posición del micrófono,  $c_{3,m}$ , son iguales al del muestreo por tareas,  $c_{1a,m}$ , de forma que en la fórmula se ha simplificado y sólo queda reflejado éste último.

Los valores de  $u_{2,m}$  es 1.5 para un instrumento clase 2 y  $u_3$  es igual a 1 para la posición del micrófono.

El coeficiente de sensibilidad se calcula según:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{AeqT,m} - L_{Aeq,d})} \quad (4.4)$$

Donde  $T_m$  es el tiempo de la tarea, 11 horas.

$T_0$  es el tiempo de referencia que para nuestro caso es 8 horas.

La incertidumbre estándar se calcula según la ecuación 4.5:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,mi} - \bar{L}_{Aeq,T,m})^2 \right]} \quad (4.5)$$

siendo  $I$  el número total de mediciones de la tarea.

En la Tabla 4.9 se muestra los valores encontrados para el cálculo de la incertidumbre de la medición del nivel de exposición diario equivalente para los Ingenieros.

**Tabla 4.9 Resultados de los parámetros de la incertidumbre combinada estándar para los Ingenieros.**

CABINA	N	$u_{1a,m}$	$c_{1a,m}$	$u_{2,m}$	$u_3$	u
C3001	3	1.01	1	1.5	1	2.06
C3002	3	0.96	1	1.5	1	2.04
C3003	3	1.01	1	1.5	1	2.06
C3004	3	0.24	1	1.5	1	1.81
C3005	3	0.58	1	1.5	1	1.89
C3006	3	0.61	1	1.5	1	1.90
C3007	3	0.5	1	1.5	1	1.87
C3008	3	0.78	1	1.5	1	1.96

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor

La incertidumbre expandida U se calcula a partir de la incertidumbre estándar combinada, que aporta el intervalo dentro del cual se encuentra el valor del mensurando con un determinado nivel de confianza. Se calculó multiplicando la incertidumbre estándar combinada, u, de la Tabla 4.9, por un factor de cobertura, k, que es función del nivel de confianza que se asume y se muestra en la Tabla 4.10. (García et al., 2012. NTP 950):

$$U = k * u \quad (4.6)$$

**Tabla 4.10 Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo.**

NIVEL DE CONFIANZA	k	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1.645	1.2816
95	1.96	1.645
95.45	2	-
97.5	-	1.96

Fuente: García et al., 2012  
Elaborado por el Autor

Se puede escoger un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico. De este modo, el resultado de la medición de la exposición al ruido se puede considerar, en el primer caso, por la expresión 4.7:

$$L_{Aeq,d} + U \quad (4.7)$$

Y en el segundo caso por la expresión 4.8:

$$L_{Aeq,d} \pm U \quad (4.8)$$

Los resultados del cálculo del nivel de exposición diario con la incertidumbre expandida unilateral se muestran en la Tabla 4.11.

**Tabla 4.11 Nivel de exposición diario equivalente para los Ingenieros.**

CABINA	TAREAS	LAeq, Tm (dB)	LAeq,d (dB)	u	k	U	LAeq,d + U (dB)
C3001	Internas	64.33	65.72	2.06	1.645	3.39	69.11
C3002	Internas	63.69	65.07	2.04	1.645	3.36	68.43
C3003	Internas	68.44	69.82	2.06	1.645	3.39	73.21
C3004	Internas	67.78	69.16	1.81	1.645	2.98	72.14
C3005	Internas	64.87	66.25	1.89	1.645	3.11	69.36
C3006	Internas	66.11	67.50	1.90	1.645	3.13	70.63
C3007	Internas	67.14	68.52	1.87	1.645	3.08	71.60
C3008	Internas	69.05	70.43	1.96	1.645	3.22	73.65

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

#### 4.4.3.2 Nivel de exposición diario equivalente global LAeq,d (dBA) para los Ayudantes.

Para determinar el nivel de exposición diario equivalente, se registró con un dosímetro personal las tareas de los Ayudantes y se midió la dosis diaria ver Anexo 4.

La dosis diaria de exposición a ruido se midió con el nivel de criterio de 85 dB (A), con una tasa de intercambio de 5 dB, con respuesta lenta, y el nivel de umbral 70 dB (A) (Ecuador. Decreto 2393, 1986), sonidos menores a este umbral no fueron incluidos en el cálculo de la dosis, los resultados se muestran en la tabla 4.12.

**Tabla 4.12 Dosis en % medida en los Ayudantes de PLS.**

DOSIS DE RUIDO - %								
MEDIDA	C3001	C3002	C3003	C3004	C3005	C3006	C3007	C3008
Medida 1	22.27	44.61	36.2	27.16	34.21	27.58	28.47	21.56
Medida 2	17.67	18.37	26.01	45.51	22.75	31.67	22.44	29.57
Medida 3	30.39	20.41	29.3	21.38	21.51	29.77	25.65	47.47
Medida 4	20.87	34.31	25.41	30.24	31.25	28.94	27.81	26.21
Medida 5	19.43	23.12	28.17	28.32	38.26	19.18	25.46	36.53

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.



El nivel de presión sonora continuo equivalente ( $L_{Aeq,Te}$ ) correspondiente a cada cabina para los ayudantes se calculó mediante la ecuación 4.9 (García et al., 2012. NTP 951):

$$L_{Aeq,Te} = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,n}} \right] \text{ dBA} \quad (4.9)$$

donde  $L_{Aeq,T,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo. Los datos y resultados se muestran en la Tabla 4.13.

**Tabla 4.13 Medidas del dosímetro para los ayudantes.**

NIVEL DE SONIDO PROMEDIO PROYECTADO EN 8 HORAS (TWA) - dB (A)								
Medida 1	74.17	79.18	77.67	75.60	77.26	75.71	75.94	73.93
Medida 2	72.50	72.78	75.29	79.32	74.32	76.71	74.22	76.21
Medida 3	76.41	73.54	76.14	73.87	73.92	76.26	75.18	79.63
Medida 4	73.70	77.28	75.12	76.37	76.61	76.06	75.77	75.34
Medida 5	73.18	74.44	75.86	75.90	78.07	73.09	75.13	77.74
<b>LAeq, Te (dB)</b>	74.21	76.14	76.12	76.60	76.33	75.73	75.29	77.02

**Fuente: Autor, 2013.**

**Elaborado por el Autor.**

Para determinar el nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ), se consideró la ecuación 4.10 (García et al., 2012. NTP 951):

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \left[ \frac{T_e}{T_0} \right] \text{ dB(A)} \quad (4.10)$$

donde  $T_0$  es el tiempo de referencia, en este caso siempre 8 horas, y  $T_e$  de 11 horas que dura la jornada de trabajo.

### **Cálculo de la incertidumbre de la medición del nivel de exposición diario equivalente para los Ayudantes.**

Teniendo en cuenta lo mencionado por García (NTP 950, 2012), la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario  $u_{(L_{Aeq,d})}$  en el caso de una jornada completa se calcula a partir de las diferentes contribuciones  $c_i u_i$  de las diferentes componentes de incertidumbre, según la ecuación 4.11:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (4.11)$$

El valor del factor  $c_1 u_1$  es función del número de mediciones, N, llevadas a cabo durante el muestreo y del valor de la componente de incertidumbre  $u_1$  asociada a los valores de  $L_{Aeq,T,n}$  obtenidos.

De esta manera, el valor de  $u_1$  se calcula según la ecuación 4.12:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{A,eq,T,n} - \bar{L}_{A,eq,T})^2 \right]} \quad (4.12)$$

donde:

$L_{A,eq,T,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

$N$  es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

$\bar{L}_{A,eq,T}$  es la media aritmética de las  $N$  muestras de nivel de presión sonora equivalente realizadas.

El valor de  $u_1$  sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la Tabla 4.14, junto con el valor de  $N$ , y obtener el valor del factor  $c_1 u_1$ . La validación de los datos obtenidos, según la norma ISO 9612:2009 (García et al., 2012. NPT 951) establece que si el factor  $c_1 u_1$  obtenido de la tabla 4.14 es superior a 3.5 dB (resaltados en negrita) se debe revisar el plan de medición diseñado y estudiar la posibilidad bien de modificar los GEH definidos o bien de aumentar el número de mediciones,  $N$ , con objeto de reducir la incertidumbre.

Los coeficientes de sensibilidad  $c_2$  y  $c_3$  debidos, respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen en los dos casos la unidad. Los valores de  $u_2$  para el instrumento de medida clase 2 es 1.5 dB y  $u_3$  para la posición del micrófono vale 1, como menciona la norma ISO 9612:2009 (García et al., 2012. NTP 950, NPT 951).

**Tabla 4.14 Valores (en dB) del factor  $c_1 u_1$**

N	Incertidumbre estándar $u_1$											
	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	<b>5.2</b>	<b>8</b>	<b>11.5</b>	<b>15.7</b>	<b>20.6</b>	<b>26.1</b>	<b>32.2</b>	<b>39</b>	<b>46.5</b>
4	0.4	0.9	1.6	2.5	<b>3.6</b>	<b>5</b>	<b>6.7</b>	<b>8.6</b>	<b>10.9</b>	<b>13.4</b>	<b>16.1</b>	<b>19.2</b>
5	0.3	0.7	1.2	1.7	2.4	3.3	<b>4.4</b>	<b>5.6</b>	<b>6.9</b>	<b>8.5</b>	<b>10.2</b>	<b>12.1</b>
6	0.3	0.6	0.9	1.4	1.9	2.6	3.3	<b>4.2</b>	<b>5.2</b>	<b>6.3</b>	<b>7.6</b>	<b>8.9</b>
7	0.2	0.5	0.8	1.2	1.6	2.2	2.8	3.5	<b>4.3</b>	<b>5.1</b>	<b>6.1</b>	<b>7.2</b>
8	0.2	0.5	0.7	1.1	1.4	1.9	2.4	3	<b>3.6</b>	<b>4.4</b>	<b>5.2</b>	<b>6.1</b>
9	0.2	0.4	0.7	1	1.3	1.7	2.1	2.6	3.2	<b>3.9</b>	<b>4.6</b>	<b>5.4</b>
10	0.2	0.4	0.6	0.9	1.2	1.5	1.9	2.4	2.9	3.5	<b>4.1</b>	<b>4.8</b>
12	0.2	0.3	0.5	0.8	1	1.3	1.7	2	2.5	2.9	3.5	<b>4</b>
14	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	3	3.5
16	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	2	2.3	2.7	3.2
18	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9
20	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2	2.3	2.6

Fuente: García et al., 2012

Elaborado por el Autor

En la Tabla 4.15 se muestran los resultados del nivel de exposición global a ruido para los Ayudantes con la incertidumbre expandida.

**Tabla 4.15 Parámetros obtenidos para el nivel de exposición global a ruido de los Ayudantes.**

<b>L<sub>Aeq,d</sub></b>	74.35	76.28	76.25	76.74	76.47	75.87	75.43	77.16
<b>u<sub>1</sub></b>	1.49	2.70	1.01	1.98	1.83	1.43	0.67	2.20
<b>N</b>	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
<b>c<sub>1</sub>u<sub>1</sub></b>	1.2	1.7	0.7	2.4	1.7	1.2	0.7	2.4
<b>c<sub>2</sub></b>	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>u<sub>2</sub></b>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
<b>c<sub>3</sub></b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>u<sub>3</sub></b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>u</b>	2.17	2.48	1.93	3.00	2.48	2.17	1.93	3.00
<b>k</b>	1.645	1.645	1.645	1.645	1.645	1.645	1.645	1.645
<b>U</b>	3.56	4.08	3.18	4.94	4.08	3.56	3.18	4.94
<b>L<sub>Aeq,d</sub> + U</b>	77.91	80.35	79.44	81.67	80.55	79.43	78.61	82.10

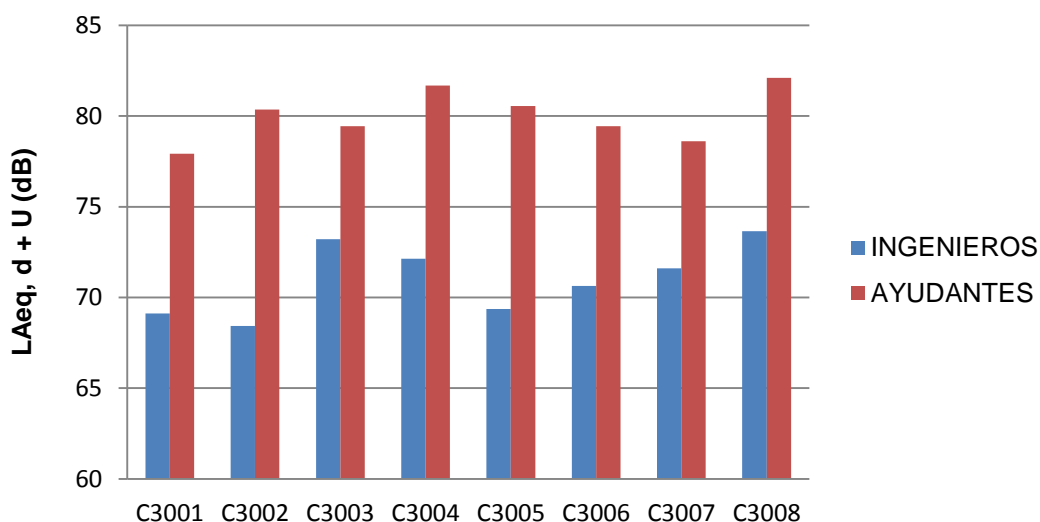
Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

#### 4.5 Evaluación del riesgo por ruido en el servicio de control geológico

##### 4.5.1 Evaluación del riesgo por ruido del personal de PLS

Para la evaluación del riesgo de exposición a ruido se determinó para cada grupo de exposición, el nivel de exposición diario equivalente  $L_{Aeq,d}$  (dB) más la incertidumbre expandida (U), para compararlos con el límite permisible de 85 dB de la normativa ecuatoriana, como se muestra en el Gráfico 4.1.



**Gráfico 4.21 Nivel de exposición equivalente diario del personal de PLS.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

Todo el personal de PLS no se encuentra sobre expuesto, por cuanto el nivel de exposición diario equivalente más la incertidumbre expandida no sobre pasa el límite permisible de 85 dB que está vigente en el Ecuador.

Para los Ingenieros se comparó con el valor inferior de exposición (VIE) de 70 dB para trabajo intelectual y el valor límite permisible (VLP) de 85 dB de la normativa ecuatoriana como se indica en la Tabla 4.16, mientras que para los Ayudantes se comparó con el límite de 80 dB como nivel de acción ya que en el caso de sobrepasar dicho nivel se debería aplicar un seguimiento permanente y los correctivos correspondientes.

**Tabla 4.16 Resultados de la comparación entre LAeq,d dB(A) del personal de PLS y la normativa ecuatoriana.**

LAeq,d + U (dB) . COMPARADO CON EL VIE ( 80 y 70 dB) Y EL LIMITE PERMISIBLE VLP (85 dB)						
CABINA	INGENIEROS			AYUDANTES		
	LAeq, d + U (dB)	70 dB	85 dB	LAeq, d + U (dB)	80 dB	85 dB
C3001	69.11	Cumple	Cumple	77.91	Cumple	Cumple
C3002	68.43	Cumple	Cumple	80.35	No cumple	Cumple
C3003	73.21	No cumple	Cumple	79.44	Cumple	Cumple
C3004	72.14	No cumple	Cumple	81.67	No cumple	Cumple
C3005	69.36	Cumple	Cumple	80.55	No cumple	Cumple
C3006	70.63	No cumple	Cumple	79.43	Cumple	Cumple
C3007	71.60	No cumple	Cumple	78.61	Cumple	Cumple
C3008	73.65	No cumple	Cumple	82.10	No cumple	Cumple

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

Los ingenieros no se encuentran sobre expuestos a ruido sin embargo, para el trabajo intelectual y de monitoreo, al sobrepasar los 70 dB no se cumple con la normativa ecuatoriana en las Cabinas C3003, C3004, C3006, C3007 y C3008, lo que indica que se debe actuar y tomar acciones, y el riesgo en este caso sería moderado.

Los ayudantes presentan un riesgo moderado en las cabinas C3002, C3004, C3005 y C3008, y se debe aplicar un seguimiento permanente y los correctivos correspondientes. En las cabinas C3001, C3003, C3006 y C3007 el riesgo es bajo y los Ayudantes no se encuentran sobre expuestos.

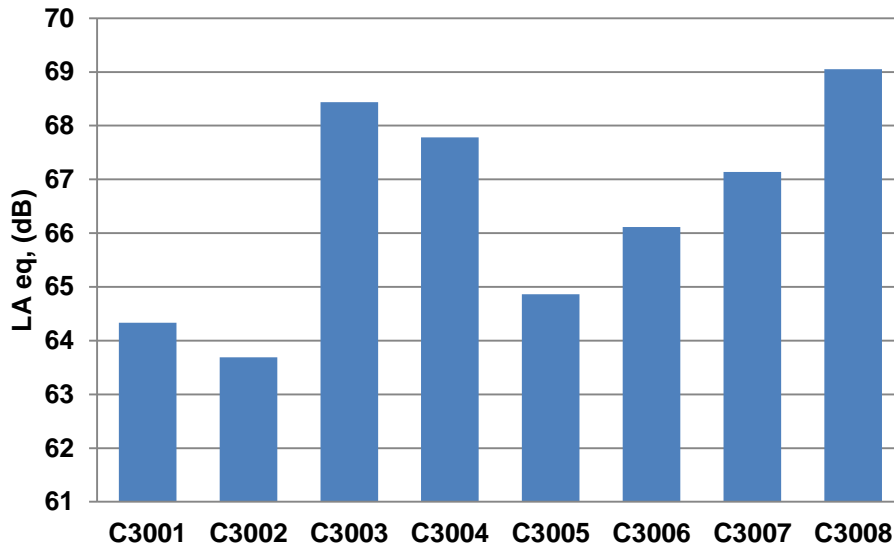
#### 4.6 Control de ruido en el servicio de Control Geológico de PLS

El ruido es un agente físico que afecta en todas las áreas del taladro de perforación, y no así en el interior de las cabinas de control geológico. Cada trabajador de PLS reduce su propia exposición, acortando el tiempo de permanencia en ambientes ruidosos y utilizando protección auditiva.

#### 4.6.1 Controles existentes en cuanto al ruido en las cabinas de PLS

##### 4.6.1.1 Acondicionamiento sonoro de las cabinas

En cuanto al acondicionamiento sonoro de las cabinas de PLS se evidencia que están convenientemente adaptadas, desde el punto de vista sonoro, y se pueden escuchar los sonidos deseados al volumen adecuado y tienen valores de ruido no superiores a los 70 dB(A), en la parte interna, como se muestra en el Gráfico 4.3.



**Gráfico 4.22 Nivel de presión sonora equivalente en el interior de las cabinas de PLS.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

Se evidencia que las cabinas cuentan con un aislamiento acústico para no perturbar las actividades que en ella se desarrollan, al presentar valores de ruido inferiores a los 70 dB(A) en su interior. Para mejorar el aislamiento acústico de las nuevas cabinas es necesario poner atención en la puerta de ingreso, en la puerta de emergencia y en los espacios alrededor de los aires acondicionados, puesto que las cabinas actuales permiten el ingreso de ruido exterior.

##### 4.6.1.2 Otras medidas de control de ruido

PLS como medidas de control del ruido presenta: controles administrativos, en algunos casos actuando sobre la fuente productora del ruido, actuando sobre las vías de propagación y actuando sobre el receptor.

###### 4.6.1.2.1 Control administrativo

Para el caso de los Ingenieros y Ayudantes de PLS, el tiempo de exposición al ruido se ha podido disminuir utilizando medidas organizativas tales como:

- ✓ Planificando las actividades para disminuir la permanencia de los Ayudantes en áreas ruidosas al colocar y calibrar los sensores.

- ✓ Acortando el tiempo de permanencia de los ayudantes en las áreas ruidosas.
- ✓ Dividiendo el trabajo ruidoso entre el personal disponible a fin de disminuir el tiempo de exposición de cada uno de ellos, como se hace con la colocación y montaje de los sensores en las diferentes áreas del taladro.

#### 4.6.1.2.2 Actuación sobre la fuente productora de ruido

- ✓ En las áreas del taladro PLS no tiene control sobre las fuentes de ruido y no puede actuar.
- ✓ Todas las cabinas presentan aislamiento del ruido exterior.
- ✓ PLS tiene un plan de mantenimiento de aires los acondicionados.

#### 4.6.1.2.3 Actuación sobre las vías de propagación

- ✓ PLS coloca las cabinas lo más lejos posible de las fuentes de ruido, y si esto no es posible las áreas o lugares donde se secan las muestras están lo más lejos posible de una fuente ruidosa.
- ✓ PLS distribuye adecuadamente los aires acondicionados en todas las cabinas.

#### 4.6.1.2.4 Actuación sobre el receptor

- ✓ PLS da inducciones a todo el personal nuevo y que ingresa al campo en cuanto a la presencia de ruido y el uso obligatorio de los protectores auditivos en las diferentes áreas del taladro.
- ✓ PLS entrega protectores auditivos, de tipo tapón o de orejera (Figura 4.5), para ser usados en las áreas ruidosas donde se desenvuelve el personal.



Protector auditivo tipo orejera



Protector auditivo tipo tapón

**Figura 4.5 Protectores auditivos utilizados en PLS.**

Fuente: Autor, 2013.

Elaborado por el Autor.

**Protector auditivo tipo copa** protege el oído donde la intensidad del ruido y las frecuencias son altas. La atenuación se muestra en la Tabla 4.17.

**Tabla 4.17 Atenuación del protector tipo copa**

<b>Frecuencia (Hz) protector</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>6000</b>	<b>8000</b>	
Promedio atenuación dB	14,1	18,8	28,1	36,2	35,6	35,0	35,5	36,0	<b>NRR</b>
Desviación estándar	2,1	2,0	3,0	2,1	2,2	2,1	2,1	2,4	<b>21dB</b>

Fuente: Arseg. (n.d.)

Elaborado por el Autor.

**Protector auditivo tipo tapón** suministra protección contra ruido por inserción en el canal auditivo, protege el oído donde existen niveles moderados de ruido. La atenuación se muestra en la Tabla 4.18.

**Tabla 4.18 Atenuación del protector tipo tapón**

	<b>NRR 22 dB (ANSI S3.19 – 1974)</b>									
	<b>SNR 33 dB (EN 352-2:2002)</b>									
<b>Frecuencia [Hz]</b>	125	250	500	1.000	2.000	3.150	4.000	6.300	8.000	
<b>Atenuación media [dB]</b>	24,2	26,7	30,2	30,6	32,1	34,8	36,6	39,7	39,9	
<b>Desviación Estándar [db]</b>	5,7	5,4	5,3	3,6	2,7	3,8	4,4	5,3	3,5	
Conforme ANSI S3.19 – 1974 / NRR (Noise Reduction Rating): Tasa de Reducción de Ruido										

Fuente: Libus. (n.d.)

Elaborado por el Autor.

Los ayudantes en el momento de tomar las muestras en las zarandas usan los protectores auditivos ya sea tipo copa que tiene un valor de nivel de reducción de ruido (NRR) de 21 dB, o tipo tapón con un NRR de 22 dB. En general cuando el personal realice cualquier tarea prolongada en áreas ruidosas en el exterior de las cabinas debe utilizar el protector auditivo, y el valor de nivel sonoro equivalente con ponderación A con atenuación será igual al valor medido por el instrumentó menos el valor de NRR suministrado por cada tipo de protector.

## **4.7 Vigilancia ambiental y de la salud de los trabajadores de PLS**

### **4.7.1 Vigilancia ambiental**

En cuanto a la vigilancia ambiental en PLS, no se tiene un programa de medición y evaluación de ruido en las cabinas, con este estudio se ha podido identificar, medir, evaluar el ruido y conocer los controles existentes, y será el punto de partida para implementar la vigilancia ambiental por ruido en el servicio que PLS brinda.

Para la vigilancia por exposición a ruido en PLS, no se evidencia actividades en campo concernientes a la vigilancia ambiental o actividades de búsqueda de daño auditivo que ayuden a prevenir la existencia de un problema en la salud auditiva de los trabajadores.

En el servicio de Control Geológico en PLS se debe implementar un programa mínimo de control y seguimiento de expuestos a ruido, que tiendan a mejorar significativamente las condiciones ambientales en las que se desenvuelve el personal de PLS, y por el tipo de trabajo para los Jefes de Cabina y Geólogos, es necesario tener la vigilancia ambiental en cada nuevo taladro.

#### 4.7.2 Vigilancia de la salud de los trabajadores

La existencia de un programa de exámenes médicos ocupacionales en PLS, ha generado probablemente una forma generalizada de los programas de conservación auditiva o programas de vigilancia de la salud, dificultando el contar con un diagnóstico real del efecto por ruido en la salud auditiva de los trabajadores de PLS.

De la información disponible en las fichas médicas de los trabajadores de PLS se ha podido determinar la presencia de tres casos con problemas auditivos y se muestran en la Tabla 4.19, y no se puede establecer una relación entre los problemas auditivos y la presencia de ruido en las áreas donde trabaja el personal afectado, por cuanto no existe un programa de vigilancia de la salud por exposición a ruido.

**Tabla 4.19 Audiometrías del personal de PLS.**

FUNCION	PERSONAL	AUDIO METRIA	CASOS DE SORDERA	CAUSA
JEFES DE CABINA (JC)	8 en turno y 4 de descanso	10	1	No se sabe
GEOLOGOS (G)	16 de turno y 8 de descanso	21	1	No se sabe
AYUDANTES (A)	16 de turno y 8 de descanso	18	1	No se sabe

Fuente: PLS, 2013.  
Elaborado por el Autor.



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Discusión de los resultados

Los datos de la encuesta entregada al personal de PLS reveló información importante que sirvió para el análisis y evaluación del ruido en las cabinas de PLS. Considerando las respuestas con porcentajes más altos se puede resumir en lo siguiente: los trabajadores en su mayoría opinan que si existe ruido, se trabaja junto a un proceso ruidoso, a veces el ruido es muy elevado, y el ruido no es producido por las tareas realizadas.

Además el ruido es continuo, y no hay equipos o maquinarias ruidosas o que produzcan ruidos muy intensos; es soportable, y el ruido en el puesto de trabajo no afecta su salud y a veces produce molestias y no distrae en el puesto de trabajo.

Las tareas realizadas a veces les llevan mucho tiempo, y siempre se utiliza protectores auditivos y no es necesario levantar la voz para conversar con otra persona. Al finalizar el trabajo no hay presencia de sordera temporal y no se ha tenido puestos de trabajo anteriores con ruido y en un alto porcentaje no hay algún parte médico por sordera.

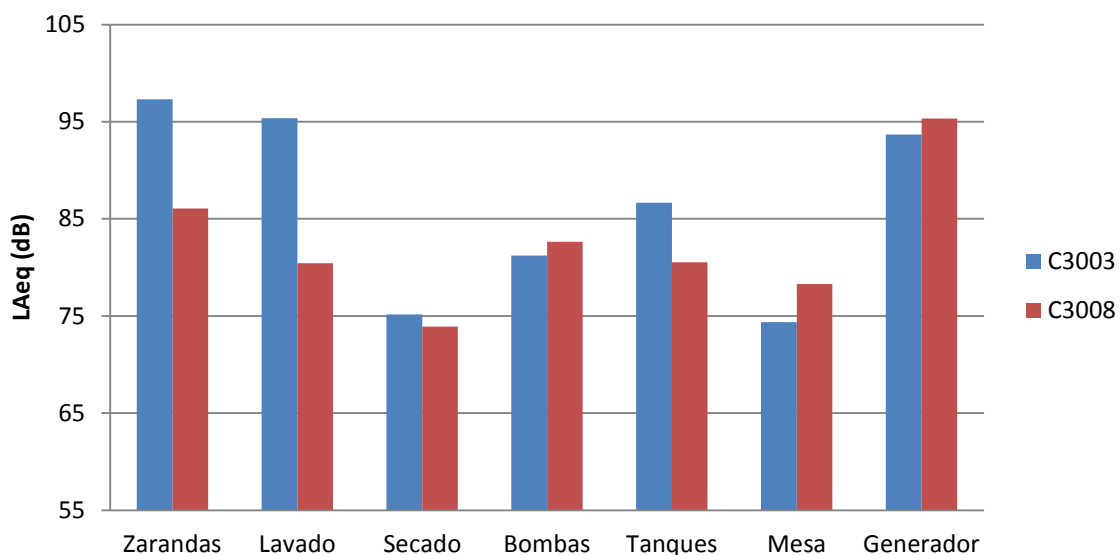
La empresa si ha informado sobre la existencia de ruido a los trabajadores, y si ha hecho chequeos médicos de los oídos, además si se preocupa por la presencia de ruido en el puesto de trabajo.

En cuanto a las mediciones del nivel de presión sonora en las ocho cabinas de PLS internamente, presentaron un valor mínimo de 62.88 dB (A) y un valor máximo 69.51 dB (A), con un valor medio de 65.20 dB (A).

En el interior de las cabinas los valores de nivel de presión sonora máximo con ponderación A (LAMax) menos el nivel de presión sonora mínimo con ponderación A (LAMin), son superiores a los 5 dB, lo que indica que el tipo de ruido es continuo variable. En cuanto a la frecuencia predominante el 50% de cabinas tiene una frecuencia de 31.5 Hz y el otro 50%, de 63 Hz, revelando que en el interior de las cabinas se tiene ruido de frecuencias bajas.

De los resultados encontrados en el interior de las cabinas la más ruidosa es la cabina C3008 y la menos ruidosa C3002.

En el exterior de las cabinas donde realizan sus actividades los Ayudantes y considerando los taladros donde se encuentran, el nivel de presión sonora varía para cada área y taladro como se indica en el Grafico 5.1.



**Gráfico 5.1 Nivel de presión sonora equivalente en el exterior de las cabinas C3003 y C3008.**

Fuente: Autor, 2013.  
Elaborado por el Autor.

De las mediciones del nivel de presión sonora equivalente con ponderación A en el exterior de las cabinas de PLS, se tiene que en las zarandas la media fue de 91.69 dB (A), en el área de lavado 87.89 dB(A), en el área de secado 74.53 dB(A), en las bombas 81.92 dB(A), en los tanques 83.25 dB(A), en la mesa del taladro 76.22 dB(A) y en los generadores 94.52 dB(A), siendo las áreas más ruidosas en los generadores donde se toma la energía para la cabina y las menos ruidosas donde se secan las muestras.

Los valores de nivel de presión sonora máximo con ponderación A (LAMax) menos el nivel de presión sonora mínimo con ponderación A (LAMin), en todas las áreas exteriores de la cabina C3003 presentan valores menores a los 5 dB, por lo que el tipo de ruido es continuo estable, al igual que en las bombas, zarandas y tanques donde se encuentra la cabina C3008. En el resto de áreas exteriores de la cabina C3008, la diferencia es mayor a 5 dB, lo que indica que el ruido es continuo variable.

En cuanto a la frecuencia predominante fue de 31.5 Hz y 63 Hz, y únicamente en el área del generador donde está la cabina C3008 fue de 1000 Hz, lo que muestra que en el exterior de las dos cabinas se tiene ruido de frecuencias bajas.

En los puestos de trabajo de los Ingenieros en las cabinas C3001, C3002 y C3005 el riesgo es bajo y en el resto de cabinas hay un riesgo moderado. Para los ayudantes el 50% de ellos supera el valor inferior de exposición de 80 dB(A), lo que implica un riesgo moderado y se debe tomar acciones, mientras que el 50% restante tiene un riesgo bajo.

El personal de PLS no se encuentra sobre expuesto a ruido, y no hay riesgo alto en los puestos de trabajo al no superar el límite permisible de 85 dB(A) de la normativa ecuatoriana, en todos los puestos medidos y evaluados.

En cuanto al control de ruido en las cabinas de PLS, el acondicionamiento sonoro en el interior de las mismas, al presentar valores inferiores a los 70 dB(A), evidencia que existe control.

La duración de las diferentes tareas y la distribución del tiempo de permanencia en las áreas de altos niveles de ruido es una medida administrativa que está presente y permite disminuir el tiempo de exposición de los trabajadores.

Los protectores auditivos tipo copa o tapón, disponibles para el personal de PLS, reducen el nivel de ruido entre 21 y 22 dB respectivamente y deben ser utilizados al realizar tareas en las áreas exteriores de las cabinas.

Las audiometrías que se realizan al personal de PLS no revelan el daño provocado por ruido y no se tiene un seguimiento de los trabajadores expuestos a ruido, del total de trabajadores el 82% se ha realizado una audiometría en el último año y no se tiene un programa de vigilancia de salud auditiva de los trabajadores.

## 5.2 Conclusiones

1. La presencia de ruido inherente a los taladros donde se encuentran las cabinas de PLS es elevada, a pesar de ello los trabajadores no se encuentran sobre expuestos a ruido, y este ambiente laboral con los controles existentes, ha permitido proteger al personal y atenuar los altos niveles de emisiones sonoras contaminantes.
2. La magnitud del riesgo por ruido en las cabinas de Control Geológico de PLS, para los Ingenieros el 37.5% presentó un riesgo bajo y el 62.5 % un riesgo moderado; mientras que para los ayudantes el 50% presentó un riesgo bajo y el otro 50% un riesgo moderado, dependiendo del taladro donde se encontró la cabina.
3. Para todos los trabajadores de las cabinas de PLS el nivel de exposición equivalente diario NO sobrepasa el nivel de riesgo que en el Ecuador es 85 dB(A).
4. El análisis y evaluación del ruido en las cabinas de PLS revelan que la percepción de los trabajadores en un alto porcentaje está acorde con los resultados encontrados.
5. El ruido presente en el interior de las cabinas es de nivel menor a los 70 dB(A), tipo continuo variable y de frecuencias bajas, mientras que el ruido en el exterior de las cabinas en las diferentes áreas, tienen un nivel mayor a los 74 dB(A) y dependiendo de los equipos existentes el ruido es

continuo estable y/o continuo variable en las áreas donde realizan sus tareas los Ayudantes.

6. La existencia de un control administrativo, utilizando medidas organizativas, permite disminuir el tiempo de exposición al ruido de los trabajadores de PLS, además con el uso del equipo de protección personal se atenúa el nivel de presión sonora equivalente permitiendo precautelar la salud del trabajador. Sin embargo es necesario implementar los controles adecuados para disminuir el nivel de presión sonora equivalente en el interior de las cabinas.
7. No es suficiente medir y evaluar el ruido que existe en el desarrollo del servicio de Control Geológico, es necesario contar con programas de vigilancia ambiental y de conservación auditiva que verifiquen constantemente la efectividad de las medidas aplicadas en cuanto a la presencia de ruido.
8. Se necesita monitorear la capacidad auditiva de los trabajadores expuestos, para prevenir una posible sordera laboral como resultado de la exposición a ruido durante el trabajo, con un programa de vigilancia de la salud adecuado y no solamente con exámenes audiométricos.

### **5.3 Recomendaciones**

1. La vigilancia en el trabajo en cuanto a ruido no se tiene, y es necesario implementar un programa de vigilancia ambiental y de vigilancia de la salud de los trabajadores, con el objetivo de mejorar el ambiente laboral en las cabinas de PLS.
2. Para el trabajo de los Jefes de Cabina y Geólogos al ser de tipo intelectual es necesario disminuir el nivel de presión sonora equivalente en el interior de las cabinas y no sobrepasar el nivel de exposición de 70 dB(A), como dice la norma ecuatoriana vigente, por cuanto las descripciones de los rípios de perforación y el monitoreo de parámetros de perforación pueden ser afectados en su calidad y confiabilidad.
3. Diseñar y desarrollar un software siguiendo los criterios de la norma internacional sobre medición y valoración de la exposición a ruido laboral, que facilitase el diseño del muestreo, en función de la estrategia a utilizar, y del número de individuos a evaluar, y que además se considere el cálculo de la incertidumbre.
4. La gestión del riesgo por ruido en las cabinas de PLS debe considerar un procedimiento de medición y valoración de la exposición a ruido para cada nuevo proyecto o taladro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acustical. (n.d.). *Manual del Usuario Sonómetro Optimus Red (CR:162C)*. Santiago: Autor.
- Alonso, R., y Rojo, O. (1981). *Física Campos y Ondas*. México D. F.: Fondo Educativo Interamericano, S. A.
- Arseg. (n.d.). Ficha Técnica: Protector auditivo tipo copa. Bogotá: Autor.
- Asfahl, R. (2000). *Seguridad Industrial y Salud*. 4ta ed. México: PRENTICE HALL.
- Camposeco, I. (2003). *Medición, evaluación y control del ruido en una industria de maquilado de tubería de acero*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
- Chile. Ministerio de Salud. (2011). *Protocolo sobre normas mínimas para el desarrollo de programas de vigilancia de la pérdida auditiva por exposición a ruido en los lugares de trabajo (PREXOR)*. Santiago de Chile: Departamento de Salud Ocupacional.
- Chile. Ministerio de Salud. (2012). *Guía preventiva para los trabajadores expuestos a ruido*. Chile: Instituto de Salud Pública de Chile.
- CIAS. (n.d.). *Control del Ruido*. Guía para Trabajadores y Empleadores. Englewood: Consejo Interamericano de Seguridad.
- Denisov, E., Suvorov, G. (1998). *Medición del ruido y evaluación de la exposición*. En la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo (Vol VI, Capítulo 47, p 47.6). Madrid: OIT-Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Driscoll, D. (1998). *Técnicas de control del ruido*. En la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. (Vol VI, Capítulo 47, p 47.8). Madrid: OIT-Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Ecuador (1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393*. Quito: Registro Oficial 565.
- EP Petroecuador. (2012). *Plan Operativo Año 2012*. Quito: Coordinación General de Planificación Estratégica y Control de Programas.
- Falagán, M. (2005). *Higiene Industrial Aplicada "Ampliada"*. Oviedo: Fundación Luis Fernández Velasco.
- Falagán, M., Canga, A., Ferrer, P. y Fernández J. (2000). *Manual Básico de Prevención y Riesgos Laborales. Higiene Industrial, Seguridad y*

*Ergonomía*. Oviedo: Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo y Fundación Médicos Asturias.

- Fundación MAPFRE. (2003). *Manual de Higiene Industrial*. Madrid: MAPFRE.
- García, A., Garrigues, J., y García, A. (1998). *Estudio del ruido ambiental y sus efectos auditivos sobre los trabajadores en industrias del sector textil*. Arch Prev Riesgos Labor. Obtenida el 15 de septiembre del 2012, [www.scsmt.cat/Upload/Documents/2/7/278.pdf](http://www.scsmt.cat/Upload/Documents/2/7/278.pdf).
- García, J., y Luna, P. (2012). *NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición*. Madrid: INSHT.
- García, J., y Luna, P. (2012). *NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias*. Madrid: INSHT.
- Giancoli, D. (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería* (4ta ed.). México: Pearson Educación.
- Gil, A., y Luna, P. (2006). *NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos*. Madrid: INSHT.
- Gómez-Cano M, (2006). *Ruido: Evaluación y Acondicionamiento Ergonómico*. Madrid: INSHT.
- Harris, C. (1977). *Manual para el control del Ruido*, Tomo I, Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local.
- INSHT. (2006). *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición de los Trabajadores al Ruido*. Madrid: Autor.
- INSL. (2008). *Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición al ruido*. Navarra: Autor.
- ISO 9612:2009. *Acoustics. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment*.
- Jachero, L. (2010). *Análisis estadístico de los niveles de presión sonora y evaluación de los parámetros de ruido con respecto a la duración de la jornada laboral*. Cuenca: Centro de Estudios Ambientales.
- Libus. (n.d.). *Ficha Técnica: Protector Auditivo tipo tapón QUANTUM CJ*. Buenos Aires: Autor.

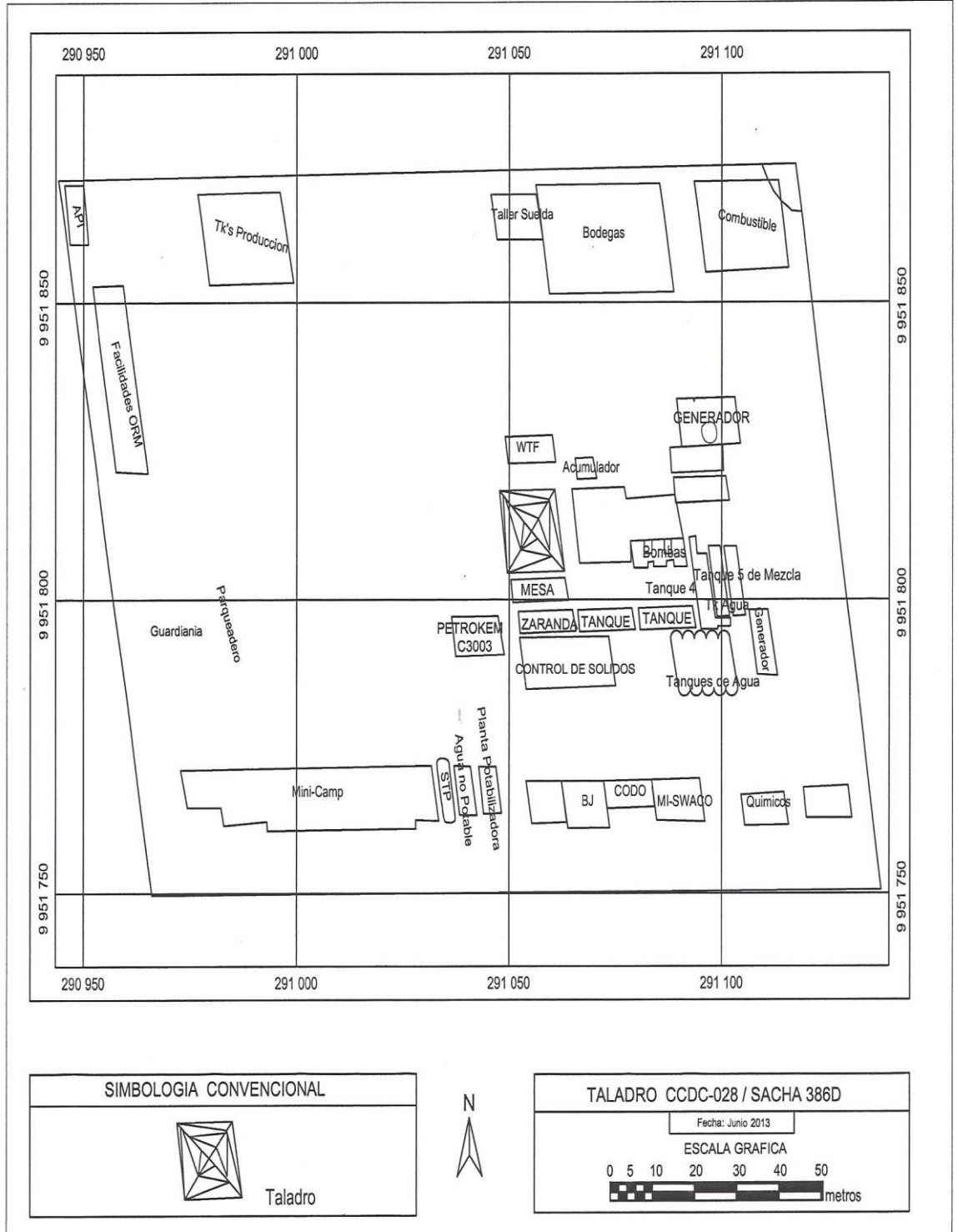
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2002). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI anexo 5. Límites permisibles de niveles de ruido Ambiente*. Quito: Autor.
- NIOSH, National Institute Safety and Health (1994). *Manual of Analytical Methods. Sampling Strategy*.
- OIT. (2001). *Factores Ambientales en el Lugar de Trabajo*. Ginebra: Autor.
- OSHA (1995). Technical Manual. *Noise Measurement*. Section III: Chapter 5.
- Pavón, I. (2007). *Ambientes Laborales de Ruido en el Sector Minero de la Comunidad de Madrid: Clasificación, Predicción y Soluciones*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Pérez, D. (2010). *Validez Interna y Externa de la Investigación Científica*. Obtenido el 20 de octubre del 2012, de <http://psicuasgrupo31semies.blogspot.com>
- Petrokem Logging Services, PLS. (2011). *Reglamento Interno de Seguridad, Salud y Ambiente (2da ed.)*. Quito: Autor.
- Rejano de la Rosa, M. (2000). *Ruido Industrial y Urbano*. Madrid: Paraninfo.
- Salazar, A. (n.d.). *Exposición Ocupacional a Ruido*. Diplomado en Ergonomía. Modulo N° X. Ruido y Vibraciones. Chile: Universidad de Concepción.
- Sánchez, D. (2005). *Evaluación de la exposición a ruido en lugares de trabajo, usando estimaciones estadísticas de un muestreo semi-aleatorio de niveles de presión sonora*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Suter, A. (1998). *Normas y reglamentaciones*. En la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. (Vol VI, Capítulo 47, p 47.12). Madrid: OIT-Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Tarira, R., Orces, E. (2006). *Estudio de la contaminación sonora en una planta productora de electrodos*. Guayaquil: ESPOL.
- Todd, L. (1998). *Evaluación del medio ambiente de Trabajo*. En la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. (Vol IV, Capítulo 30, p 30.15). Madrid: OIT-Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales.
- UTE, Dirección General de Posgrados. (2011). *Manual de Presentación y Desarrollo de Trabajos de Grado*. Obtenido el 10 de junio del 2012 de [www.ute.edu.ec](http://www.ute.edu.ec)

- UTE, Dirección General de Posgrados. (2013). *Manual de Presentación y Desarrollo de Trabajos de Grado*. Obtenido el 06 de julio del 2013 de [www.ute.edu.ec](http://www.ute.edu.ec)



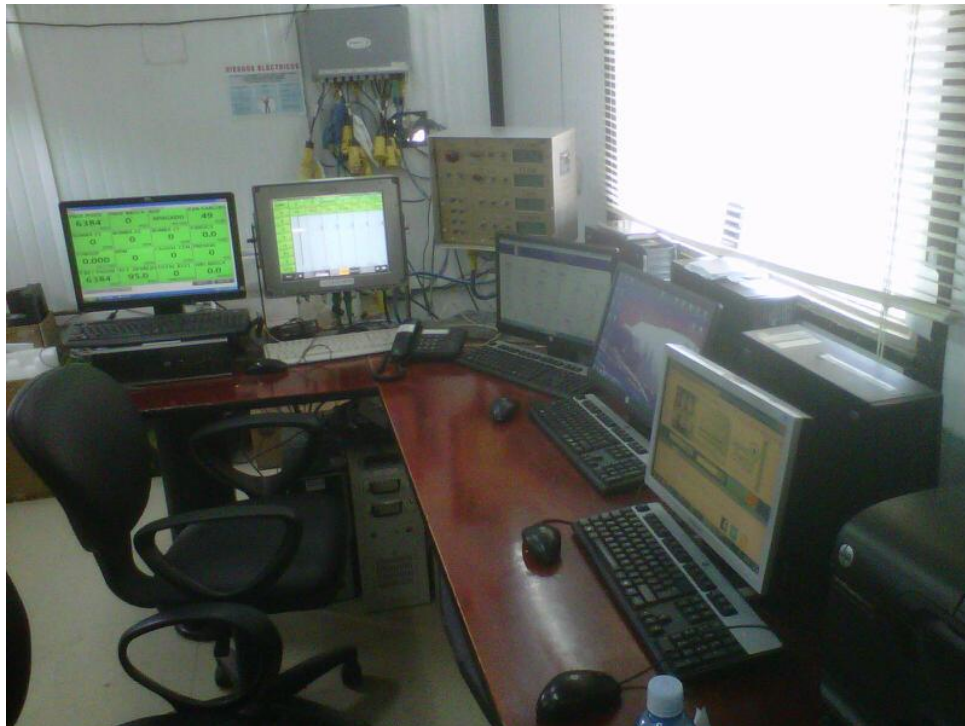
# ANEXOS

## ANEXO 1. ÁREAS DEL TALADRO DE PERFORACIÓN – CCDC28



Fuente: CCDC 28.  
Elaborado por el autor.

**ANEXO 2**  
**INTERIOR DE LA CABINA C3008**



Fuente: Autor, 2013.  
Tomada por el autor.

## ANEXO 3

### CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

# Certificate of Calibration



#### Equipment Details

Instrument Manufacturer	Cirrus Research plc
Instrument Type	Sound Level Meter
Model Number	CR:162C
Serial Number	53178

#### Calibration Procedure

The instrument detailed above has been calibrated to the published test and calibration data as detailed in the instrument handbook, using the techniques recommended in the latest revisions of the International Standards IEC 61672-1:2002, IEC 60651:1979, IEC 60804:2001, IEC 61260:1995, IEC 60942:1997, IEC 61252:1993, ANSI S1.4-1983, ANSI S1.11-1986 and ANSI S1.43-1997 where applicable.

Sound Level Meters: All Calibration procedures were carried out by substituting the microphone capsule with a suitable electrical signal, apart from the final acoustic calibration.

#### Calibration Traceability

The equipment detailed above was calibrated against the calibration laboratory standards held by Cirrus Research plc. Which are traceable to the appropriate International Standards.

The Cirrus Research plc calibration laboratory standards are:

Microphone Type	B&K4180	Serial Number	1893453	Calibration Ref.	S 6009
Pistonphone Type	B&K4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S 5964

Calibrated by

*T. A. Goodill*

Calibration Date

08 May 2012

Calibration Certificate Number

197496



This Calibration Certificate is valid for 24 months from the date above

Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road, Hummerby, North Yorkshire, YO14 0PH  
Telephone: +44 (0) 1723 891655 Fax: +44 (0) 1723 891742  
Email: sales@cirrusresearch.co.uk

# Certificate of Calibration



## Equipment Details

Instrument Manufacturer	Cirrus Research plc
Instrument Type	Acoustic Calibrator
Model Number	CR:514
Serial Number	53542

## Calibration Procedure

The acoustic calibrator detailed above has been calibrated to the published data as described in the operating manual. The procedures and techniques used to follow the recommendations of the IEC standard Electroacoustics – Sound Calibrators IEC 60942:2003, IEC 60942:1997, BS EN 60942:1998 and BS EN 60942:2003 where applicable. The calibrator's main output is 94.00 dB (1 Pa) and this was set within the 0.01 dB resolution of the test system, i.e. one hundredth of a decibel. Numbers in (parenthesis) refer to the paragraph in IEC 60942.

## Calibration Traceability

The calibrator above was calibrated against the calibration laboratory standards held by Cirrus Research plc. These are traceable to International Standards (A.0.6). The standards are:

Microphone Type	B&K4180	Serial Number	1893453	Calibration Ref.	S 6009
Pistonphone Type	B&K4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S 5964

## Calibration Climate Conditions

The climatic test conditions were all maintained within the permitted limits of IEC 60942:1997.

Temperature	{B.3.2}	Permitted band	15°C to 25°C
Humidity	{B.3.2}	Permitted band	30% to 90% RH
Static Pressure	{B.3.2}	Permitted band	85 kPa to 105 kPa
Ambient Noise Level	{B.3.3.6}	Max permitted level	64 dB(Z)

## Measurement Results

The figures below are the Calibration Laboratory test limits for this model calibrator and have a smaller tolerance than those permitted in IEC 60942.

94 dB Output	93.99	dB	Permitted band	93.95 to 94.05dB
Frequency	1000	Hz	Permitted band	990 to 1010Hz

## Uncertainty

With an uncertainty coefficient of  $k=2$ , i.e. a 95% confidence level, the uncertainty of each measure is

94 dB Output	$\pm 0.13$ dB	104 dB Output	$\pm 0.14$ dB
Frequency	$\pm 0.1$ Hz	Level Stability	$\pm 0.04$ dB

Calibrated by

Calibration Date

08 May 2012

Calibration Certificate Number

197497

This Calibration Certificate is valid for 24 months from the date above.

Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road, Huzmanby, North Yorkshire, YO14 0PH  
Telephone: +44 (0) 1723 891655 Fax: +44 (0) 1723 891742  
Email: sales@cirrusresearch.co.uk



## Certificate of Calibration

Certificate Number: 90006  
Document Number: 64315

### Customer Details:

Customer Name: B AND R ELECTRONIC SUPPLY INC

### Instrument Details:

Manufacturer:	EXTECH INSTRUMENTS	Calibration Date:	April 5, 2013
Description:	SOUND LEVEL CALIBRATOR	Calibration Due:	April 5, 2014
Model Number:	407766	Cal. Interval:	12 MONTHS
Serial Number:	Z309719	As Received:	NEW
Equip. ID Number:	N/A		

### Environmental Details:

Temperature: 21 Deg. +/- 5 C      Relative Humidity: 40 % +/- 15 %

### Procedures Used:


Calibration Procedure: EICM407766-CP

## Certification

Extech Instruments certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ISO 10012-1 and ANSI/NCSL Z540-1-1994. This certificate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of Extech Instruments Corporation. All the calibration standards used have an accuracy ratio of 4:1 or better, unless otherwise stated.

### Technicians Notes:

Technician: STEVE SOUSA

Approved By: 

## Certificate of Calibration

Certificate Number: 90006

Document Number: 64315

Model Number: 407766

S/N: Z309719

As Received

### Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
Function: dB (A Weighting Curve)FrequencyDistortion						
94.0 dB	94.0	+/- (0.5 dB)	94.5	93.5	0.0	PASS
114.0 dB	114.0	+/- (0.8 dB)	114.8	113.2	0.0	PASS
1000 kHz (94.0 dB)	1000	+/- (5.0%FS)	1050	950	0	PASS
0.0 Distortion	0.6	<2%	2.0	0.1	0.6	PASS

### Final Reading

#### Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
Function: dB (A Weighting Curve)FrequencyDistortion						
94.0 dB	94.0	+/- (0.5 dB)	94.5	93.5	0.0	PASS
114.0 dB	114.0	+/- (0.8 dB)	114.8	113.2	0.0	PASS
1000 kHz (94.0 dB)	1000	+/- (5.0%FS)	1050	950	0	PASS
0.0 Distortion	0.6	<2%	2.0	0.1	0.6	PASS

UUT-Unit Under Test

### Standards Used

Manufacturer	Model #	Serial #	Description	Cal. Due Date
HEWLETT-PACKARD	334A	822-01348	DISTORTION ANALYZER	February 7, 2014
BRUEL & KJAER	4226	2590973	ACOUSTIC CALIBRATOR 4226	June 22, 2013
RACAL-DANA	1962	670676	ELECTRICAL COUNTER	February 7, 2014

## ANEXO 4

### REPORTE DE LAS MEDIDAS CON EL DOSÍMETRO

	E1	E2	E3	E4	E5
Used or not	Used	Used	Used	Used	Used
Criterion level	85dB	85dB	85dB	85dB	85dB
Threshold level	70dB	70dB	70dB	70dB	70dB
Exchange Rate	5dB	5dB	5dB	5dB	5dB
Time Weighting	Slow	Slow	Slow	Slow	Slow
dBRMS 115	No	No	No	No	No
Exceed 140dB	No	No	No	No	No
Start Date(mm:dd)	06-10	06-10	06-10	06-11	06-11
Start Time(hh:mm)	07:02	12:03	19:04	00:00	07:00
Stop Time(hh:mm)	11:05	16:04	23:08	04:01	11:03
Exposure Time(hh:mm)	04:03	04:01	04:04	04:01	04:03
Dose Value(%)	22.27	17.67	30.39	20.87	19.43
TWA(8hr %Dose)	74.2	72.5	76.4	73.7	73.2
PEAK FLAG TIME(hh:mm)					
PEAK DURATION(hh:mm)					

Name: Ayudante

Address: C3001

Company: PLS

## **ANEXO 5**



# Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición

*Strategies for measuring and assessing noise exposure (I): Measurement uncertainty.  
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (I) : l'incertitude de mesure.*

## Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán  
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza  
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES  
DE TRABAJO

*En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 951 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP se centra en el cálculo de la incertidumbre. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.*

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 951 y 952. Junto con las NTP 951 y 952 sustituyen a la NTP 270

## 1. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, introdujo el concepto de incertidumbre en su articulado. Este hecho ha obligado a considerar el dato de la incertidumbre en la expresión final del resultado de una medición de ruido, tal y como ya reflejaba la Directiva europea 2003/10/CE, de la que emana la citada norma española.

En su Anexo II, el citado real decreto establece la necesidad de comparar el resultado de la medición de ruido con los valores de referencia teniendo en cuenta el intervalo de incertidumbre asociado. Asimismo, dispone que la determinación del referido intervalo de incertidumbre se llevará a cabo *de conformidad con la práctica metrológica*.

En el marco de esa práctica metrológica, la Norma UNE EN ISO 9612:2009 aporta un método para la medición de la exposición al ruido de los trabajadores y para el cálculo del nivel de exposición y de la incertidumbre asociada.

Durante el proceso de redacción de la mencionada norma, se elaboró la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el año 2008. El Apéndice 5 de dicha Guía Técnica, que recoge los aspectos relativos a las mediciones del nivel del ruido, se inspiró en un borrador de la mencionada norma que, finalmente, no coincidió con la versión definitiva de la misma.

## 2. CONCEPTOS RELATIVOS A LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO

El resultado de la medición de cualquier magnitud física, como es el ruido, debe ir acompañado de una indicación de la *calidad* de dicho resultado, de manera que quienes manejen ese dato puedan evaluar la idoneidad del mismo. Sin esta indicación, que es precisamente la incertidumbre, las mediciones no podrían compararse entre sí ni con valores de referencia.

La incertidumbre de medida se define como el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (siendo el mensurando la magnitud particular objeto de la medición). En el caso de la medición de la exposición laboral al ruido, el mensurando es el nivel de exposición diario equivalente,  $L_{Aeq,d}$ .

Por lo general, en la realización de cualquier medición (no sólo de la exposición al ruido) se cometen imperfecciones que dan lugar a un error en el resultado de la medición.

Los términos error e incertidumbre no son sinónimos, sino que se trata de conceptos diferentes.

El *error* se define como la diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mensurando. Se trata, por tanto, de un valor y de un concepto ideal que, como tal, puede no conocerse con exactitud jamás. La *incertidumbre*, en cambio, es un rango, se estima para un procedimiento de medición y, posteriormente, se aplica

a todas las determinaciones descritas en el mencionado procedimiento. Es una expresión del hecho de que, para un mensurando y un resultado de medida dados, no existe un único valor, sino un infinito número de valores dispersos en torno al resultado que son compatibles con todas las observaciones, datos y conocimientos que se poseen y que, con diferentes grados de credibilidad, pueden atribuirse al mensurando.

En la realización de una medición de la exposición al ruido existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre debidas tanto a errores como a alteraciones naturales de las condiciones de trabajo. La exactitud y precisión de la medición de la exposición al ruido, objetivos primordiales, van a depender fundamentalmente de un conocimiento profundo de la/s exposición/es, de los aparatos empleados y de la estimación de los tiempos de exposición.

Entre las posibles fuentes de incertidumbre cabe destacar:

- La instrumentación empleada y su calibración.
- La posición del micrófono.
- Las variaciones en el trabajo diario, en las condiciones operativas, etc.
- El tipo de muestreo llevado a cabo, como tal.
- Falsas contribuciones, tales como el viento, corrientes de aire o impactos en el micrófono.
- Un análisis inicial de las condiciones de trabajo deficiente.
- Las contribuciones de fuentes de ruido atípicas tales como conversaciones, música, señales de alarma o comportamientos anormales.

Los errores derivados de los posibles impactos sobre el micrófono, las corrientes de aire o las contribuciones anómalas deben ser controlados y minimizados al máximo, en la medida de lo posible.

Las demás fuentes de incertidumbre en la medición de ruido, por su parte, deben ser también controladas pero en algunos casos imposibles de minimizar. Para su evaluación, son tratadas matemáticamente de forma independiente. Cada componente de incertidumbre se expresa como una desviación estándar y se denomina incertidumbre estándar,  $u_i$ .

Para el resultado de la medición de ruido, se calcula la incertidumbre estándar combinada,  $u$ , que proviene de la combinación de todas las componentes de la incertidumbre estándar,  $u_i$ . Las contribuciones de cada componente se calculan utilizando los correspondientes coeficientes de sensibilidad,  $c_i$ . El cálculo es mediante la ecuación:

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2$$

La incertidumbre estándar combinada,  $u$ , de una función,  $y$ , es la raíz cuadrada de la suma de ciertos términos que son las varianzas de las variables medibles ponderadas de acuerdo a la importancia, que la variación de cada una, tiene en el resultado final. Los coeficientes de sensibilidad (también llamados de ponderación) son las derivadas parciales de la función respecto a las variables medibles.

$$u^2(y) = \left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 u^2(x_1) + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2}\right)^2 u^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n}\right)^2 u^2(x_n)$$

La incertidumbre estándar combinada  $u$  de la función  $y$  es una estimación de la desviación estándar y caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mensurando, y  $u(x_i)$  es la incertidumbre

estándar asociada a las variables medidas. Esta última, cuando se han realizado varias mediciones y se dispone de  $N$  valores se calcula a partir de la desviación estándar ( $\sigma$ ) de la muestra de la siguiente manera:

$$u(x_i) = \frac{\sigma(x_i)}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N [x_{ij} - \bar{x}_i]^2}{N(N-1)}}$$

A partir de la incertidumbre estándar combinada,  $u$ , se obtiene la incertidumbre expandida,  $U$ , que aporta el intervalo dentro del cual se encuentra el valor del mensurando con un determinado nivel de confianza. Se calcula multiplicando la incertidumbre estándar combinada,  $u$ , por un factor de cobertura,  $k$ , que es función del nivel de confianza que queramos asumir.

$$U = k u$$

En este punto se puede escoger entre un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico. De este modo, el resultado de la medición de la exposición al ruido vendría dado, en el primer caso, por la expresión:

$$L_{Aeq,d} + U$$

Y en el segundo caso por la expresión:

$$L_{Aeq,d} \pm U$$

En cada caso, el valor del factor de cobertura,  $k$ , varía, adoptando los valores de la tabla 1 para una distribución logarítmica normal, como es la que se asume para los valores de exposición al ruido.

Nivel de confianza	k	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1,645	1,2816
95	1,96	1,645
95.45	2	-
97.5	-	1,96

Tabla 1. Valores del factor de cobertura,  $k$ , para una distribución normal y en función del intervalo

Este es el proceso matemático habitual y adoptado en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, que propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza.

### 3. COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DEL RUIDO

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 propone tres estrategias de medición (tareas, puesto de trabajo (función) o jornada completa) de cara a garantizar la representatividad de una medición de la exposición al ruido, aportando también los cálculos necesarios para la obtención de las correspondientes incertidumbres.

Para cada estrategia de muestreo existe un trata-

miento matemático diferente de las componentes de la incertidumbre asociada al resultado. Sin embargo, las incertidumbres debidas tanto a los instrumentos de medida empleados como a la posición del micrófono son comunes a las tres estrategias, tal y como se describe a continuación.

**Incertidumbre debida a los instrumentos de medida empleados,  $u_2$**

En función del instrumento de medida utilizado, se aplicará un valor de incertidumbre estándar diferente.

La utilización de un sonómetro de clase 1, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, conlleva un menor valor de incertidumbre estándar, al tratarse de equipos más precisos y con límites de tolerancia menores.

Sin embargo, el empleo de un sonómetro de clase 2, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, o de un dosímetro, que cumpla con la norma UNE EN 61252/A1:2003, supone aplicar un valor mayor de incertidumbre estándar.

Los valores a aplicar según la Norma UNE EN ISO 9612:2009 se recogen en la tabla 2.

Como ya se comentó al inicio del presente documento, para la elaboración de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 del INSHT se empleó un borrador de la Norma UNE EN ISO 9612:2009. Dicho borrador incluía valores inferiores a los reflejados en la tabla 2 para la incertidumbre estándar de los instrumentos de medida, tal y como recoge la citada Guía Técnica.

Tipo de instrumento	$u_2$
Sonómetro Clase 1	0,7 dB
Dosímetro personal	1,5 dB
Sonómetro Clase 2	1,5 dB

Tabla 2. Incertidumbre estándar de los instrumentos

Para el posterior cálculo de la incertidumbre expandida, estos valores de incertidumbre estándar debida a los instrumentos de medida se multiplican por un coeficiente de sensibilidad,  $c$ . En el caso de las estrategias de muestreo basadas en el puesto de trabajo (función) y en la jornada completa, este coeficiente tiene un valor de 1. En el caso de la estrategia de muestreo basada en la tarea, requiere de un cálculo matemático específico que se desarrolla en la parte II de esta NTP.

**Incertidumbre debida a la posición del micrófono,  $u_3$**

La Norma UNE EN ISO 9612:2009, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB.

Sin embargo, conviene señalar que la Guía Técnica refleja diferentes valores para esta incertidumbre estándar, en función del instrumento empleado y la ubicación del trabajador.

# Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias

*Strategies for measuring and assessing noise exposure (II): Types of strategies*  
*Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (II) : types de stratégies*

## Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán  
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS  
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza  
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES  
DE TRABAJO

*En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 950 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP trata de la planificación de las mediciones. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.*

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 950 y 952. Junto con las NTP 950 y 952 sustituyen a la NTP 270

## 1. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN AL RUIDO

El desconocimiento de las características de las exposiciones, es decir, de las condiciones de trabajo en lo que respecta a la exposición al ruido es una de las fuentes de incertidumbre más importantes. Se trata asimismo de una fuente de incertidumbre no evaluable o medible por lo que su control y minimización son muy importantes. Por todo ello, es imprescindible un análisis previo de dichas condiciones en el que deberá participar activamente la empresa en cuestión, tanto los mandos como los trabajadores expuestos, en estrecha colaboración con el técnico de prevención.

La figura 1 muestra el diagrama de flujo de la metodología global aquí descrita.

El objetivo básico de esta metodología es preparar un plan de medición que permita obtener una evaluación representativa y fiable de la exposición.

En primer lugar, conviene realizar un análisis de las condiciones de trabajo lo más exhaustivo posible, estudiando las características de la empresa. El técnico de prevención deberá, asimismo, contrastar los datos aportados con las siguientes fuentes de información:

- Observaciones propias de las condiciones existentes.
- Entrevistas con los mandos y los trabajadores expuestos.
- Si existe una evaluación de la exposición al ruido previa, es importante su consulta.
- En algunos casos, incluso resultará conveniente el realizar medidas puntuales “exploratorias”, sobre todo en el caso de situaciones en cierto modo desconocidas.

Con todo ello, el técnico de prevención debe:

1. Delimitar en qué áreas de trabajo deberá llevarse a cabo la evaluación de la exposición al ruido.

2. Sobre qué puestos de trabajo o trabajadores deberá realizarse la evaluación y si existe la posibilidad de constituir Grupos de exposición homogénea (en adelante GEH).
3. Tener en cuenta si existe la posibilidad de que ocurran episodios de ruido significativos en la jornada de trabajo.

## 2. GRUPOS DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA (GEH)

Un Grupo de exposición homogénea (GEH) es un grupo de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes. La definición de un GEH requiere del criterio profesional de un técnico de prevención en base a la información recabada con anterioridad.

Los GEH pueden constituirse siguiendo diferentes criterios: en función del puesto de trabajo, de la tarea a desarrollar, del área de trabajo o incluso según el proceso productivo. Su constitución permite muestrear sobre un número representativo de trabajadores de exposición similar. Sin embargo, se trata de un proceso complejo ya que, por un lado, GEH demasiado grandes supondrán exposiciones no del todo homogéneas y, por otro lado, GEH demasiado pequeños conllevarán un mayor esfuerzo de medición. Un GEH puede estar constituido por un solo trabajador, si su exposición es muy específica.

## 3. ESTUDIO DE UNA JORNADA DE TRABAJO NOMINAL

Con el objetivo de obtener una visión general y una comprensión global de todos los factores que van a influir en

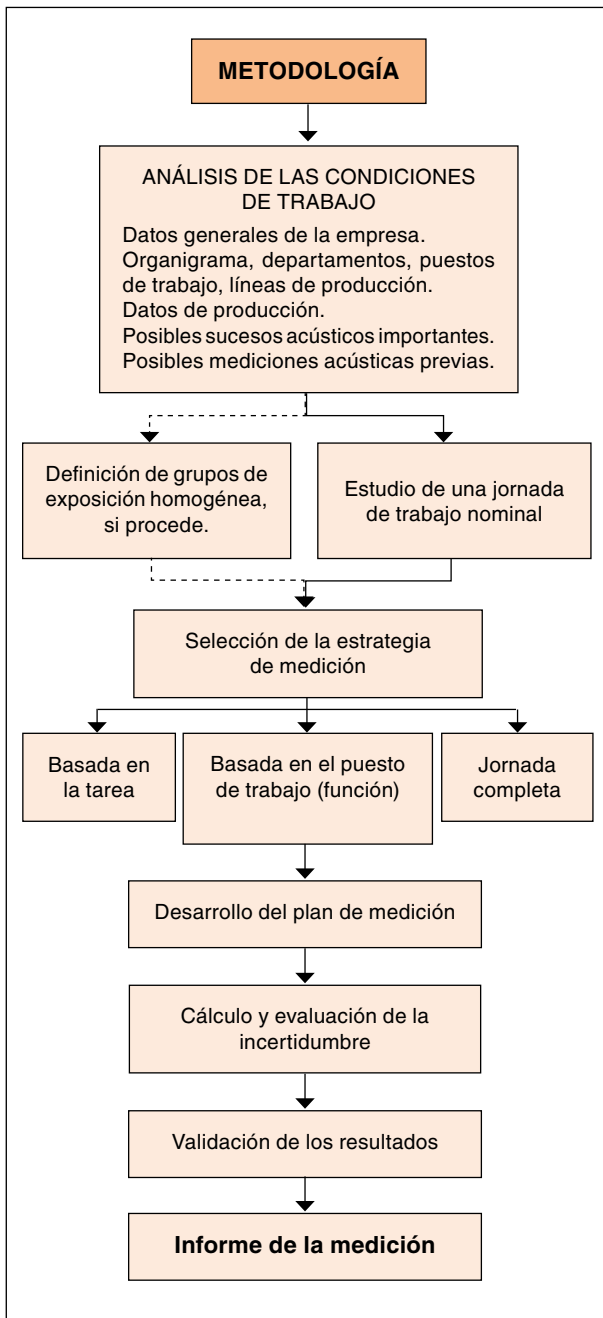


Figura 1. Metodología de actuación para la medición del ruido

la exposición al ruido, conviene determinar una jornada de trabajo nominal, contemplando los siguientes aspectos de la misma:

- Tareas que se realizan, incluyendo sus características y su duración, y variaciones entre las diferentes tareas.
- Principales fuentes de ruido y áreas de trabajo más ruidosas.
- Patrón de trabajo y episodios de ruido significativos que puedan influir en el nivel de ruido.
- Número y duración de posibles descansos, reuniones, etc. y su inclusión o no dentro de la jornada de trabajo habitual.

Esta jornada de trabajo nominal será objeto de la medición para determinar la exposición al ruido, pudiendo tratarse de la jornada en la que se prevea una exposición mayor. En aquellos casos en los que el trabajo varíe notablemente de una jornada a otra, puede ser necesario el

utilizar el promedio semanal, definido en el Real Decreto 286/2006.

#### 4. SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Las tres estrategias de medición desarrolladas para la determinación de la exposición al ruido en el trabajo son:

- Basada en la tarea:* el trabajo a realizar en la jornada laboral se subdivide en un determinado número de tareas representativas que son medidas independientemente.
- Basada en el puesto de trabajo (función):* la medición se realiza sobre trabajadores que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo, difícilmente subdivisibles y, por lo general, en el marco de un GEH.
- Jornada completa:* la medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada laboral.

La selección de la estrategia de medición más apropiada va a depender de muchos factores tales como el objeto de la medición, la complejidad de las condiciones de trabajo, el número de trabajadores expuestos, la duración de la exposición a lo largo de la jornada de trabajo, e incluso del tiempo disponible por el técnico de prevención para la medición en sí misma y para el posterior análisis de los resultados.

Asimismo, la selección se basará en el conocimiento previo de la exposición al ruido de que se disponga. Cada una de las estrategias presenta diferentes peculiaridades que la hacen más o menos apropiada para cada situación y que se desarrollan en los siguientes apartados.

#### 5. ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA

La jornada de trabajo nominal estudiada debe poder dividirse en tareas u operaciones diferentes y concretas, de manera que durante la realización de cada una de ellas el trabajador tenga una exposición al ruido similar, es decir, que se obtengan valores de  $L_{Aeq,T}$  homogéneos.

Ejemplos de aplicación:

- Taller de corte de piezas y posterior soldadura de las mismas.
- Cadena de montaje de la industria del automóvil.

Las claves del enfoque por tareas son las siguientes:

- Amplio y profundo conocimiento de las condiciones de trabajo.
- Tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruido significativos y asegurarse de que están incluidos en las tareas definidas y en los períodos de medición.
- La estimación de la duración de la tarea es fundamental y es un factor de incertidumbre a calcular posteriormente.
- Tiempos de medición cortos, menor esfuerzo de medición que las otras estrategias.

Cuando resulta aplicable, esta estrategia aporta una valiosa información sobre las contribuciones de las diferentes tareas u operaciones al nivel de exposición diario global. Esto supone una gran ventaja si el objetivo es priorizar actuaciones preventivas en el marco de un programa de control de la exposición al ruido.

Asimismo, esta estrategia permite la posibilidad de calcular el nivel de exposición al ruido de jornadas de trabajo diferentes a aquéllas en las que se han llevado a cabo las mediciones propiamente dichas, en función

de la distribución y la duración de las tareas definidas y medidas.

**Duración de la tarea**

La duración de la tarea puede ser estimada a partir de la información obtenida de los trabajadores y demás personal entrevistado o bien puede medirse tras repetidas observaciones.

Se calculará entonces la media aritmética,  $\bar{T}_m$  de la duración de cada tarea  $m$  a partir de los  $J$  valores obtenidos,  $T_{m,j}$ , aplicando la siguiente ecuación:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad (1)$$

La suma de las duraciones de las diferentes tareas,  $T_m$ , se corresponderá con la duración de la jornada de trabajo nominal,  $T_e$ , según la ecuación:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m \quad (2)$$

donde  $T_m$  es la duración media de la tarea  $m$  y  $M$  es el número total de tareas identificadas.

**Obtención de  $L_{Aeq,d}$  en la estrategia basada en la tarea**

Para cada tarea,  $m$ , se medirá el  $L_{Aeq,T,m}$  correspondiente.

La duración de cada medición se prolongará lo suficiente como para que sea ésta representativa de la exposición al ruido durante el desarrollo de la tarea en cuestión.

En este sentido, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Si la tarea dura menos de 5 minutos, la duración de cada medición será equivalente a la duración de la tarea.
- Para tareas de más de 5 minutos, la medición durará, al menos, 5 minutos.
- Si el ruido es cíclico a lo largo de la tarea, cada medida debe cubrir, al menos, 3 ciclos bien definidos. Si la duración de 3 ciclos definidos es menor de 5 minutos, cada medida debe durar, al menos, 5 minutos. La duración de cada medición debe corresponderse siempre con la duración de un determinado número de ciclos enteros.
- También puede optarse por tiempos de medición menores en los casos en los que el nivel de ruido sea constante o bien la tarea contribuya muy poco al nivel de exposición global<sup>1</sup>.

En cuanto al número de mediciones a realizar, la norma considera que deben llevarse a cabo, al menos, 3 medidas. Atendiendo a los resultados de estas 3 mediciones, si los valores difieren en 3 dB o más se deberá:

- a) Llevar a cabo 3 o más mediciones de la tarea,
- b) o bien revisar la definición de las tareas y subdividir en tareas más sencillas,
- c) o bien repetir las medidas pero con mayores tiempos de medición.

Con ello lo que se pretende es reducir la incertidumbre asociada.

1. A título orientativo, el *NORDTEST METHOD* (ver referencia bibliográfica al final de la parte III de esta NTP) considera que si el nivel de presión sonora es inferior en 10dB al valor de referencia su contribución es mínima

*Ejemplo: Un trabajador realiza dos tareas A y B bien definidas a lo largo de su jornada laboral de 8h, con una pausa de 30 minutos. La tarea A se realiza durante 5 h. Se trata de una tarea cíclica, cuyos ciclos duran 6 minutos. La tarea B no es cíclica y se lleva a cabo durante 2,5 h.*

*¿qué tiempos de medición se deberían emplear?*

*Para la tarea A se tienen que cubrir al menos 3 ciclos en la medición, es decir, la duración mínima de la medida sería de 18 minutos. Y se deben realizar 3 mediciones de dicha duración.*

*Para la tarea B se llevarán a cabo 3 mediciones de al menos 5 minutos.*

A continuación, se calcula el  $L_{Aeq,T,m}$  correspondiente a cada tarea mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \lg \left[ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,mi}} \right] \text{dB(A)} \quad (4)$$

donde  $L_{Aeq,T,mi}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y  $I$  es el número total de mediciones de la tarea llevadas a cabo.

A partir de aquí, para calcular el nivel de exposición diario equivalente global,  $L_{Aeq,d}$ , hay dos opciones:

1. Por un lado, puede calcularse el nivel de exposición diario equivalente para cada tarea  $m$ ,  $L_{Aeq,d,m}$  mediante la siguiente expresión (5):

$$L_{Aeq,d,m} = L_{Aeq,T,m} + 10 \lg \left[ \frac{\bar{T}_m}{T_0} \right] \text{dB(A)} \quad (5)$$

Y a continuación, calcularse el nivel de exposición diario equivalente global,  $L_{Aeq,d}$ , mediante la ecuación (6):

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \left[ \sum_{m=1}^M 10^{0,1 \times L_{Aeq,d,m}} \right] \text{dB(A)} \quad (6)$$

donde  $M$  es el nº total de tareas.

2. O bien, obtener directamente el nivel de exposición diario equivalente global,  $L_{Aeq,d}$ , a partir de los  $L_{Aeq,T,m}$  correspondientes a cada tarea, calculados según ecuación (4), mediante la expresión matemática (7) a continuación:

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \left[ \sum_{m=1}^M \left( \frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \times 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,m}} \right] \text{dB(A)} \quad (7)$$

donde  $T_0$  es el tiempo de referencia, en este caso siempre 8 horas.

**Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la tarea**

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario  $u(L_{Aeq,d})$  se calcula a partir de las distintas contribuciones  $c_i u_i$  de las diferentes componentes de incertidumbre, según la siguiente ecuación (8):

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left( \sum_{m=1}^M \left[ c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right) \quad (8)$$

donde  $m$  corresponde a cada tarea definida y  $M$  es el número total de tareas y además:

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre estándar debida al muestreo por tareas.

$u_{1b,m}$  es la incertidumbre estándar debida al cálculo de la duración de la tarea.

$u_{2,m}$  es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medida empleado.

$u_3$  es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono.

$c_{1a,m}$  y  $c_{1b,m}$  son los diferentes coeficientes de sensibilidad. La Norma UNE EN ISO 9612:2009 considera que los coeficientes de sensibilidad debidos tanto al instrumento de medida empleado,  $c_{2,m}$ , como a la posición del micrófono,  $c_{3,m}$ , son iguales al del muestreo por tareas,  $c_{1a,m}$ , de forma que en la fórmula se ha simplificado y sólo queda reflejado éste último.

Los valores de  $u_{2,m}$  y  $u_3$  son los recogidos en la parte I de esta NTP.

A continuación se muestra el cálculo para los restantes parámetros de la fórmula (8).

Los coeficientes de sensibilidad se calculan según:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{Aeq,T,m} - L_{Aeq,d})} \quad (9)$$

$$c_{1b,m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad (10)$$

Las incertidumbres estándar se calculan según:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,mi} - \bar{L}_{Aeq,T,m})^2 \right]} \quad (11)$$

siendo  $I$  el número total de mediciones de la tarea.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (12)$$

siendo  $J$  el número total de observaciones de la duración de la tarea.

Asimismo, cuando se trate de rangos de tiempo, es posible aproximar la incertidumbre estándar debida a la duración de la tarea mediante la fórmula:

$$u_{1b,m} = 0,5 \times (T_{max} - T_{min}) \quad (13)$$

Por último, la incertidumbre expandida se calcularía según lo recogido en la parte I de esta NTP.

## 6. ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO (FUNCIÓN)

Esta estrategia es útil cuando no es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas. También se aplica cuando no resulta práctico llevar a cabo un análisis de las condiciones de trabajo muy detallado y, por lo tanto, no es necesario un conocimiento de las mismas tan exhaustivo como ocurriría en el caso de la estrategia por tareas.

Se realizan mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos de trabajo equivalentes o de exposiciones al ruido muy similares, por lo general, en el marco de un GEH.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 no recomienda el empleo de esta estrategia cuando el trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

El desarrollo de esta estrategia conlleva un mayor tiempo de medición pero el resultado final suele presentar una incertidumbre menor.

Ejemplos de aplicación:

- Línea de emblistado, encajado y empaquetado de una industria farmacéutica.
  - Línea de plegado/tren de acabados de una imprenta.
- Al igual que en el caso de la estrategia basada en la tarea, es imprescindible no descuidar los posibles episodios de elevada exposición al ruido durante el tiempo de medición.

Ambas estrategias - la basada en la tarea y la basada en el puesto de trabajo (función) - no son excluyentes y puede haber casos en los que puedan aplicarse ambas, con resultados igualmente representativos de la exposición.

### Plan de medición en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

Una vez identificados los puestos de trabajo a evaluar, deben definirse los GEH que correspondan.

En función del número de trabajadores que constituyan de cada GEH, existe una duración mínima de la duración de la medición, a distribuir entre los miembros de dicho GEH. La tabla 1 muestra el cálculo a realizar.

Número de trabajadores del GEH $n_G$	Duración mínima acumulada de la medición a distribuir entre los miembros del GEH
$n_G \leq 5$	5h
$5 < n_G \leq 15$	5h + $(n_G - 5) \times 0,5$ h
$15 < n_G \leq 40$	10h + $(n_G - 15) \times 0,25$ h
$n_G > 40$	17h ó subdividir el GEH

Tabla 1. Duración mínima del muestreo en función del nº de trabajadores del GEH

A continuación, teniendo en cuenta que según esta estrategia, deben realizarse, como mínimo, 5 mediciones, se determina el número de medidas y la duración de las mismas de manera que se cumpla la duración mínima obtenida de la tabla 1 o bien se supere.

Ejemplo de cálculo de duración de la medición para un GEH dado, según tabla 1:

Se constituye un GEH de 15 trabajadores. El plan de medición será como sigue:

- La duración mínima acumulada de la medición es de 10 h, según la tabla 1
- Se decide realizar 5 mediciones de 2 h cada una
- Se escogen aleatoriamente 5 trabajadores sobre los realizar las mediciones del tiempo estipulado y a lo largo de la jornada de trabajo.

A la vista del ejemplo de cálculo de duración mínima acumulada, se aprecia el mayor esfuerzo de medición que

supone la estrategia basada en el puesto de trabajo (función), frente a la estrategia basada en la tarea. Además, en el cómputo posterior de la incertidumbre no se contempla la componente debida al cálculo de la duración de la tarea (a menudo muy importante).

**Obtención de  $L_{Aeq,d}$  en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)**

El  $L_{Aeq,Te}$  correspondiente a cada puesto de trabajo definido en el marco de un GEH se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,n}} \right] \text{ dBA} \quad (14)$$

donde  $L_{Aeq,T,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y  $N$  es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

Es importante señalar que el valor de  $T_e$  se define como el correspondiente a la duración efectiva de la jornada de trabajo y, por lo tanto, NO es el de la duración de cada medición individual realizada sobre los miembros del GEH, según los cálculos de la tabla 1.

A continuación, se promedia a 8 horas para obtener el  $L_{Aeq,d}$  en el marco de la estrategia basada en el puesto de trabajo:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB(A)} \quad (15)$$

**Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)**

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP, la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario  $u(L_{Aeq,d})$  se calcula a partir de las diferentes contribuciones  $c_i u_i$ , de las diferentes componentes de incertidumbre, según la ecuación (16):

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (16)$$

El valor del factor  $c_1 u_1$  es función del número de mediciones,  $N$ , llevadas a cabo durante el muestreo y del valor de la componente de incertidumbre  $u_1$ , asociada a los valores de  $L_{Aeq,T,n}$  obtenidos.

De esta manera, el valor de  $u_1$  se calcula según la fórmula (17):

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \bar{L}_{Aeq,T})^2 \right]} \quad (17)$$

donde:

$L_{Aeq,T,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

$N$  es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

$\bar{L}_{Aeq,T}$  es la media aritmética de las  $N$  muestras de nivel de presión sonora equivalente realizadas.

Cabe destacar que este valor de  $u_1$  sólo se calcula para

utilizarlo como entrada en la tabla 3<sup>2</sup>, junto con el valor de  $N$ , y obtener el valor del factor  $c_1 u_1$ .

De cara a una validación de los datos obtenidos, al igual que en el caso de la estrategia por tareas, la norma establece que si el factor  $c_1 u_1$  obtenido de la tabla 3 es superior a 3,5 dB (resaltados en negrita) se debe revisar el plan de medición diseñado y estudiar la posibilidad bien de modificar los GEH definidos o bien de aumentar el número de mediciones,  $N$ , con objeto de reducir la incertidumbre.

Los coeficientes de sensibilidad  $c_2$  y  $c_3$  debidos, respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad. Por su parte, los valores de  $u_2$  y  $u_3$  son los recogidos en la parte I de esta NTP.

Por último, la incertidumbre expandida se calculará según lo recogido en la parte I de esta NTP.

**7. ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA**

Esta estrategia cubre la jornada de trabajo por entero, incluyendo tanto exposiciones elevadas al ruido como períodos de menor nivel o “silenciosos”.

La estrategia basada en la jornada completa resulta útil cuando no es sencillo o práctico el describir o “disecionar” el patrón de trabajo, al igual que ocurría en el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo. Por ello, requiere un menor esfuerzo de análisis de las condiciones de trabajo pero, a cambio, supone mayor esfuerzo de tiempo de medición.

Se recomienda especialmente cuando la exposición al ruido se desconoce en mayor o menor grado, o bien es impredecible o excesivamente compleja. Se emplea también cuando quieren cubrirse todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad. Sin embargo, precisamente por este motivo, hay un mayor riesgo de registrar contribuciones falsas (impactos en el micrófono, interferencias deliberadas o no, etc). Para minimizar este riesgo, conviene observar al trabajador durante el desarrollo de la medición, en la medida de lo posible, o bien preguntarle a la finalización de la jornada por las tareas desarrolladas y/o las ubicaciones en las que ha trabajado.

Los instrumentos más comúnmente empleados en esta estrategia son los dosímetros. Se recomienda además el empleo de instrumentos de medición personal dotados con registro temporal de la exposición, con el objeto de reparar dicho historial con el trabajador al final del turno y confirmar la actividad laboral desarrollada por éste. De esta forma, además, podrán eliminarse contribuciones irrelevantes e incluso detectar las tareas de mayor exposición.

Asimismo, es recomendable la realización de entrevistas con los trabajadores y los supervisores e incluso la realización de mediciones puntuales para verificar los niveles de exposición al ruido registrados por los dosímetros, todo ello con el objetivo de confirmar, en la medida de lo posible, la validez de las mediciones. También se contempla la posibilidad de medir determinadas tareas con objeto de contrastar los datos obtenidos, siguiendo la estrategia correspondiente del apartado 3 del presente documento.

2. En Abril de 2011 se publicó un erratum de la Norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor  $c_1 u_1$ , sin necesidad de recurrir a la tabla 3 aquí reproducida.



N	Incertidumbre estándar $u_1$											
	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	0,9	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

Tabla 3. Valores (en dB) del factor  $c_1 u_1$ .

PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Basada en la jornada completa
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	RECOMENDADA	-	-
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	-	RECOMENDADA	APLICABLE
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	-	RECOMENDADA	APLICABLE

Tabla 4. Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo

#### Obtención de $L_{Aeq,d}$ en la estrategia basada en la jornada completa

Deben realizarse tres mediciones en tres jornadas de trabajo representativas de la exposición al ruido. Aunque, siempre que sea posible, debe cubrirse la jornada completa de trabajo, hay ocasiones en las que esto no es posible. En esos casos, se medirá la mayor parte de la jornada que sea factible, asegurándose de cubrir todos los períodos de exposición significativa.

Si los resultados de las tres jornadas medidas difieren en 3 dB o más, deberán medirse, al menos, dos jornadas más.

Se empleará la ecuación (14) para calcular la “media energética” de los diferentes  $L_{Aeq,T}$  registrados y posteriormente, mediante la ecuación (15) se obtiene el  $L_{Aeq,d}$ .

#### Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la jornada completa

El procedimiento es el mismo que el descrito para el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo.

En primer lugar, se calculará el valor de  $u_1$  mediante la ecuación (17). Con el valor así calculado y con el número,  $N$ , de mediciones realizadas, se obtendrá el valor del factor  $c_1 u_1$  mediante el empleo de la tabla 3. Por

último, se empleará la ecuación (16) para el cálculo de la incertidumbre estándar y posteriormente, mediante la multiplicación por el factor de confianza que se considere, se obtendría el valor de la incertidumbre expandida,  $U$ .

## 8. OBSERVACIONES ADICIONALES

Existe la posibilidad de emplear más de una estrategia de medición en alguna ocasión. Pueden ocurrir casos en los que durante las jornadas en las que se llevan a cabo las

mediciones, bien siguiendo la estrategia basada en la jornada completa o la basada en la tarea, no se desarrollen algunas tareas que pueden contribuir significativamente a la exposición a ruido. En ese caso, se requerirán mediciones adicionales de dichas tareas.

También es posible que determinados trabajadores desarrollen su jornada laboral de manera desigual y durante la mañana se les aplique una estrategia para el cálculo de su exposición y durante la tarde otra estrategia diferente.

La tabla 4 recoge una guía para la selección de la estrategia de medición en función del patrón de trabajo.