



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN,
TELECOMUNICACIONES E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**“ESTUDIO DE RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN LA EMPRESA
HIDROELÉCTRICA HIDROTAMBO S.A.”**

Proyecto de investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

AUTOR: Pico Salazar Franklin Daniel

TUTOR: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

AMBATO – ECUADOR

Julio - 2019

CERTIFICADO DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “ESTUDIO DE RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN LA EMPRESA HIDROELÉCTRICA HIDROTAMBO S.A.”, realizado por el señor Franklin Daniel Pico Salazar, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los tramites y consiguiente aprobación de conformidad con los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2019

EL TUTOR



Ing. Mg. Luis Alberto Morales Perrazo

AUTORÍA DEL TRABAJO

El presente Proyecto de Investigación titulado: “ESTUDIO DE RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN LA EMPRESA HIDROELÉCTRICA HIDROTAMBO S.A.”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2019

AUTOR



Franklin Daniel Pico Salazar

C.C.: 1803758166

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, julio 2019

AUTOR



Franklin Daniel Pico Salazar

C.C.: 1803758166

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El tribunal de grado del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Pilar Urrutia, Ing. Víctor Pérez, Ing. Andrés Cabrera, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “ESTUDIO DE RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN LA EMPRESA HIDROELÉCTRICA HIDROTAMBO S.A.”, presentado por el señor Franklin Daniel Pico Salazar de acuerdo a los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

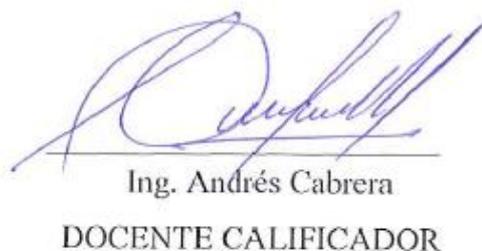


Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Víctor Pérez
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Andrés Cabrera
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de estudiar y guiar mis pasos en todo momento.

A mis padres por siempre darme su apoyo, buen ejemplo y enseñarme a luchar por un mejor futuro.

A mi esposa por alentarme, apoyarme y acompañarme en cada momento fundamental de mis estudios.

AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidarme, guiarme, darme fuerzas para superar dificultades y acompañarme en cada momento.

A mi familia que siempre ha estado presente y apoyándome para terminar mi carrera.

A la Universidad Técnica de Ambato y en especial a mis profesores que me han enseñado y han guiado a través del conocimiento.

A HIDROTAMBO S.A. por abrirme las puertas y permitirme desarrollar esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Delimitación	3
1.3.1. Delimitación de contenidos	3
1.3.2. Delimitación espacial.....	3
1.3.3. Delimitación temporal	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. General.....	4
1.5.2. Específicos	5
CAPÍTULO II	6

MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes investigativos	6
2.2. Fundamentación teórica.....	7
2.2.1. Sonido	7
2.2.2. Ruido.....	7
2.2.3. Decibelio.....	8
2.2.4. Presión acústica.....	8
2.2.5. Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado (A), <i>LAeq,Te</i>	8
2.2.6. Nivel de exposición al ruido diario ponderado A, <i>LAeq,d</i>	9
2.2.7. Instrumentos de medición para ruido.....	9
2.2.8. Efectos de la exposición del ruido a la salud	10
2.2.9. Metodología para la medición de ruido	10
2.2.10. Estrategia 1. Medición basada en la tarea.....	14
2.2.11. Estrategia 2. Medición basada en la función o puesto de trabajo	15
2.2.12. Estrategia 3. Medición basada en una jornada completa	16
2.2.13. Vibraciones	17
2.2.14. Evaluación de la exposición sistema mano – brazo.....	17
2.2.15. Evaluación de la exposición a cuerpo completo	18
2.2.16. Efectos de la exposición de vibraciones a la salud	19
2.2.17. Metodología para la medición de vibraciones	20
2.3. Propuesta de solución.....	21
CAPÍTULO III.....	22
METODOLOGIA	22
3.1. Modalidad de la investigación.....	22
3.1.1. Bibliográfica documental.....	22
3.1.2. De campo	22
3.2. Población y muestra	22

3.3.	Recolección de información	23
3.4.	Procesamiento y análisis de datos	24
3.4.1.	Observación	24
3.4.2.	Selección de instrumentos de medición.....	24
3.4.3.	Procedimientos de evaluación para ruido y vibraciones.....	25
3.4.4.	Procesamiento de la información.....	41
3.5.	Desarrollo del proyecto	49
CAPÍTULO IV		50
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		50
4.1.	Información de la empresa	50
4.1.1.	Organigrama de la empresa	51
4.2.	Clasificación de áreas y puestos de trabajo	51
4.3.	Análisis de puestos de trabajo	52
4.4.	Selección de la estrategia de medición de ruido.....	60
4.5.	Cálculo de la duración mínima acumulada para las mediciones por cada puesto de trabajo.....	61
4.6.	Ubicación para medición de vibraciones.....	62
4.7.	Recolección y procesamiento de datos.....	63
4.7.1.	Valores medidos y cálculo del nivel de exposición al ruido diario equivalente con estrategia basada en el puesto de trabajo.....	63
4.7.2.	Valores medidos y cálculo del nivel de exposición al ruido diario equivalente con estrategia basada en la jornada completa	78
4.7.3.	Valores medidos y calculados de vibraciones transmitidas al cuerpo completo	84
4.7.4.	Evaluación de resultados sobre exposición al ruido	92
4.7.5.	Evaluación de resultados sobre exposición a vibraciones transmitidas a cuerpo completo	98
CAPÍTULO V		101

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
5.1. Conclusiones.....	101
5.2. Recomendaciones	102
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS.....	108
Anexo 01: Tabla para características y actividades de puestos de trabajo.	109
Anexo 2: Certificado de calibración de sonómetro.	110
Anexo 3: Certificado de calibración de dosímetro.	111
Anexo 4 Certificado de calibración de vibrómetro.	112
Anexo 5: Certificado del calibrador acústico.	114
Anexo 6: Tabla para registro de mediciones de ruido basadas en los puestos de trabajo.....	116
Anexo 7: Tabla para registro de mediciones de ruido basadas en la jornada completa.	116
Anexo 8: Tabla para registro de mediciones de vibraciones transmitidas al cuerpo completo.	117
Anexo 9: Tabla para registro de resultados sobre exposición al ruido e incertidumbre en las mediciones basadas en el puesto de trabajo.....	117
Anexo 10: Tabla para registro de resultados sobre exposición al ruido e incertidumbre en las mediciones basadas en la jornada completa.	118
Anexo 11: Tabla para registro de resultados sobre exposición a vibraciones e incertidumbre en las mediciones.	118
Anexo 12: Resultados en el software de los cálculos para mediciones de ruido.	119
Anexo 13: Registro fotográfico.	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Metodología de la estrategia de medición basada en la tarea	14
Fig. 2 Metodología de la estrategia de medición basada en el puesto de trabajo.....	15
Fig. 3 Metodología de la estrategia de medición basada en una jornada completa....	16
Fig. 4 Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas al sistema mano -brazo....	17
Fig. 5 Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo.....	18
Fig. 6. Esquema de gestión de recolección y procesamiento de datos.....	23
Fig. 7 Sonómetro Quest Technologies SoundPRo SE/DL.....	24
Fig. 8 Dosímetro Cirrus Research plc CR:120A	25
Fig. 9 Vibrómetro Cirrus-Revo CV:31A.....	25
Fig. 10 Calibrador acustico Cirrus Research plc.....	25
Fig. 11 Entrada de datos a calculadora de software INSHT.....	41
Fig. 12 Selección de estrategia de medición.....	41
Fig. 13 Selección de instrumento de medición.....	42
Fig. 14 Campos de muestras de ruido y su duración.....	42
Fig. 15 Contribución de la incertidumbre $c_1 u_1$ de los valores medidos.....	44
Fig. 16 Incertidumbre típica de los instrumentos.....	44
Fig. 17 Valores del factor de cobertura k, para una distribución normal.....	45
Fig. 18 Vista área de Casa de máquinas.....	50
Fig. 19 Estructura organizacional de HIDROTAMBO S.A.....	51
Fig. 20 Tipo de trabajo realizado en puesto de trabajo.....	94
Fig. 21 Niveles de ruido para puestos de trabajo con actividades varias.....	95
Fig. 22 Niveles de ruido para puestos de trabajo con actividades de concentración...	96
Fig. 23 Niveles de vibraciones transmitidas al cuerpo completo.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección de la estrategia de medición básica.....	11
Tabla 2. Lista de personal HIDROTAMBO S.A.....	23
Tabla 3. Procedimiento para la evaluación del ruido basada en el puesto de trabajo....	26
Tabla 4. Procedimiento para la evaluación del ruido basada en la jornada completa...32	
Tabla 5. Procedimiento para la evaluación de vibraciones transmitidas al cuerpo completo.....	37
Tabla 6. Distribución t-Student.....	48
Tabla 7. Clasificación de áreas y sus puestos de trabajo.....	51
Tabla 8. Características del puesto de trabajo de ayudante de operación 1.....	52
Tabla 9. Características del puesto de trabajo de ayudante de operación 2.....	53
Tabla 10. Características del puesto de trabajo de ayudante de operación 3.....	54
Tabla 11. Características del puesto de trabajo de técnico operador.....	56
Tabla 12. Características del puesto de trabajo de monitor ambiental.....	57
Tabla 13. Características del puesto de trabajo de jefe de seguridad y salud ocupacional.....	58
Tabla 14. Características del puesto de trabajo de comunicador social.....	59
Tabla 15. Patrón de trabajo y estrategia de medición de ruido seleccionada.....	61
Tabla 16. Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar.....	62
Tabla 17. Duración mínima acumulada en horas para las mediciones en cada puesto de trabajo.....	62
Tabla 18. Ubicación para las mediciones de vibraciones en cada puesto de trabajo....	63
Tabla 19. Medición de ruido para ayudante de operación 2.....	64
Tabla 20. Medición de ruido para técnico operador.....	67
Tabla 21. Medición de ruido para monitor ambiental.....	70
Tabla 22. Medición de ruido para jefe de seguridad y salud ocupacional.....	73
Tabla 23. Medición de ruido para comunicador social.....	76
Tabla 24. Medición de ruido para ayudante de operación 1.....	79
Tabla 25. Medición de ruido para ayudante de operación 3.....	82
Tabla 26. Medición de vibraciones para técnico operador.....	84
Tabla 27. Medición de vibraciones para jefe de seguridad y salud ocupacional.....	87
Tabla 28. Medición de vibraciones para comunicador social.....	89

Tabla 29. Resultados sobre exposición al ruido e incertidumbre en las mediciones....	92
Tabla 30. Resultados sobre exposición al ruido con estrategia basada en la jornada completa.....	93
Tabla 31. Resultados sobre exposición a vibraciones e incertidumbre en las mediciones.....	98

RESUMEN

La exposición al ruido y vibraciones tiene efectos negativos para la salud del ser humano ya que pueden incapacitarlo físicamente y psicológicamente de manera temporal o permanente, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar los niveles de ruido laboral y de vibraciones en los puestos de trabajo de HIDROTAMBO S.A.

Las mediciones de ruido se las realiza siguiendo la Norma NTE INEN-ISO 9612 con un sonómetro promediador tipo 2 y con un dosímetro; los niveles de exposición al ruido diario ponderado A se comparan con los valores recomendados por el Decreto Ejecutivo 2393. Las mediciones de los niveles de vibraciones se las realiza siguiendo la norma NTE INEN-ISO 2631-1 con un vibrómetro triaxial; los niveles de exposición diaria a vibraciones se los compara con los límites recomendados en la norma NTP 839.

La evaluación del ruido muestra que 1 puesto de trabajo presenta un nivel de exposición al ruido diario ponderado A de 95,4dBA siendo mayor a 85dBA e incumpliendo con el decreto, 2 puestos de trabajo que demandan actividades de concentración presentan niveles de 77,3dBA y 77,9dBA incumpliendo con el límite de 70dBA establecido para este tipo de trabajo, mientras que los demás puestos de trabajo cumplen con los límites establecidos en el decreto.

La evaluación de vibraciones muestra que el 100% de los puestos de trabajo evaluados presentan valores de exposición diaria a vibraciones transmitidas al cuerpo completo menores a $0,5\text{m/s}^2$ que es el límite para dar lugar a una acción correctiva según la norma NTP 839.

ABSTRACT

Exposure to noise and vibrations has negative effects on the health of the human being since they can incapacitate him physically and psychologically temporarily or permanently, the present research work has aims to evaluate the noise levels at work and vibrations in the work stations of HIDROTAMBO S.A.

The noise measurements are made following the NTE INEN-ISO 9612 standard with an averaging type 2 sound meter and a dosimeter; the weighted daily noise exposure levels A are compared with the values recommended by Executive Decree 2393. The measurements of the vibration levels are made following the NTE INEN-ISO 2631-1 standard with a triaxial vibrometer; the levels of daily exposure to vibrations are compared with the limits recommended in the NTP 839 standard.

The evaluation of the noise shows that 1 work station has a daily weighted noise level A of 95.4dBA, higher than 85dBA and breaking the decree, 2 work stations that require concentration activities have levels of 77.3dBA and 77.9dBA breaking the limit of 70dBA established for this type of work, while the other work stations comply with the limits established in the decree.

The evaluation of vibrations shows that 100% of the evaluated work stations present values of daily exposure to vibrations transmitted to the whole body less than 0.5m/s^2 , which is the limit to lead a corrective action according to the NTP 839 standard.

INTRODUCCIÓN

Toda actividad en una empresa o industria presenta condiciones laborales con algún tipo de riesgo que afecte a los trabajadores y tengan como consecuencia daños en su salud [1]. El riesgo a la exposición de ruido y vibraciones se observa con mayor frecuencia en ambientes laborales industriales por el tipo de herramientas o maquinarias que se usan [2], la exposición a estos riesgos puede desembocar en consecuencias temporales o permanentes que afecten a la salud física o mental de los trabajadores [3].

Los riesgos de exposición al ruido y vibraciones en varias industrias e hidroeléctricas se lo controlan mayormente en el receptor ya que resulta imposible poder aislar la maquinaria pesada o por la necesidad de que los trabajadores tengan contacto directo con herramientas que emiten este tipo de riesgos [4] [5] [6], los efectos más comunes producidos por la exposición al ruido son la disminución de la capacidad auditiva, malestares psicológicos y disminución del rendimiento en el trabajo [7], mientras que para la exposición a vibraciones los efectos más comunes son artrosis hiperostósica, síndrome de Raynaud y lumbalgias [7].

Las organizaciones internacionales como la Organización Iberoamericana de Seguridad Social buscan que los países miembros exijan a sus empresas e industrias mayor control a riesgos laborales como ruido y vibraciones y así precautelar la vida y salud de los trabajadores [8].

Esta investigación tiene como finalidad analizar los puestos de trabajo de HIDROTAMBO S.A. encontrando fuentes de ruido y vibraciones para medir y evaluar sus riesgos con normativas nacionales e internacionales, se pretende proporcionar un marco de información para que la empresa tome medidas correctivas en beneficio de sus trabajadores.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

“ESTUDIO DE RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN LA EMPRESA HIDROELÉCTRICA HIDROTAMBO S.A.”

1.2. Planteamiento del problema

Se promedia que a nivel mundial existen 153 reportes entre accidentes de trabajo y enfermedades profesionales cada 15 segundos de los cuales 1 de los afectados muere y esto deriva en que cada año suceden 2,3 millones de fallecimientos, 270 millones de accidentes de trabajo y 160 millones de enfermedades profesionales [9], la Organización Iberoamericana de Seguridad Social y de la cual es miembro Ecuador [10]; ha realizado grandes esfuerzos para poder disminuir la siniestralidad laboral en sus países miembros, incentivando a la creación de leyes y reglamentos que prevengan accidentes [8].

El ruido y las vibraciones existen y constituyen un riesgo laboral latente en toda empresa o industria que depende o posee máquinas de cualquier tipo que al pasar el tiempo incluso pueden llegar a aumentar el ruido y vibraciones generados [11], este tipo de riesgos están en contra de las condiciones de vida humana, se contraponen a la productividad y a la eficiencia del trabajo [12], además estos son riesgos relevantes que influyen en la aparición de enfermedades profesionales [4].

El ruido excesivo o fuera de los límites permitidos puede dar lugar a efectos negativos auditivos [13], de tipo fisiológicos y comportamentales como hipertensión, disminución de la capacidad auditiva, cambios hormonales y bioquímicos,

disminución del sistema inmunológico, malestares psicológicos, disminución del rendimiento en el trabajo, influencia en la calidad del sueño y disminución de peso en fetos en mujeres embarazadas y expuestas al ruido [14].

Las vibraciones transmitidas al ser humano pueden ser causantes de afecciones negativas para la salud [15], las enfermedades más comunes son osteonecrosis del escafoides, necrosis del semilunar, artrosis hiperostósante del codo, fenómeno de Raynaud, así como de patologías como discopatías dorso lumbares, lumbalgia, ciática; además alteraciones digestivas, vasculares periféricas y a la esfera reproductiva [5].

En el Ecuador existen muy pocos datos sobre accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y esto se debe a que aun teniendo un procedimiento de notificación para este tipo de sucesos, la mayoría de accidentes y enfermedades no se reportan a las autoridades competentes [16], pero a pesar de esta realidad en el Ecuador se ha masificado el compromiso para desarrollar puestos de trabajo ergonómicos y conjuntamente con la Seguridad, Salud e Higiene Laboral las empresas se ven más comprometidas y obligadas a cumplir reglamentos, normas, decretos y otros documentos relacionados con este tema [6].

A nivel nacional la producción de hidroeléctricas es una actividad importante que se la ha realizado durante los últimos años y muchas de ellas con varias inseguridades dentro de sus instalaciones que por la naturaleza de su funcionamiento están presentes [17], el ruido y vibraciones son riesgos que han afectado durante años a las personas que trabajan en hidroeléctricas por lo que cada vez este tipo de empresas se preocupa en realizar estudios sobre estos riesgos [18].

HIDROTAMBO S.A. es una empresa ubicada en San José del Tambo en la provincia de Bolívar que se dedica a la operación de instalaciones de generación de energía eléctrica, la cual cuenta con maquinarias y turbinas que, por su naturaleza mecánica y funcionamiento normal, generan ruido y vibraciones altamente notorias.

En la empresa no existe ningún estudio sobre el ruido laboral y vibraciones mecánicas y de cómo estos riesgos influyen en los trabajadores pero el 28 de Febrero del 2018 la

empresa “ALS Ecuador” emitió un informe de una auditoría ambiental y laboral sobre el cumplimiento de monitoreo de ruido laboral en la empresa HIDROTAMBO S.A., en el cual concluye que las turbinas de generación eléctrica pueden llegar a emitir una presión sonora hasta de 97dB(A), este valor sobrepasa los parámetros establecidos en el decreto ejecutivo 2393. En este informe también se concluyó que, debido a los años de funcionamiento, una de las turbinas está emitiendo mayores vibraciones con respecto a los años anteriores, lo que puede concluir en afectación a la salud de los trabajadores.

Considerando los valores descritos y la información del párrafo anterior, HIDROTAMBO S.A. tiene la necesidad de tener un estudio de ruido laboral y de vibraciones para tomar correctivos, y poder evitar o reducir la posibilidad de que enfermedades profesionales sujetas a esos factores de riesgos aparezcan.

1.3. Delimitación

1.3.1. Delimitación de contenidos

Área académica: Industrial y Manufactura

Línea de investigación: Industrial

1.3.2. Delimitación espacial

Se realiza en la empresa HIDROTAMBO S.A. localizada en la provincia de Bolívar, cantón Chillanes, parroquia San José del Tambo. Reciento San Gabriel bajo.

1.3.3. Delimitación temporal

El proyecto de investigación se desarrolla a partir de la aprobación de la propuesta de trabajo de titulación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial en el periodo Marzo del 2019 – Agosto del 2019.

1.4. Justificación

Este estudio es de interés, ya que da respuesta al problema planteado y satisface la necesidad de la empresa, al no tener un estudio de ruido laboral y de vibraciones para tomar medidas preventivas a posibles apariciones de enfermedades profesionales.

Es de gran importancia, porque estimula la preocupación sobre los riesgos laborales y los controles dentro de la empresa, además da cumplimiento a las leyes vigentes dentro del país, en temas de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional relacionados con mediciones de ruido y vibraciones. La importancia teórica de este estudio es el aportar y contribuir a futuras investigaciones con la misma o parecida problemática, y siendo su importancia práctica el proporcionar una propuesta de solución al problema establecido en esta investigación.

La inexistencia de un estudio sobre ruido laboral y de vibraciones en HIDROTAMBO S.A. hace que este trabajo sea de utilidad dentro de la empresa, de tal modo que se pueda cumplir la normativa actual.

El presente estudio también contribuye con la política de Seguridad y Salud en el trabajo, la cual menciona el compromiso de la empresa y sus directivos el cumplir con la legislación técnica-legal vigente en el país y dotar de condiciones de trabajo seguras y saludables basadas en la prevención de riesgos laborales para todo el personal. Además de beneficiarse la empresa, los trabajadores son beneficiarios directos, proporcionando un marco de información necesaria para el mejor cuidado de su integridad física, minimizando los riesgos por ruido laboral y vibraciones dentro de la empresa.

Realizar este estudio es factible, porque se cuenta con lo necesario para poder realizarlo, se dispone de los recursos tecnológicos y económicos, bibliografía, así como estudios especializados en el tema y el tiempo requerido para terminar este trabajo, también existe la disposición y colaboración por parte de los trabajadores y directivos de la empresa.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Evaluar riesgos físicos por ruido laboral y vibraciones en la empresa hidroeléctrica HIDROTAMBO S.A.

1.5.2. Específicos

- Determinar los niveles de ruido y vibración dentro de HIDROTAMBO S.A., mediante equipos calibrados.
- Evaluar los niveles de ruido a los que el personal de la empresa está expuesto.
- Evaluar los niveles de vibraciones a los que el personal de la empresa está expuesto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

León López en su tesis sostiene que en las empresas hidroeléctricas el riesgo de vibraciones está presente constantemente por la naturaleza del funcionamiento de las maquinarias, además de los riesgos ergonómicos se encuentra que las vibraciones transmitidas al ser humano también son causantes de enfermedades laborales como la lumbalgia [19]. En el Ecuador no es diferente ya que las Hidroeléctricas en su mayoría funcionan de la misma manera y tienen presentes riesgos muy similares sobre todo los físicos como ruido y vibraciones, en la hidroeléctrica Agoyán se realizó una investigación y evaluación de riesgos de accidentes tomando como referencia a la norma NTP 330 y se concluyó que los factores físicos son de los más comunes dentro de los cuales existen riesgos de ruido y vibraciones [20]. En otra investigación realizada sobre riesgos laborales y enfermedades profesionales dentro de la hidroeléctrica Agoyán se sostiene que los causantes de enfermedades profesionales son el ruido y vibraciones que producen las maquinarias y turbinas que se usa para el trabajo constante, los cuales deben ser tratados en la fuente de ser posible [17].

El estudio sobre las condiciones de seguridad e higiene industrial en la central hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind del embalse Daule Peripa concluye que los problemas de audición del personal de la hidroeléctrica son causados por el ruido generado en casa de máquinas, para lo cual también se recomienda que se debe realizar un protocolo de vigilancia al personal expuesto al ruido y vibraciones [21].

Mediante la norma UNE EN ISO 9612:2009 se realizó una comparación de los valores medidos de ruido con un dosímetro en la Central Hidroeléctrica de Alao en la provincia

de Chimborazo en las que se encontró un riesgo latente que puede afectar a los trabajadores si estos no usan la protección auditiva correspondiente por lo que se recomienda implementar un plan de cuidado auditivo así como un control de vibraciones en los grupos generadores debido a que se encontró transmisión estructural de las vibraciones tanto en sala de máquinas como en la sala de mandos [22].

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Sonido

Es un fenómeno de perturbación mecánica que se propaga a través del aire y llega al oído humano para estimular la sensación auditiva [23].

2.2.2. Ruido

Es un sonido indeseable y molesto que supera los valores saludables de audición del oído humano y puede ser nocivo para la salud o interferir en las actividades del ser humano [23].

El ruido se clasifica en [24]:

- **Ruido estable**

Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) pertenece esencialmente constante. Se considera que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} sea inferior a 5 dB [24].

- **Ruido periódico**

Aquel cuya diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica [24].

- **Ruido aleatorio**

Aquél cuya diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del tiempo [24].

- **Ruido de impacto**

Aquel cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo [24].

2.2.3. Decibelio

Es una cantidad adimensional que se usa para la expresión de la relación entre el valor relativo de una energía y su valor de referencia, está dado por la ecuación 1 [25].

$$dB = 10 \lg_{10} + \frac{P_1^2}{P_0^2} \quad (1)$$

Donde:

P_1 : es la presión acústica, en Pascales.

P_0 : es la presión de referencia inicial

2.2.4. Presión acústica

Es la cantidad de energía asociada al ruido, por convenio el P_0 se establece $2 * 10^{-5}$ Pascales que corresponde al umbral de audición humana. El valor del nivel de presión acústica en decibelios, determinado con el filtro de ponderación frecuencial (A), está dado por la ecuación 2 [25]:

$$L_{PA} = 10 * \lg \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad (2)$$

Donde:

P_A : es la presión acústica ponderada A, en Pascales.

P_0 : es la presión de referencia ($2 * 10^{-5}$)

2.2.5. Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado (A), $L_{Aeq,Te}$

Se calcula de manera que el oído de una persona expuesto a un nivel de presión sonora continua equivalente ponderado (A), recibe la misma energía acústica que estando expuesto a un nivel de presión acústica variable durante el mismo tiempo. El valor del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado (A), $L_{Aeq,Te}$, está dado por la ecuación 3 [7]:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (10^{0.1 * L_{Aeq,T,n}}) \right] dB(A) \quad (3)$$

Donde:

N: número de muestras tomadas

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

2.2.6. Nivel de exposición al ruido diario ponderado A, $L_{Aeq,d}$

Se calcula con el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado (A) analizado en un tiempo de 8 horas ya que esta es la duración de la jornada diaria de un trabajador. El valor del nivel de exposición diario equivalente está dado por la ecuación 4 [7]:

$$L_{Aeq,d} = \left[L_{Aeq,Te} + 10 * \lg \frac{T}{8} \right] dB(A) \quad (4)$$

Donde:

T: es el tiempo de exposición al ruido en horas/días

Considerando todos los ruidos existentes en el trabajo y si la persona está expuesta a “m” tipos de ruido con efectos de evaluación de riesgo, se analizará cada uno de ellos separadamente. El nivel diario equivalente se calculará según la ecuación 5 y la ecuación 6 [7]:

$$L_{Aeq,d} = 10 * \lg \left[\sum_{i=1}^{i=m} (10^{0.1 * (L_{Aeq,d})^i} \right) \quad (5)$$

$$L_{Aeq,d} = 10 * \lg \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} (T_i * 10^{0.1 * L_{Aeq,Ti}} \right) \quad (6)$$

Donde:

$L_{Aeq,Ti}$: es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado (A) correspondiente al tipo de ruido “i”, al que la persona está expuesta (T_i) horas por día.

$(L_{Aeq,d})^i$: es el nivel diario equivalente que resultaría si solo existe dicho tipo de ruido.

2.2.7. Instrumentos de medición para ruido

Sonómetro: está diseñado para dar una medida de la presión acústica del ruido y puede medir en dB así también como en otras diversas escalas de ponderación, el sonómetro debe calibrarse periódicamente para ofrecer mediciones de confianza [25]. A nivel internacional existen 4 curvas normalizadas de ponderación, se las denomina A, B, C y D siendo la curva de ponderación (A) la que ofrece niveles más cercanos a los percibidos por el oído humano [25].

Dosímetros: es un aparato que mide la dosis de ruido recibida por un ser humano durante un fragmento o toda su jornada de trabajo ya que un dosímetro tiene incorporado un sistema que expresa la dosis acumulada en el tiempo de su funcionamiento [25].

2.2.8. Efectos de la exposición del ruido a la salud

El ruido excesivo o fuera de los límites permitidos puede dar lugar a efectos auditivos, de tipo fisiológicos y comportamentales [7].

El ruido excesivo puede causar hipertensión, disminución de la capacidad auditiva, cambios hormonales y bioquímicos, disminución del sistema inmunológico, malestares psicológicos, disminución del rendimiento en el trabajo, influencia en la calidad del sueño y disminución de peso en fetos en mujeres embarazadas y expuestas al ruido [7].

2.2.9. Metodología para la medición de ruido

Para la metodología de medición de ruido se siguen las actividades clasificadas en 4 etapas dentro de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO 9612, estas son [26]:

Etapa 1: Análisis de trabajo

Para poder seleccionar la estrategia más adecuada de medición y poder planificar las mediciones se debe recolectar información relevante sobre el trabajo y los trabajadores sometidos al estudio para lo siguiente [26]:

- Describir las actividades de la empresa y las funciones de los trabajadores;
- Definir grupos de exposición al ruido homogéneos los cuales son un conjunto de trabajadores con cargos o tareas similares que están expuestos a fuentes de ruido semejantes;
- Determinar jornadas nominales para cada trabajador o grupo;
- Identificar las tareas y actividades dentro de las funciones de los trabajadores;
- Identificar los posibles eventos;
- Seleccionar la estrategia de medición adecuada;
- Establecer el plan de medición.

Etapa 2: Selección de la estrategia de medición

Para una selección correcta y adecuada depende del objetivo de la medición, la complejidad de la situación de trabajo, la duración de la jornada laboral, el número de trabajadores, el tiempo disponible para realizar las mediciones y el análisis [27].

Las estrategias para la medición de exposición al ruido que ofrece la norma NTE INEN-ISO 9612 son [26]:

- **Medición basada en la tarea**

Se realiza el análisis del trabajo ejecutado durante la jornada normal de un trabajador y se divide en un cierto número de tareas que sean representativas y para cada tarea se hacen mediciones por separado del nivel de presión sonora [26].

- **Medición basada en la función**

Se lo desarrolla tomando un cierto número de muestras aleatorias del nivel de presión sonora durante la ejecución de las funciones particulares [26].

- **Medición de una jornada completa**

Se debe medir el nivel de presión sonora de forma continua a lo largo de jornadas laborales completas [26].

En la tabla 1 se proporciona una guía básica para la correcta selección de estrategia de medición [26].

Tabla 1. Selección de la estrategia de medición básica [26].

Tipo o pauta de trabajo	Estrategia de medición		
	Estrategia 1 Medición basada en la tarea	Estrategia 2 Medición basada en la función	Estrategia 3 Medición de la jornada de trabajo
-Puesto de trabajo fijo -Tarea simple o única	Recomendada	-	-
-Puesto de trabajo fijo -Tareas complejas o múltiples	Recomendada	Aplicable	Aplicable
-Trabajador móvil -Pauta previsible -Pequeño número de tareas	Recomendada	Aplicable	Aplicable
-Trabajador móvil -Trabajo previsible	Aplicable	Aplicable	Recomendada

-Gran número de tarea o situaciones de trabajo complejas			
-Trabajador móvil -Pauta de trabajo imprevisible	-	Aplicable	Recomendada
-Trabajador fijo o móvil -Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	-	Recomendada	Aplicable
-Trabajador fijo o móvil -Sin tareas asignadas	-	Recomendada	Aplicable

Etapa 3: Mediciones

El instrumento de medición siempre debe ser calibrado según las instrucciones del fabricante antes de iniciar y al finalizar las mediciones debido a que condiciones ambientales como humedad, temperatura, presión y corrientes de aire pueden afectar parcialmente la respuesta del instrumento [26].

Las mediciones se deben realizar colocando el micrófono al nivel de la cabeza y preferiblemente en el plano central, en línea con los ojos, con sus ejes paralelos a la línea de visión del trabajador durante la tarea que desarrolla y el micrófono debe colocarse o ser sostenido a una distancia entre 0,1m y 0,4m de la entrada del canal auditivo externo y en el lado del oído más expuesto [26].

Si la posición de la cabeza en el puesto de trabajo no está bien definida o es variable se puede utilizar las siguientes alturas para el micrófono:

- **Trabajador de pie:** $1,55\text{m} \pm 0,075\text{m}$ por encima del suelo sobre el que el trabajador esté de pie [26].
- **Trabajador sentado:** $0,88\text{m} \pm 0,05\text{m}$ por encima de la mitad del plano de la silla, con la silla ajustada a o lo más cerca posible al punto medio de su ajuste horizontal o vertical [26].

Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbres

Se definen las fuentes de incertidumbre, porque estas requieren una atención específica para poder disminuir o reducir su influencia en las mediciones [26] [28].

Sus principales fuentes son:

- **Las variaciones en el trabajo diario y la incertidumbre en el muestreo**
Se considera que estas variaciones son las más elevadas para un trabajador móvil entre fuentes de ruido no constantes y dependen de la complejidad del trabajo [26].
- **Los instrumentos y la calibración**
Depende de la ubicación del micrófono, de la clase de instrumento y calibrador que se ha utilizado [26].
- **La posición del micrófono**
Se lo reduce haciendo una buena práctica y siguiendo con lo especificado en el procedimiento [26].
- **Las falsas contribuciones como el viento y roce del micrófono con la ropa**
Se lo reduce haciendo una buena práctica y siguiendo con lo especificado en el procedimiento, se recomienda también usar una pantalla anti-viento en lugares donde las corrientes de aire son significativas [26].
- **Un análisis del trabajo mal hecho o no realizado**
Se lo reduce haciendo una buena práctica y siguiendo con lo especificado en el procedimiento [26].
- **Las contribuciones de las fuentes de ruido atípicas como conversaciones, música, señales de alarma y comportamientos atípicos**
Se lo debe identificar durante el análisis de trabajo y decidir si forma parte de las actividades del trabajador para determinar si se los incluye en la medición o no [26].

Las mediciones realizadas se deben rechazar o corregir si se detecta una contribución significativa de las principales fuentes de incertidumbre.

Etapa 5. Cálculos de la incertidumbre y presentación de los resultados

Las incertidumbres asociadas a la medición de la exposición al ruido se deben determinar de acuerdo con la estrategia escogida según se especifica cada una. En el resultado final se debe indicar el valor medido y el valor de la incertidumbre, la incertidumbre de medición expandida se debe indicar para un intervalo de confianza unilateral de 95% junto con el correspondiente factor de cobertura [26].

2.2.10. Estrategia 1. Medición basada en la tarea

En la figura 1 se especifica la metodología para el uso de la estrategia de medición basada en la tarea.

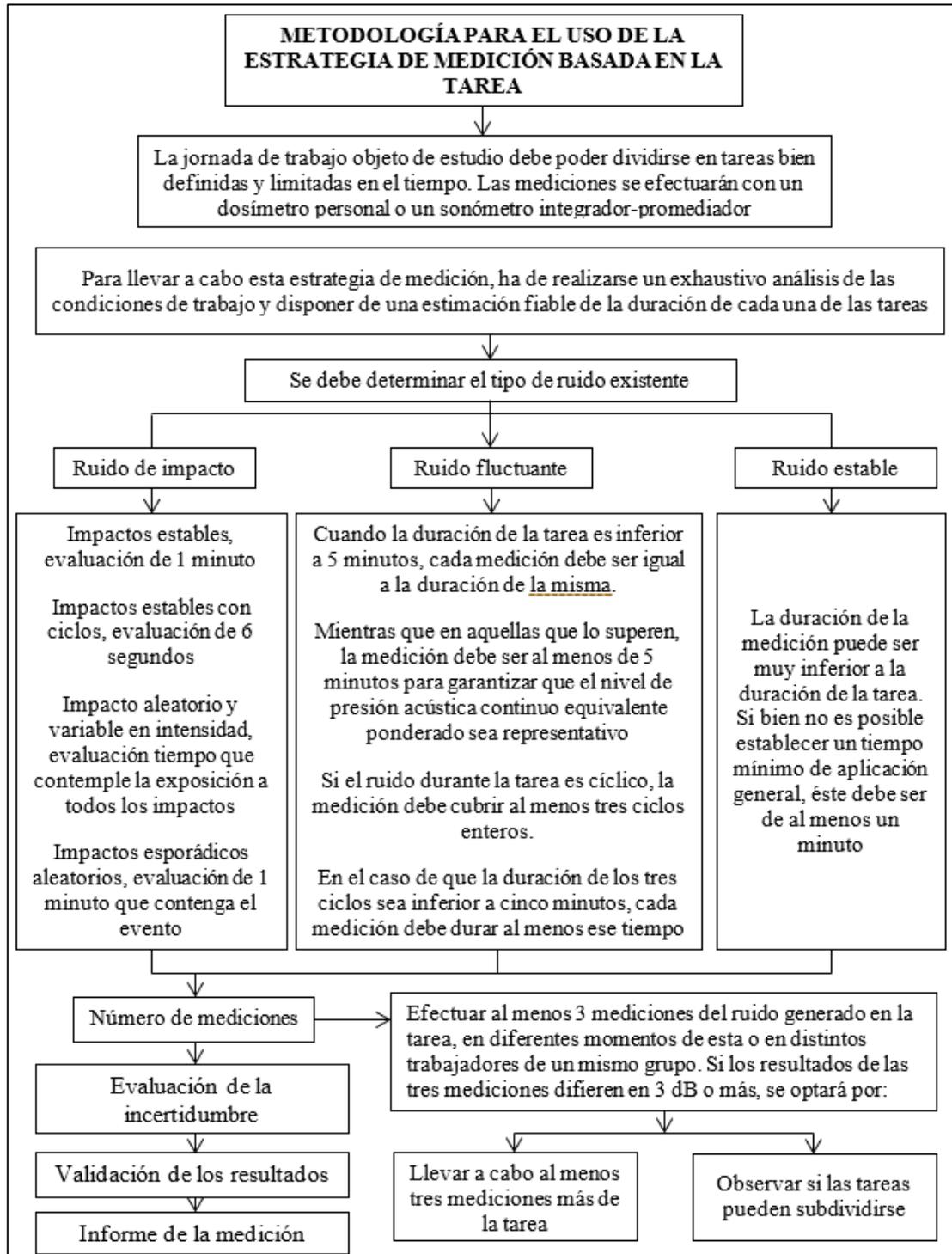


Fig. 1 Metodología de la estrategia de medición basada en la tarea [29].

2.2.11. Estrategia 2. Medición basada en la función o puesto de trabajo

En la figura 2 se especifica la metodología para el uso de la estrategia de medición basada en el puesto de trabajo.

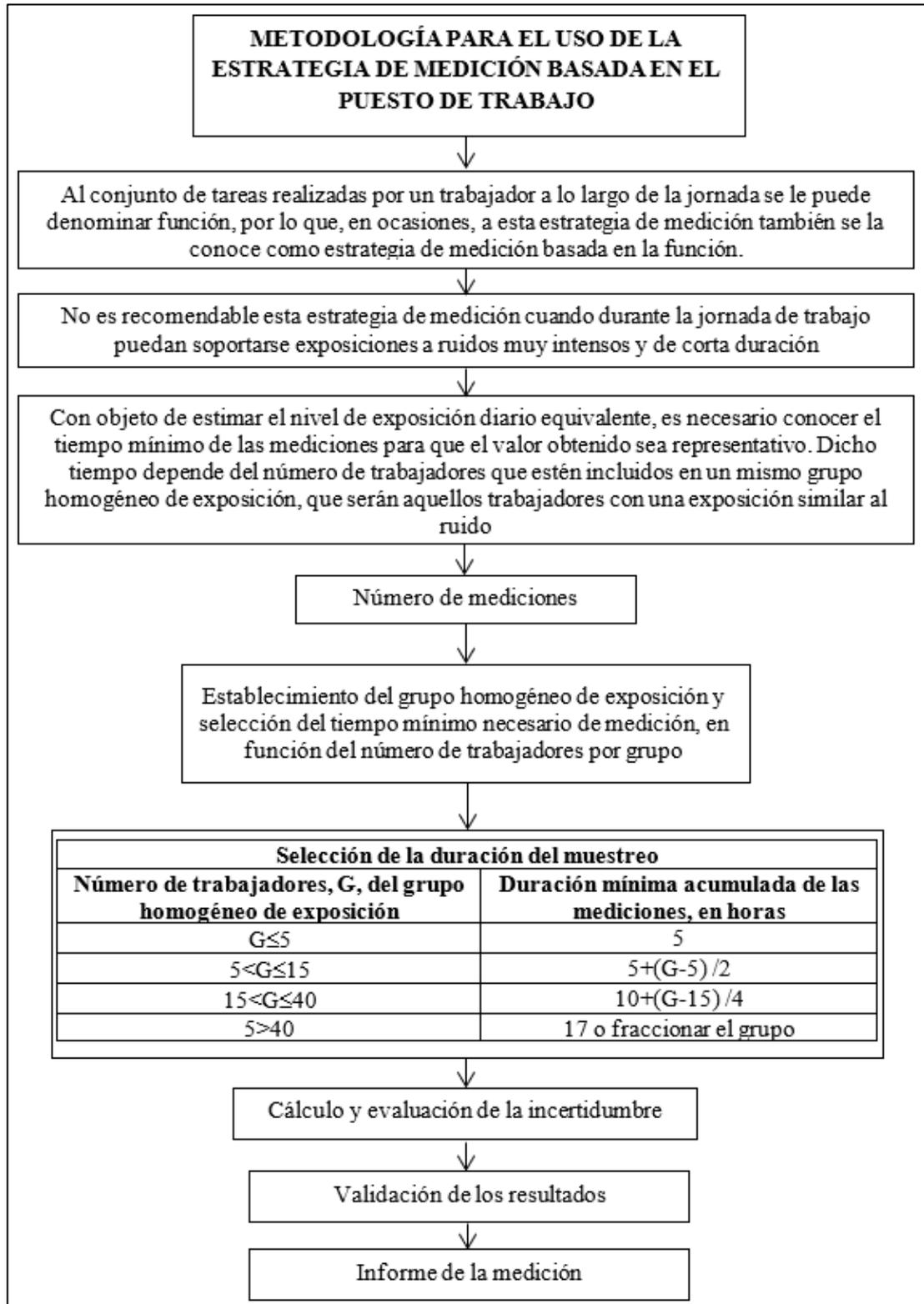


Fig. 2 Metodología de la estrategia de medición basada en el puesto de trabajo [29].

2.2.12. Estrategia 3. Medición basada en una jornada completa

En la figura 3 se especifica la metodología para el uso de la estrategia de medición basada en una jornada completa.

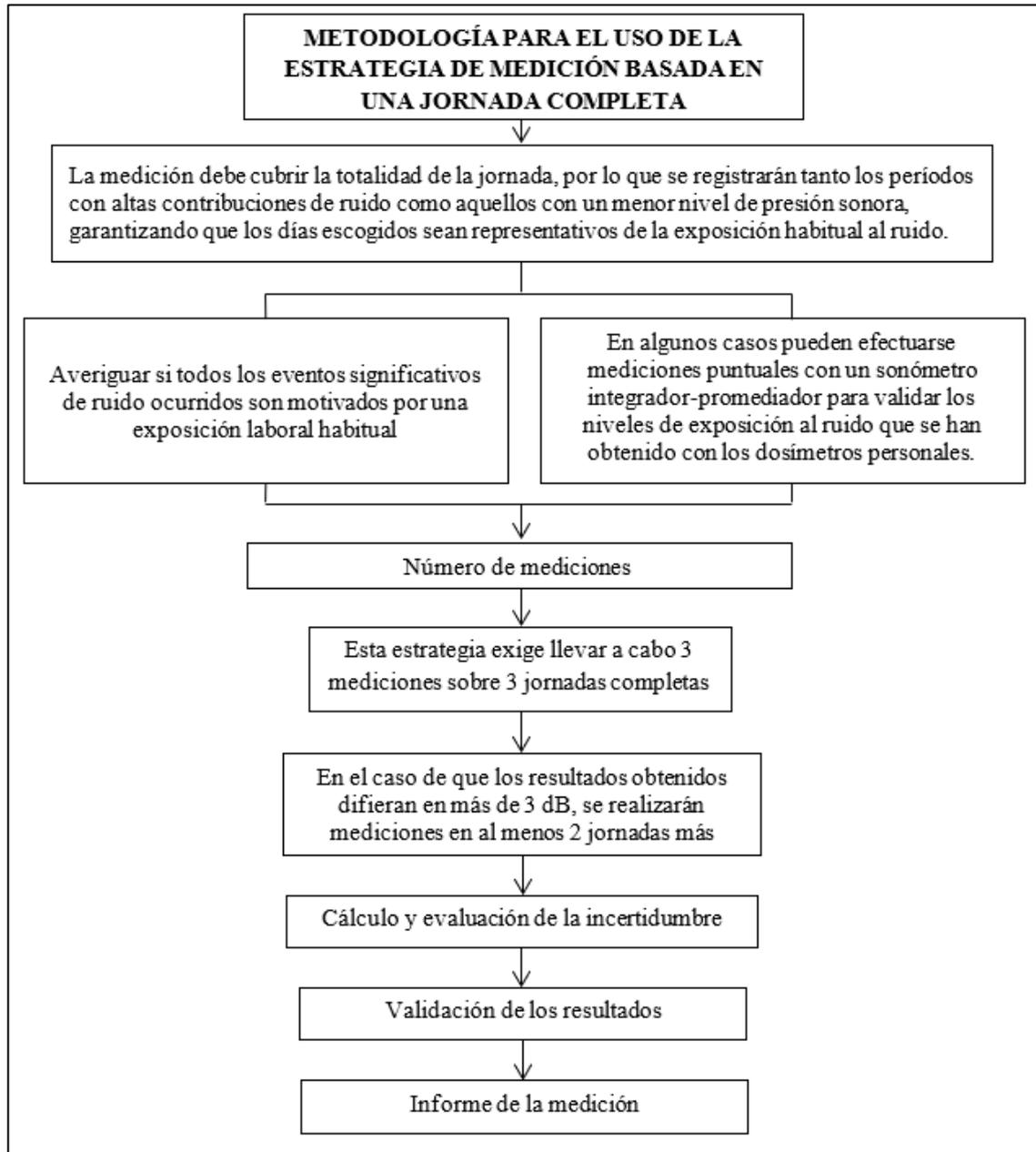


Fig. 3 Metodología de la estrategia de medición basada en una jornada completa [29].

2.2.13. Vibraciones

Es un movimiento oscilatorio generado por el desplazamiento de un objeto que con se mueve con una velocidad constante en una dirección y después una velocidad constante en dirección opuesta [30]. En prevención de riesgos laborales se consideran dos tipos de transmisiones vibraciones mecánicas al cuerpo [31]:

- **Vibraciones transmitidas al sistema mano – brazo**

Son las que transmiten su energía al cuerpo humano a través de la mano y el brazo, por lo general con herramientas portátiles [31].

- **Vibraciones transmitidas al cuerpo completo**

Son las que transmiten su energía al cuerpo humano cuando una gran cantidad de su peso descansa sobre una superficie vibrante [31].

2.2.14. Evaluación de la exposición sistema mano – brazo

Tenemos el sistema biodinámico para establecer los ejes [31]:

- **Eje z:** dirección del eje longitudinal del tercer hueso metacarpiano. Sentido positivo hacia la extremidad distal del dedo [31].
- **Eje x:** dirección dorso – palma. Sentido positivo hacia la palma [31].
- **Eje y:** dirección perpendicular a los otros dos. Sentido positivo hacia el pulgar [31].

Aunque en la práctica se suele usar el sistema basicéntrico que es igual al biodinámico, aunque rotado alrededor del eje x de forma que el eje y coincida con la línea de los nudillos y por tanto con el eje de agarre de las máquinas [31].

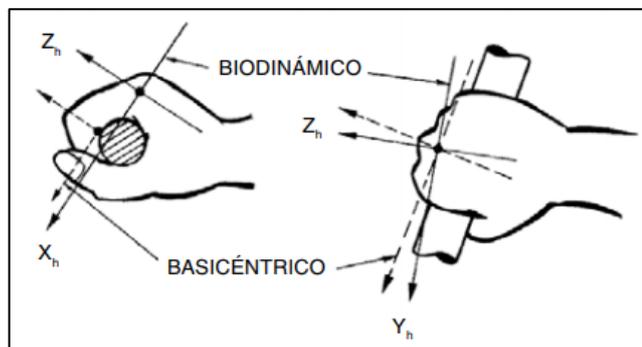


Fig. 4 Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas al sistema mano -brazo [31].

La evaluación se basa en el cálculo del valor total de la aceleración eficaz de las vibraciones mano-brazo, expresada en la ecuación 7 [31]:

$$A_{hv,eq} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (7)$$

Donde:

a_{hwx} : valor de la aceleración en m/s^2 para el eje x.

a_{hwy} : valor de la aceleración en m/s^2 para el eje y.

a_{hwz} : valor de la aceleración en m/s^2 para el eje z.

$A_{hv,eq}$: valor total de la aceleración eficaz de las vibraciones.

Para el nivel de exposición diario a vibraciones mano-brazo normalmente en una jornada laboral de 8 horas se determina por la ecuación 8 [31]:

$$A_{hv,eq(d)} = A_{hv,eq(T)} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (8)$$

Donde:

T_{exp} : Tiempo de exposición a la vibración.

T_0 : Tiempo de referencia establecido en 8 horas de trabajo.

2.2.15. Evaluación de la exposición a cuerpo completo

El sistema de coordenadas para esta evaluación se compone de los ejes x, y, z [31]:

- **Eje x:** dirección espalda – pecho. Sentido positivo hacia al frente [31].
- **Eje y:** dirección hombro – hombro. Sentido positivo hacia el hombro izquierdo [31].
- **Eje z:** dirección pies – cabeza. Sentido positivo hacia la cabeza [31].

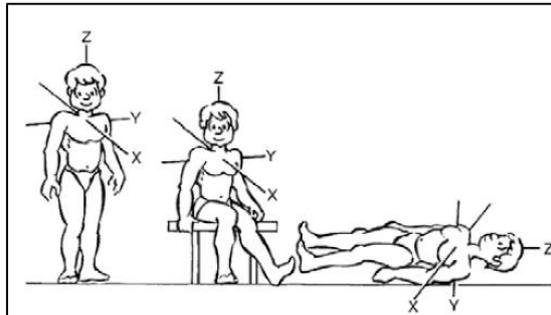


Fig. 5 Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo [31].

Se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, tomando en cuenta que normalmente las jornadas de trabajo diarias son de 8 horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia según los tres ejes ortogonales (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) para personas que trabajan sentadas o de pie y para este cálculo tenemos las ecuaciones 9, 10 y 11 [31].

$$A_{wx(d)} = 1,4 * a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_o}} \quad (9)$$

$$A_{wy(d)} = 1,4 * a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_o}} \quad (10)$$

$$A_{wz(d)} = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_o}} \quad (11)$$

Donde:

A_{wx} : aceleración ponderada diaria respecto del eje x.

A_{wy} : aceleración ponderada diaria respecto del eje y.

A_{wz} : aceleración ponderada diaria respecto del eje z.

T_o : duración de referencia de 8 horas.

T_{exp} : tiempo de exposición.

2.2.16. Efectos de la exposición de vibraciones a la salud

La exposición a vibraciones mecánicas puede producir determinadas patologías como problemas vasculares, osteoarticulares, nerviosos o musculares [5].

Exclusivamente las vibraciones mano – brazo pueden ser causantes de afecciones como osteonecrosis del escafoides, necrosis del semilunar, artrosis hiperostósante del codo, fenómeno de Raynaud, síndrome del martillo hipotenar y neuropatía periférica de predominio sensitivo [7].

Las vibraciones transmitidas al cuerpo completo pueden ser causantes de patologías como discopatías dorso lumbares, lumbalgia, ciática; además alteraciones digestivas, vasculares periféricas y a la esfera reproductiva [7].

2.2.17. Metodología para la medición de vibraciones

La cantidad primaria de la magnitud de las vibraciones debe ser la aceleración [32].

Dirección de la medición

Las vibraciones se miden en relación a un sistema de coordenadas que parta desde un punto desde el que se considera que las vibraciones entran en el cuerpo humano [32].

Cuando no sea factible obtener una alineación precisa de los transductores de vibraciones con los ejes basicéntricos preferidos, los ejes sensitivos de los transductores pueden desviarse de los ejes preferidos hasta 15° cuando sea necesario [32]. Para una persona sentada sobre un asiento inclinado, la orientación pertinente debería determinarse mediante los ejes del cuerpo, y el eje z no sería vertical necesariamente [32].

Localización de la medición

Los transductores deben situarse para determinar la vibración en el punto de contacto entre el cuerpo humano y la fuente de vibración por eso la vibración que se transmite al cuerpo debe medirse sobre la superficie entre el cuerpo y dicha superficie [32].

Las tres áreas principales para medir vibraciones transmitidas al cuerpo completo son [32]:

- **Para personas sentadas:** las mediciones sobre la superficie de apoyo del asiento deben realizarse bajo la tuberosidad isquial y las mediciones en el respaldo del asiento deberían realizarse en el área principal de apoyo del cuerpo [32].
- **Para personas paradas:** las mediciones en los pies deben realizarse sobre la superficie en la que los pies se apoyan más frecuentemente [32].
- **Para posiciones tumbadas:** se considera como superficie de apoyo la que se encuentra bajo la pelvis, la espalda y la cabeza [32].

Duración de la medición

Debe ser una duración suficiente como para asegurar la precisión estadística razonable y que la vibración sea típica de las exposiciones que están siendo evaluadas [32],

cuando la exposición completa conste de varios periodos de diferentes características, podrá requerirse un análisis separado de los diferentes periodos [32].

2.3.Propuesta de solución

A través de la medición, evaluación del ruido laboral y vibraciones presentes en HIDROTAMBO S.A. se pretende realizar una evaluación inicial sobre estos riesgos para proporcionar los datos e información necesaria a la empresa y así tome medidas correctivas en beneficio de sus trabajadores.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1. Modalidad de la investigación

Esta es una investigación aplicada que recurre a los conocimientos adquiridos durante la carrera y su fin será la consolidación del saber, para el enriquecimiento científico

3.1.1. Bibliográfica documental

Se acude a fuentes de investigación por medio de documentos válidos y confiables aprobados por distintos organismos o universidades, así como también información obtenida en libros, publicaciones, internet y otras fuentes para ampliar el conocimiento y profundizar diferentes marcos conceptuales, teorías, y criterios de varios autores.

3.1.2. De campo

Se considera esta modalidad de investigación ya que se acude a la empresa donde los trabajadores se desenvuelven, para la toma de datos sobre ruido y vibración a los que los trabajadores están expuestos.

3.2. Población y muestra

Para la ejecución de la investigación y toma de datos sobre ruido laboral y vibración no se toma una muestra ya que el tamaño de la población no lo requiere, la investigación se la realiza en los 7 puestos de trabajo dentro de la empresa lo que abarca a 20 trabajadores en total como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Lista de personal HIDROTAMBO S.A.

Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Genero
Técnico Operador	4	Masculino
Ayudante de operación 1	4	Masculino
Ayudante de operación 2	4	
Ayudante de operación 3	4	
Monitor ambiental	2	Masculino
Jefe de seguridad y salud ocupacional	1	Masculino
Comunicador social	1	Femenino
Total:	20	

3.3. Recolección de información

La recolección de la información se la realiza a través de la observación a todas las áreas de trabajo dentro de la empresa e identificando los puestos de trabajo con fuentes de ruido y vibraciones mediante recorridos diarios en las áreas de trabajo.

Se realizan mediciones según las normas NTE INEN-ISO 9612 y NTE INEN-ISO 2631-1, para obtener datos de diagnóstico sobre los niveles de ruido y vibraciones en los puestos de trabajo, el esquema de gestión se muestra en la figura 6.

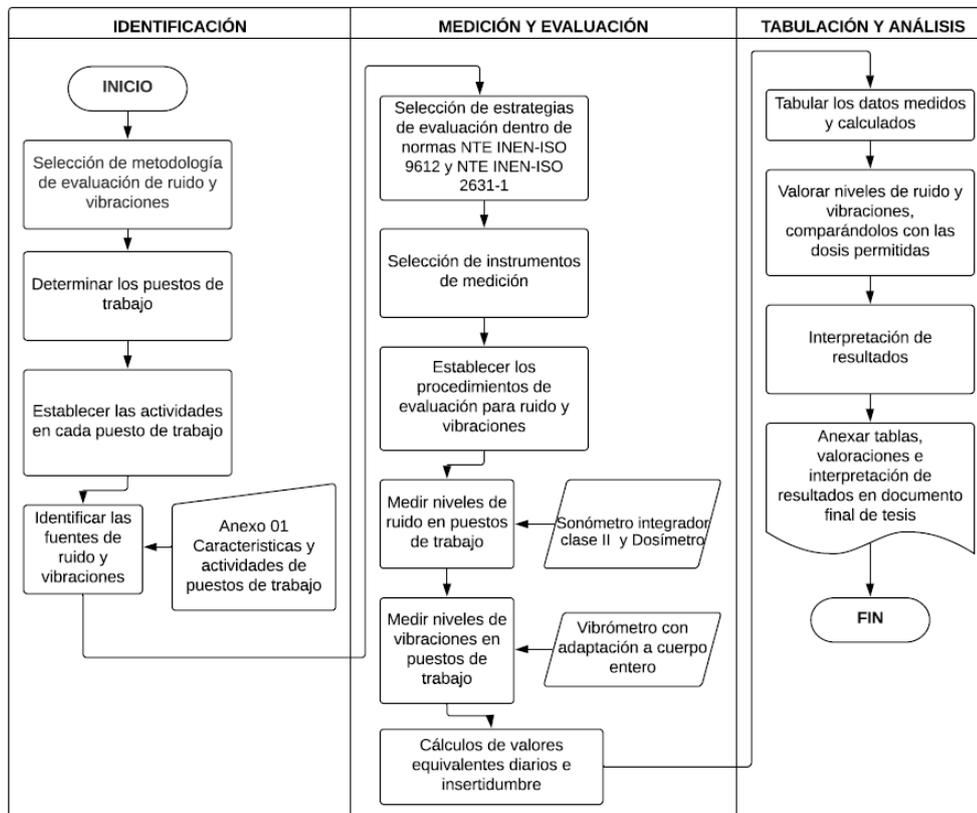


Fig. 6. Esquema de gestión de recolección y procesamiento de datos.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

3.4.1. Observación

Por medio de la observación se procede a registrar las condiciones de trabajo, actividades, así como fuentes de ruido y vibraciones de cada puesto de trabajo haciendo uso de la tabla del Anexo 1.

3.4.2. Selección de instrumentos de medición

El equipo seleccionado para la estrategia de medición basada en el puesto de trabajo es un sonómetro clase 2 marca Quest Technologies modelo SoundPro SE/DL que cumple con la norma IEC 61672. El certificado de calibración se observa en el Anexo 2. La figura 7, muestra una imagen del equipo.



Fig. 7 Sonómetro Quest Technologies SoundPro SE/DL.

Para la estrategia de mediciones basadas en la jornada completa se selecciona un dosímetro con bandas de octava marca Cirrus Research plc modelo CR:120A que cumple con la norma IEC 61252. El certificado de calibración se observa en el Anexo 3. La figura 8, muestra una imagen del equipo.



Fig. 8 Dosímetro Cirrus Research plc CR:120A.

El equipo seleccionado para medir vibraciones es un vibrómetro con adaptación de cuerpo completo marca Cirrus Research plc modelo CV:31A que mide cuatro canales de manera simultánea y cumple con los requisitos de la norma ISO: 8041:2005, es ideal para evaluaciones de exposición a vibraciones de cuerpo entero conforme a la ISO 2631. El certificado de calibración se observa en el Anexo 4. La figura 9, muestra una imagen del equipo.



Fig. 9 Vibrómetro Cirrus Research plc CV:31A.

Además de los equipos para realizar las mediciones, se utiliza un calibrador acústico marca Cirrus Research plc modelo CR:518 para la calibración en campo del sonómetro y del dosímetro, cumple con la norma IEC 60942:2003. El certificado de calibración se observa en el Anexo 5. La figura 10, muestra una imagen del equipo



Fig. 10 Calibrador acústico Cirrus Research plc.

3.4.3. Procedimientos de evaluación para ruido y vibraciones

Los procedimientos de evaluación para las estrategias de medición de ruido seleccionadas dentro de HIDROTAMBO S.A. se los establece en la tabla 3 y 4.

Tabla 3. Procedimiento para la evaluación del ruido basada en el puesto de trabajo.

 <p>HIDROTAMBO Energía Limpia para todos</p>	Código: HID-PDT-PR-01	Realizado por: Investigador
	N° revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 05/04/2019	Aprobado por: Ing. Luis Morales
Procedimiento para la evaluación del ruido basada en el puesto de trabajo		
<p>Objetivo:</p> <p>Establecer técnicas, directrices y medios para medir el nivel de ruido, utilizando la estrategia de medición basada en el puesto de trabajo en HIDROTAMBO S.A.</p>		
<p>Alcance:</p> <p>Destinada a todos los puestos de trabajo de HIDROTAMBO S.A.</p>		
<p>Definiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruido: Sonido no deseado, sonido inarticulado que resulta desagradable. • Puesto de trabajo: Espacio ocupado en una empresa, institución o entidad desarrollando algún tipo de actividad o empleo de la cual se obtiene una remuneración. • Grupo de exposición homogénea: Conjunto de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes. • Slow: Característica de la escala de medición para un sonómetro. 		
<p>Periodicidad:</p> <p>Según el Decreto 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, se debe realizar cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición de (85dB A).</p> <p>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. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido</p> <p>Es necesario realizar evaluaciones adicionales cuando:</p>		

<ul style="list-style-type: none"> • Se produzcan variaciones en los puestos de trabajo, maquinaria o equipos de trabajo existentes. • Se establezca un nuevo puesto de trabajo • Se divisen daños en la salud de los trabajadores • Los trabajadores lo crean pertinente por alguna razón justificada. 	
Procedimiento	
Equipo de medición	<p style="text-align: center;">Sonómetro integrador clase 2</p> <p>Marca: Quest Technologies.</p> <p>Modelo: SoundPro SE/DL.</p> <p>Rango de medida: límite inferior: 10dB; límite superior: 140dB.</p> <p>Ponderación frecuencial: cumple la norma IEC 61672 clase 2, ponderaciones A y C.</p> <p>Resolución: 0,1dB.</p> <p>Bandas de octava: 16Hz a 16000Hz.</p> <p>Tasa de intercambio: 3, 4, 5 y 6 dB.</p> <p>Alimentación: 4 baterías de 1,5 V tamaño AA.</p> <p>Duración típica con funcionamiento continuo: 24horas.</p>
Tipo de ruido	<p>Se verifica el tipo de ruido en cada puesto de trabajo tomando una muestra de ruido y verificando lo siguiente:</p> <p>Ruido estable: Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) pertenece esencialmente constante. Se considera que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} sea inferior a 5 dB.</p> <p>Ruido periódico: Aquel cuya diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.</p> <p>Ruido aleatorio: Aquél cuya diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del tiempo.</p> <p>Ruido de impacto: Aquel cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.</p>

<p>Calibración de campo</p>	<p>El instrumento de medición siempre es calibrado en campo antes de iniciar la medición, según las instrucciones entregadas por el fabricante, ya que condiciones ambientales como temperatura, presión y humedad relativa, pueden afectar parcialmente la respuesta del instrumento.</p> <p>Se usa el siguiente calibrador acústico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marca: Cirrus Research plc. • Modelo: CR:518. • Norma: cumple con la norma IEC 60942:2003 y su certificado de calibración está en el Anexo 5. <p>Existen sonómetros que cumplen con normas europeas y fija como límite máximo de presión sonora el de 80 decibeles, para lo que se debe ajustar una tasa de intercambio tomando en cuenta que el límite máximo de presión sonora es de 85 decibeles según el decreto 2393.</p>																					
<p>Escala de medición</p>	<p>La medición se efectúa con la característica "SLOW" ponderación frecuencial A.</p>																					
<p>Duración de las mediciones</p>	<p>La estrategia de medición de ruido basada en el puesto de trabajo define que se debe establecer el tiempo de medición en función del número de trabajadores, a continuación, se determinar la duración mínima acumulada de las mediciones en cada puesto de trabajo:</p> <table border="1" data-bbox="584 1339 1430 1888"> <thead> <tr> <th colspan="3">Duración mínima acumulada en horas para las mediciones por cada puesto de trabajo</th> </tr> <tr> <th>Puesto de trabajo</th> <th>Número de trabajadores</th> <th>Duración mínima acumulada de las mediciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ayudante de operación 2</td> <td>3</td> <td>5h</td> </tr> <tr> <td>Técnico operador</td> <td>4</td> <td>5h</td> </tr> <tr> <td>Monitor Ambiental</td> <td>2</td> <td>5h</td> </tr> <tr> <td>Jefe de seguridad y salud ocupacional</td> <td>1</td> <td>5h</td> </tr> <tr> <td>Comunicador social</td> <td>1</td> <td>5h</td> </tr> </tbody> </table> <p>Se efectúa seis mediciones con duración de una hora y repartirlas de manera aleatoria en cada turno de los puestos de trabajo.</p>	Duración mínima acumulada en horas para las mediciones por cada puesto de trabajo			Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Duración mínima acumulada de las mediciones	Ayudante de operación 2	3	5h	Técnico operador	4	5h	Monitor Ambiental	2	5h	Jefe de seguridad y salud ocupacional	1	5h	Comunicador social	1	5h
Duración mínima acumulada en horas para las mediciones por cada puesto de trabajo																						
Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Duración mínima acumulada de las mediciones																				
Ayudante de operación 2	3	5h																				
Técnico operador	4	5h																				
Monitor Ambiental	2	5h																				
Jefe de seguridad y salud ocupacional	1	5h																				
Comunicador social	1	5h																				

Número de mediciones	Seis mediciones por puesto de trabajo.																															
Horario de medición	<p>Se usa la tabla de números aleatorios para la medición de ruido de la NTP 270, se elige arbitrariamente una posición de partida, con el resultado obtenido se proporciona la información del día de la semana y la hora de la jornada laboral en que se debe efectuar la primera medición, para las siguientes mediciones se usa el mismo método hasta obtener el número de mediciones establecidas.</p> <table border="1" data-bbox="608 651 1407 1946"> <thead> <tr> <th colspan="3" data-bbox="608 651 1407 730">Día y horario de medición de ruido basado en el puesto de trabajo</th> </tr> <tr> <th data-bbox="608 730 890 770">Puesto de trabajo</th> <th data-bbox="890 730 1099 770">Día</th> <th data-bbox="1099 730 1407 770">Horario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="608 770 890 1005" rowspan="2">Ayudante de operación 2</td> <td data-bbox="890 770 1099 889">Jueves</td> <td data-bbox="1099 770 1407 889">6:00AM-07:00PM 9:30AM-10:30AM 13:00PM-14:00PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 889 1099 1005">Viernes</td> <td data-bbox="1099 889 1407 1005">16:00PM-17:00PM 19:00PM-20:00PM 21:00PM-22:00PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="608 1005 890 1240" rowspan="2">Técnico operador</td> <td data-bbox="890 1005 1099 1162">Martes</td> <td data-bbox="1099 1005 1407 1162">07:00AM-08:00AM 16:45PM-17:45PM 18:00PM-19:00PM 23:00PM-24:00PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1162 1099 1240">Miércoles</td> <td data-bbox="1099 1162 1407 1240">02:00AM-03:AM 05:AM-06:00AM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="608 1240 890 1476" rowspan="2">Monitor ambiental</td> <td data-bbox="890 1240 1099 1359">Martes</td> <td data-bbox="1099 1240 1407 1359">8:00AM-9:00AM 11:00AM-12:00PM 14:00PM-15:00PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1359 1099 1476">Miércoles</td> <td data-bbox="1099 1359 1407 1476">9:00AM-10:00AM 12:00PM-13:00PM 14:00PM-15:00PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="608 1476 890 1711" rowspan="2">Jefe de seguridad y salud ocupacional</td> <td data-bbox="890 1476 1099 1594">Martes</td> <td data-bbox="1099 1476 1407 1594">9:30AM-10:30AM 12:30PM-13:30PM 15:30PM-16:30PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1594 1099 1711">Miércoles</td> <td data-bbox="1099 1594 1407 1711">10:30AM-11:30AM 15:30PM-16:30PM 18:00PM-19:00PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="608 1711 890 1946" rowspan="2">Comunicador social</td> <td data-bbox="890 1711 1099 1830">Jueves</td> <td data-bbox="1099 1711 1407 1830">8:00AM-9:00AM 14:00PM-15:00PM 17:00PM-18:00PM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="890 1830 1099 1946">Viernes</td> <td data-bbox="1099 1830 1407 1946">9:00AM-10:00AM 13:00PM-14:00PM 16:00PM-17:00PM</td> </tr> </tbody> </table>	Día y horario de medición de ruido basado en el puesto de trabajo			Puesto de trabajo	Día	Horario	Ayudante de operación 2	Jueves	6:00AM-07:00PM 9:30AM-10:30AM 13:00PM-14:00PM	Viernes	16:00PM-17:00PM 19:00PM-20:00PM 21:00PM-22:00PM	Técnico operador	Martes	07:00AM-08:00AM 16:45PM-17:45PM 18:00PM-19:00PM 23:00PM-24:00PM	Miércoles	02:00AM-03:AM 05:AM-06:00AM	Monitor ambiental	Martes	8:00AM-9:00AM 11:00AM-12:00PM 14:00PM-15:00PM	Miércoles	9:00AM-10:00AM 12:00PM-13:00PM 14:00PM-15:00PM	Jefe de seguridad y salud ocupacional	Martes	9:30AM-10:30AM 12:30PM-13:30PM 15:30PM-16:30PM	Miércoles	10:30AM-11:30AM 15:30PM-16:30PM 18:00PM-19:00PM	Comunicador social	Jueves	8:00AM-9:00AM 14:00PM-15:00PM 17:00PM-18:00PM	Viernes	9:00AM-10:00AM 13:00PM-14:00PM 16:00PM-17:00PM
Día y horario de medición de ruido basado en el puesto de trabajo																																
Puesto de trabajo	Día	Horario																														
Ayudante de operación 2	Jueves	6:00AM-07:00PM 9:30AM-10:30AM 13:00PM-14:00PM																														
	Viernes	16:00PM-17:00PM 19:00PM-20:00PM 21:00PM-22:00PM																														
Técnico operador	Martes	07:00AM-08:00AM 16:45PM-17:45PM 18:00PM-19:00PM 23:00PM-24:00PM																														
	Miércoles	02:00AM-03:AM 05:AM-06:00AM																														
Monitor ambiental	Martes	8:00AM-9:00AM 11:00AM-12:00PM 14:00PM-15:00PM																														
	Miércoles	9:00AM-10:00AM 12:00PM-13:00PM 14:00PM-15:00PM																														
Jefe de seguridad y salud ocupacional	Martes	9:30AM-10:30AM 12:30PM-13:30PM 15:30PM-16:30PM																														
	Miércoles	10:30AM-11:30AM 15:30PM-16:30PM 18:00PM-19:00PM																														
Comunicador social	Jueves	8:00AM-9:00AM 14:00PM-15:00PM 17:00PM-18:00PM																														
	Viernes	9:00AM-10:00AM 13:00PM-14:00PM 16:00PM-17:00PM																														

<p style="text-align: center;">Ubicación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para aquellas evaluaciones realizadas con un sonómetro, las mediciones se deberán efectuar sin la presencia del trabajador, ubicándose el micrófono del instrumento de medición 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. • En los casos donde sea imposible efectuar la medición sin el trabajador, el micrófono del instrumento se deberá instalar en una esfera imaginaria de 60 cm de diámetro, la cual deberá rodear la cabeza del trabajador. • Se debe tener presente que, tanto el micrófono del sonómetro, además de su cuerpo mismo, se deben orientar de acuerdo a las instrucciones del fabricante, sin que se entorpezcan las tareas realizadas por el trabajador. • No instalar el sonómetro sobre superficies reflectantes, ya que la vibración del medio afecta la medición.
<p style="text-align: center;">Recomendaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contar siempre con baterías de repuesto. • Para acoplar o desacoplar el micrófono utilizar solo la fuerza de los dedos, sin herramientas, no hacerlo cuando el equipo esté en funcionamiento. • Dirigir el eje del micrófono hacia la fuente origen de ruido. • Para evitar interferencias hacer uso del trípode. • Extraer las pilas si no se va a utilizar el sonómetro durante un período largo de tiempo. • Para mediciones en interior es aconsejable mantener el sonómetro alejado de superficies reflectoras (paredes, objetos, suelos, etc.) para evitar que se sumen las reflexiones al ruido que se está midiendo.
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigador: Persona encargada de realizar las mediciones siguiendo el procedimiento establecido y registrando los datos obtenidos. 	

- **Revisor:** Persona encargada de revisar y validar las mediciones realizadas.
- **Tutor empresarial:** Persona encargada de revisar que las mediciones se realicen según lo planificado.
- **Organización en general:** Facilitar la realización de las mediciones en las áreas establecidas.

Bibliografía:

- **Decreto Ejecutivo 2393**, Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.
- **NTE INEN-ISO 9612**, Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería (ISO 9612:2009).
- **NTP 270**, Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.

Tabla 4. Procedimiento para la evaluación del ruido basada en la jornada completa.

 <p>HIDROTAMBO Energía Limpia para todos</p>	Código: HID-PDT-PR-02	Realizado por: Investigador
	N° revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 05/04/2019	Aprobado por: Ing. Luis Morales
Procedimiento para la evaluación del ruido basada en la jornada completa		
<p>Objetivo: Establecer técnicas, directrices y medios para medir el nivel de ruido, utilizando la estrategia de medición basada en la jornada completa en HIDROTAMBO S.A.</p>		
<p>Alcance: Destinada a todos los puestos de trabajo de HIDROTAMBO S.A.</p>		
<p>Definiciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruido: Sonido no deseado, sonido inarticulado que resulta desagradable. • Puesto de trabajo: Espacio ocupado en una empresa, institución o entidad desarrollando algún tipo de actividad o empleo de la cual se obtiene una remuneración. • Grupo de exposición homogénea: Conjunto de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes. • Dosis de ruido: Cantidad de energía sonora que un oído normal puede recibir durante la jornada laboral para que el riesgo de pérdida auditiva al cabo de un día laboral esté por debajo de su valor establecido. 		
<p>Periodicidad: Según el Decreto 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, se debe realizar cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición de (85dB A). 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. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido</p>		

<p>Es necesario realizar evaluaciones adicionales cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se produzcan variaciones en los puestos de trabajo, maquinaria o equipos de trabajo existentes. • Se establezca un nuevo puesto de trabajo • Se divisen daños en la salud de los trabajadores • Los trabajadores lo crean pertinente por alguna razón justificada. 	
<p>Procedimiento</p>	
<p>Equipo de medición</p>	<p style="text-align: center;">Dosímetro</p> <p>Marca: Cirrus Research plc.</p> <p>Modelo: CR:120A.</p> <p>Rango de medida: límite inferior: 30dB; límite superior: 140dB.</p> <p>Ponderación frecuencial: cumple con la norma IEC 61252, ponderaciones A y C.</p> <p>Resolución: 0,1dB.</p> <p>Banda de octava: 63Hz a 8000Hz.</p> <p>Tasa de intercambio: 3, 4 y 5 dB.</p> <p>Alimentación: batería interna.</p> <p>Duración típica con funcionamiento continuo: 20horas.</p>
<p>Tipo de ruido</p>	<p>Se verifica el tipo de ruido en cada puesto de trabajo tomando una muestra de ruido y verificando lo siguiente:</p> <p>Ruido estable: Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) pertenece esencialmente constante. Se considera que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimos L_{pA} sea inferior a 5 dB.</p> <p>Ruido periódico: Aquel cuya diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.</p> <p>Ruido aleatorio: Aquél cuya diferencia entre los valores máximos y mínimos de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del tiempo.</p>

	<p>Ruido de impacto: Aquel cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.</p>												
<p>Calibración de campo</p>	<p>El instrumento de medición siempre es calibrado en campo antes de iniciar la medición, según las instrucciones entregadas por el fabricante, ya que condiciones ambientales como temperatura, presión y humedad relativa, pueden afectar parcialmente la respuesta del instrumento.</p> <p>Se usa el siguiente calibrador acústico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marca: Cirrus Research plc. • Modelo: CR:518. • Norma: cumple con la norma IEC 60942:2003 y su certificado de calibración está en el Anexo 5. <p>Existen dosímetros que cumplen con normas europeas y fija como límite máximo de presión sonora el de 80 decibeles, para lo que se debe ajustar una tasa de intercambio tomando en cuenta que el límite máximo de presión sonora es de 85 decibeles según el decreto 2393.</p>												
<p>Escala de medición</p>	<p>La medición se efectúa con la característica "SLOW" ponderación frecuencial A.</p>												
<p>Duración de las mediciones</p>	<p>Se debe evaluar idealmente la jornada laboral completa.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Duración en horas para las mediciones basadas en una jornada completa</th> </tr> <tr> <th>Puesto de trabajo</th> <th>Número de trabajadores</th> <th>Duración de la medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ayudante de operación 1</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">8h</td> </tr> <tr> <td>Ayudante de operación 3</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">8h</td> </tr> </tbody> </table>	Duración en horas para las mediciones basadas en una jornada completa			Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Duración de la medición	Ayudante de operación 1	3	8h	Ayudante de operación 3	3	8h
Duración en horas para las mediciones basadas en una jornada completa													
Puesto de trabajo	Número de trabajadores	Duración de la medición											
Ayudante de operación 1	3	8h											
Ayudante de operación 3	3	8h											
<p>Número de mediciones</p>	<p>Deben realizarse tres mediciones en tres jornadas de trabajo completas, si los resultados de las tres jornadas medidas difieren en 3dB o más, se medirán dos jornadas más de trabajo.</p>												

Horario de medición	<p>Se determinan días y turnos aleatorios.</p> <table border="1" data-bbox="608 282 1407 640"> <thead> <tr> <th colspan="3">Día y horario de medición de ruido basada en la jornada completa</th> </tr> <tr> <th>Puesto de trabajo</th> <th>Día</th> <th>Horario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Ayudante de operación 1</td> <td>Miércoles</td> <td>14:00PM-22:00PM</td> </tr> <tr> <td>Miércoles-Jueves</td> <td>22:00PM-06:00AM</td> </tr> <tr> <td>Jueves</td> <td>06:00AM-14:00PM</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Ayudante de operación 3</td> <td>Martes-Miércoles</td> <td>10:00PM-06:00AM</td> </tr> <tr> <td>Miércoles</td> <td>06:00AM-14:00PM 14:00PM-22:00PM</td> </tr> </tbody> </table>	Día y horario de medición de ruido basada en la jornada completa			Puesto de trabajo	Día	Horario	Ayudante de operación 1	Miércoles	14:00PM-22:00PM	Miércoles-Jueves	22:00PM-06:00AM	Jueves	06:00AM-14:00PM	Ayudante de operación 3	Martes-Miércoles	10:00PM-06:00AM	Miércoles	06:00AM-14:00PM 14:00PM-22:00PM
	Día y horario de medición de ruido basada en la jornada completa																		
Puesto de trabajo	Día	Horario																	
Ayudante de operación 1	Miércoles	14:00PM-22:00PM																	
	Miércoles-Jueves	22:00PM-06:00AM																	
	Jueves	06:00AM-14:00PM																	
Ayudante de operación 3	Martes-Miércoles	10:00PM-06:00AM																	
	Miércoles	06:00AM-14:00PM 14:00PM-22:00PM																	
Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de efectuar la evaluación de la exposición a ruido con un dosímetro personal, se debe instalar el instrumento de medición en el trabajador seleccionado, ubicando el micrófono aproximadamente a 0,1m de la entrada del oído más expuesto a ruido del trabajador, pero no a más de 0,3m. En el caso de que dicha exposición sea mayor por un lado (exposición direccional a ruido), la elección de la posición del micrófono del dosímetro deberá considerar ese lado específico. • Se debe tener presente que, tanto el micrófono del dosímetro, además de su cuerpo mismo, se deben orientar de acuerdo a las instrucciones del fabricante, sin que se entorpezcan las tareas realizadas por el trabajador. 																		
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la batería del equipo tiene suficiente carga y contar siempre con baterías de repuesto. • Dirigir el eje del micrófono hacia la fuente origen de ruido • Verificar la calibración del equipo y reiniciar el dosímetro de cualquier otra medición anterior antes de tomar una nueva muestra. • Enfatizar al trabajador sobre la importancia de trabajar de manera habitual, hacer notar que el dosímetro no debe interferir con las labores normales. • Desanimar al trabajador para que no silbe, grite ni tape el micrófono. • Verificar la posición del micrófono a lo largo de la jornada 																		

Responsabilidades

- **Investigador:** Persona encargada de realizar las mediciones siguiendo el procedimiento establecido y registrando los datos obtenidos.
- **Revisor:** Persona encargada de revisar y validar las mediciones realizadas.
- **Tutor empresarial:** Persona encargada de revisar que las mediciones se realicen según lo planificado.
- **Organización en general:** Facilitar la realización de las mediciones en las áreas establecidas.

Bibliografía

- **Decreto Ejecutivo 2393**, Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.
- **NTE INEN-ISO 9612**, Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería (ISO 9612:2009).
- **NTP 270**, Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.

El procedimiento de evaluación para vibraciones transmitidas al cuerpo completo seleccionada dentro de HIDROTAMBO S.A. se los establece en la tabla 5.

Tabla 5. Procedimiento para la evaluación de vibraciones transmitidas al cuerpo completo.

	Código: HID-PDT-PR- 03	Realizado por: Investigador
	N° revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 05/04/2019	Aprobado por: Ing. Luis Morales
Procedimiento para la evaluación de vibraciones transmitidas al cuerpo completo.		
<p>Objetivo: Establecer técnicas, directrices y medios para medir el nivel de vibraciones transmitidas al cuerpo completo en los puestos de trabajo dentro de HIDROTAMBO S.A.</p>		
<p>Alcance: Destinada a todos los puestos de trabajo de HIDROTAMBO S.A.</p>		
<p>Definiciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vibración: Es un movimiento oscilatorio generado por el desplazamiento de un objeto que con se mueve con una velocidad constante en una dirección y después una velocidad constante en dirección opuesta. • Puesto de trabajo: Espacio ocupado en una empresa, institución o entidad desarrollando algún tipo de actividad o empleo de la cual se obtiene una remuneración. 		
<p>Periodicidad: Según el Decreto 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, se debe realizar cada año en los puestos de trabajo en los que este riesgo esté presente.</p> <p>En la Nota Técnica de Prevención 839 (NTP 839) para vibraciones transmitidas al cuerpo completo se fija como valor que da a una acción 0,5 m/s² y 1,15 m/s² como valor límite.</p> <p>Es necesario realizar evaluaciones adicionales cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se produzcan variaciones en los puestos de trabajo, maquinaria o equipos de trabajo existentes. • Se establezca un nuevo puesto de trabajo • Se divisen daños en la salud de los trabajadores 		

Glosario de términos:	
Wb: Filtro de ponderación para cuerpo entero en trenes de pasajeros.	
Wc: Filtro de ponderación para cuerpo entero en el respaldo de asientos.	
Wd: Filtro de ponderación para ejes “x” “y” en posiciones de pie o en la superficie del asiento.	
Wh: Filtro de ponderación para mano- brazo	
Wj: Filtro de ponderación para cuerpo entero para la cabeza de personas recostadas	
Wk: Filtro de ponderación para cuerpo entero	
Wm: Filtro de ponderación para cuerpo entero para personas en edificios.	
Procedimiento	
Equipo de medición	Vibrómetro Marca: Cirrus Research plc Modelo: CV:31A Rango de medida: límite inferior de 0,001m/s ² hasta límite superior de 800m/s ² . Ponderación: cumple con la norma ISO 8041:2005, ponderaciones Wb, Wc, Wd, Wh, Wj, Wk, Wm. Resolución: 0,001m/s ² . Complemento: acelerómetro triaxial de asiento para cuerpo completo. Alimentación: 3 baterías AAA. Duración típica de funcionamiento continuo: de 10 a 14 horas.
Calibración de campo	El instrumento de medición debe tener un certificado de calibración, según las instrucciones entregadas por el fabricante, ya que condiciones ambientales como temperatura, presión y humedad relativa, pueden afectar parcialmente la respuesta del instrumento. El certificado de calibración del vibrómetro se lo observa en el Anexo 4.
Escala de medición	Las mediciones se efectúan con las características de ponderación para cuerpo completo: <ul style="list-style-type: none"> • Wd para el eje “x” y el eje “y” en posiciones de pie o en la superficie del asiento.

	<ul style="list-style-type: none"> • Wk para el eje “z” en posiciones de pie o en la superficie del asiento. • Wc para cuerpo entero en el respaldo de asientos. • Wm para cuerpo entero para personas en edificios. 																																	
Horario de medición	<p>Las mediciones se las realiza en los puestos de trabajo que poseen una fuente significativa de vibraciones, a continuación, se especifica el horario para cada puesto de trabajo:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Día y horario de medición de vibraciones transmitidas al cuerpo completo</th> </tr> <tr> <th>Puesto de trabajo</th> <th>Día</th> <th>Horario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ayudante de operación 1</td> <td>N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ayudante de operación 2</td> <td>N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Ayudante de operación 3</td> <td>N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Técnico operador</td> <td>Martes</td> <td>09:00AM-09:10AM 11:00AM-11:10AM 14:00PM-14:10PM 17:00PM-17:10PM</td> </tr> <tr> <td>Monitor ambiental</td> <td>N/A</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Jefe de seguridad y salud ocupacional</td> <td>Miércoles</td> <td>09:00AM-09:10AM 12:00PM-12:10PM</td> </tr> <tr> <td>Jueves</td> <td>14:00PM-14:10PM 16:00PM-16:10PM</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Comunicador social</td> <td>Miércoles</td> <td>13:00PM-13:10PM 15:00PM-15:10PM</td> </tr> <tr> <td>Jueves</td> <td>08:00AM-08:10AM 11:00AM-11:10AM</td> </tr> </tbody> </table>	Día y horario de medición de vibraciones transmitidas al cuerpo completo			Puesto de trabajo	Día	Horario	Ayudante de operación 1	N/A		Ayudante de operación 2	N/A		Ayudante de operación 3	N/A		N/A		Técnico operador	Martes	09:00AM-09:10AM 11:00AM-11:10AM 14:00PM-14:10PM 17:00PM-17:10PM	Monitor ambiental	N/A		Jefe de seguridad y salud ocupacional	Miércoles	09:00AM-09:10AM 12:00PM-12:10PM	Jueves	14:00PM-14:10PM 16:00PM-16:10PM	Comunicador social	Miércoles	13:00PM-13:10PM 15:00PM-15:10PM	Jueves	08:00AM-08:10AM 11:00AM-11:10AM
Día y horario de medición de vibraciones transmitidas al cuerpo completo																																		
Puesto de trabajo	Día	Horario																																
Ayudante de operación 1	N/A																																	
Ayudante de operación 2	N/A																																	
Ayudante de operación 3	N/A																																	
	N/A																																	
Técnico operador	Martes	09:00AM-09:10AM 11:00AM-11:10AM 14:00PM-14:10PM 17:00PM-17:10PM																																
Monitor ambiental	N/A																																	
Jefe de seguridad y salud ocupacional	Miércoles	09:00AM-09:10AM 12:00PM-12:10PM																																
	Jueves	14:00PM-14:10PM 16:00PM-16:10PM																																
Comunicador social	Miércoles	13:00PM-13:10PM 15:00PM-15:10PM																																
	Jueves	08:00AM-08:10AM 11:00AM-11:10AM																																
Número de mediciones	Se escogen 4 mediciones porque, para todos los puestos de trabajo expuestos a vibraciones, solo existe una fuente constante en el transcurso de la jornada de trabajo.																																	
Duración de las mediciones	Las mediciones para vibraciones transmitidas al cuerpo completo se deben tener como mínimo una duración de por lo menos 3 minutos; en el presente procedimiento se toma como tiempo de referencia 10																																	

	minutos para cada medición porque los trabajadores permanecen expuestos a la fuente de vibraciones por tiempos prolongados.
Ubicación	Los transductores deben ser colocados según el sistema de coordenadas basicéntricos del cuerpo que se muestran en la figura 5 y deben medirse sobre la superficie entre el cuerpo y dicha superficie.
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Contar siempre con baterías de repuesto. • Para que las mediciones no tengan errores significativos, la persona debe mantenerse quieta durante la medición. • Extraer las pilas si no se va a utilizar el vibrómetro durante un período largo de tiempo.
Responsabilidades	
<ul style="list-style-type: none"> • Investigador: Persona encargada de realizar las mediciones siguiendo el procedimiento establecido y registrando los datos obtenidos. • Revisor: Persona encargada de revisar y validar las mediciones realizadas. • Tutor empresarial: Persona encargada de revisar que las mediciones se realicen según lo planificado. • Organización en general: Facilitar la realización de las mediciones en las áreas establecidas. 	
Bibliografía	
<ul style="list-style-type: none"> • Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. • NTE INEN-ISO 2631-1, Vibración mecánica y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración en todo el cuerpo. Parte 1. Requisitos Generales (ISO 2631-1:1997). • NTP 839, Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo 	

Las mediciones de ruido basadas en el puesto de trabajo se registran haciendo uso de la tabla del Anexo 6, las mediciones de ruido basadas en la jornada completa se registran haciendo uso de la tabla del Anexo 7 y las mediciones de vibraciones transmitidas al cuerpo completo usando la tabla del Anexo 8.

3.4.4. Procesamiento de la información

Método para el cálculo de nivel de exposición al ruido equivalente diario ponderado A y su incertidumbre

El cálculo del nivel de exposición al ruido diario ponderado A y la incertidumbre de medición de ruido se realiza a través del software en línea del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT) que cumple con la norma UNE-EN ISO 9612, misma en la que está basada la norma NTE INEN-ISO 9612 usada para este estudio.

A continuación, se describen los pasos para realizar el cálculo:

1. En un navegador Web ingresar la dirección:
<http://calculadores.insht.es/Incertidumbredelruido/Introducci%C3%B3n.aspx>
2. Pulsar en la pestaña “Entrada de datos”.



Fig. 11 Entrada de datos a calculadora de software INSHT [33].

3. Seleccionar el tipo de estrategia de la medición.

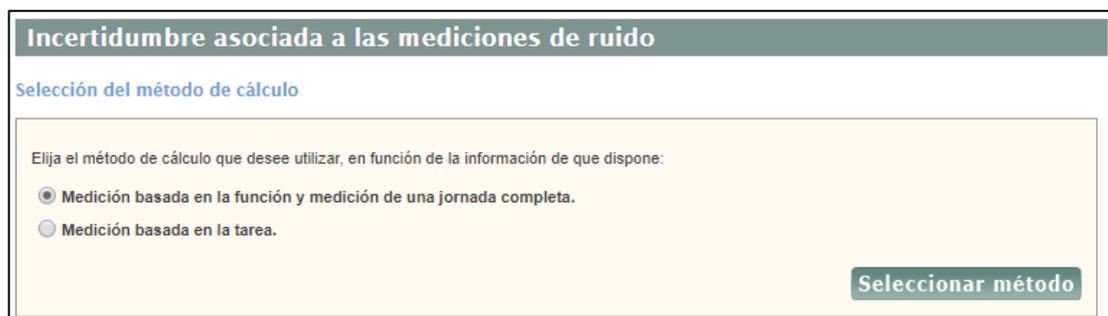
The image shows a web form titled "Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido". Below the title, it says "Selección del método de cálculo". The main instruction is "Elija el método de cálculo que desee utilizar, en función de la información de que dispone:". There are two radio button options: "Medición basada en la función y medición de una jornada completa." (which is selected) and "Medición basada en la tarea.". A "Seleccionar método" button is located at the bottom right of the form.

Fig. 12 Selección de estrategia de medición [33].

4. Pulsar la opción “Seleccionar método”.
5. Seleccionar el tipo de instrumento con el que se realiza las mediciones.

Fig. 13 Selección de instrumento de medición [33].

6. Llenar los campos de muestra de nivel de ruido y duración efectiva de la medición.

Fig. 14 Campos de muestras de ruido y su duración [33].

7. Pulsar la opción “Calcular” para obtener los valores de $L_{Aeq,d}$ e incertidumbre.

Nivel de exposición al ruido equivalente diario ponderado A y su incertidumbre

Para verificar que los valores calculados con el software se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente ($L_{Aeq,Te}$) para cada puesto de trabajo mediante la ecuación 3:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (10^{0.1 * L_{Aeq,T,n}}) \right] dB(A) \quad (3)$$

Donde:

N: número de muestras tomadas

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

Con el nivel de presión sonora continuo equivalente se calcula el nivel de exposición al ruido equivalente diario ($L_{Aeq,d}$) con la ecuación 4:

$$L_{Aeq,d} = \left[L_{Aeq,Te} + 10 * \lg \frac{T}{8} \right] dB(A) \quad (4)$$

Donde:

T: es el tiempo de exposición al ruido en horas

La incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición al ruido equivalente diario $u(L_{Aeq,d})$ se calcula a partir de las diferentes contribuciones c,u , de las diferentes componentes de incertidumbre, según la ecuación 12 [27].

$$u^2 = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (12)$$

Donde:

u : incertidumbre combinada estándar

$c_1 u_1$: factor en función de N y del calculo de u_1

u_2 : incertidumbre típica del instrumento

u_3 : incertidumbre generada por la posición del micrófono

c_1 : coeficientes de sensibilidad del tipo de instrumento

c_2 : coeficientes de sensibilidad de la posición del micrófono

El valor del factor $c_1 u_1$ es función del número de mediciones, N, llevadas a cabo durante el muestro y del valor de la componente de incertidumbre u_1 asociada a los valores de $L_{Aeq,T,n}$ obtenidos [27]. De esta manera, el valor de se calcula según la fórmula 13:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{N-1} [\sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \bar{L}_{Aeq,T,n})^2]} \quad (13)$$

Donde:

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

u_1 : incertidumbre asociada a los valores de $L_{Aeq,T,n}$

Cabe destacar que el valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla de la NTE INEN-ISO 9612, mostrada en la figura 14, junto con el valor de N , y obtener el valor del factor $c_1 u_1$ [26].

N	Contribución a la incertidumbre $c_1 u_1$ de los valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$ dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	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

Fig. 15 Contribución de la incertidumbre $c_1 u_1$ de los valores medidos [26].

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 debidos, respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad [26].

El valor de u_2 correspondiente a la incertidumbre típica por el tipo de instrumento empleado se puede observar en la tabla de la NTE INEN-ISO 9612, la misma que se muestra a continuación en la figura 15 [26].

Tipo de instrumento	Desviación típica u_2 ($\sigma u_{2,m}$) dB
Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	0,7
Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61252	1,5
Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	1,5

Fig. 16 Incertidumbre típica de los instrumentos [26].

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

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. En este punto se puede escoger entre un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico, la tabla de la NTP 950 describe los niveles de confianza y el valor de k según el intervalo que se seleccione, a continuación se muestra en la figura 16[28].

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

Fig. 17 Valores del factor de cobertura k , para una distribución normal [28].

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

$$U = k * u \quad (14)$$

Donde:

U: incertidumbre expandida

u: incertidumbre combinada estándar.

k: factor de cobertura.

Los resultados que se obtienen de los cálculos del nivel de exposición al ruido equivalente diario y su incertidumbre se los tabula haciendo uso de la tabla del Anexo 9 y 10.

Evaluación del nivel de exposición al ruido

Basado en el decreto ejecutivo 2393 (reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo), se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles medidos con el filtro o escala A en posición lenta “Slow” para el trabajo continuo de una jornada de 8 horas [34].

Se toma el valor calculado del nivel de exposición al ruido equivalente diario y se compara con el valor límite máximo del decreto ejecutivo 2393, según la ecuación 15 [23]:

$$D = \frac{L_{Aeq,d}[dBA]}{85[dBA]} \quad (15)$$

Donde:

D : Dosis de exposición al ruido

$L_{Aeq,d}$: Nivel de exposición al ruido diario equivalente

Si el valor de la dosis es mayor que 1 entonces el nivel de ruido es intolerable, si la dosis es menor o igual que 1 entonces el nivel de ruido es tolerable [23]. Estos valores se registran haciendo uso de la tabla del Anexo 9.

Método para el cálculo del nivel de exposición diaria a vibraciones transmitidas al cuerpo completo y su incertidumbre

Se usan los cálculos del método general de la incertidumbre estándar tipo A para calcular el nivel de exposición diaria a vibración transmitidas al cuerpo completo y a la incertidumbre de la medición. Los valores eficaces de la aceleración ponderada medidos (a_{wxm} , a_{wym} , a_{wzm}) de cada eje en cada puesto de trabajo se promedian mediante la fórmula de la media aritmética expresada en la ecuación 16 [35]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad (16)$$

Donde:

\bar{x} : Media aritmética

n : Número de mediciones realizadas

x_i : Valor de la medición

Con la media aritmética de cada eje en los puestos de trabajo se calcula las exposiciones diarias a vibraciones utilizando las ecuaciones 9,10 y 11, el resultado de la exposición diaria a vibraciones para comparar con los valores de referencia es el máximo de los tres calculados [31]. Todos los valores se registran haciendo uso de la tabla del Anexo 11.

La varianza experimental de las mediciones es la dispersión de los resultados y se la determina por la ecuación 17 [35]:

$$s^2(x) = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (\bar{x} * x_i)^2 \quad (17)$$

Donde:

$s^2(x)$: Varianza experimenta

La varianza del promedio es un estimador sesgado de la varianza de la media de las muestras, y se determina según la ecuación 18 [35]:

$$s^2(\bar{x}) = \frac{s^2(x)}{n} \quad (18)$$

Donde:

$s^2(\bar{x})$: Varianza de la media

La desviación estándar del promedio es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio según la ecuación 19 [35]:

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \quad (19)$$

Donde:

$s(\bar{x})$: Desviación estándar de la media.

Para mediciones menores o iguales que 10 la incertidumbre estándar tipo A se calcula mediante la ecuación 20 [35]:

$$u_A = t_p(v) * s(\bar{x}) \quad (20)$$

Donde:

u_A : Incertidumbre estándar “verdadera” o teórica de tipo A.

$t_p(v)$: Se obtiene a partir de la distribución t-Student para el número de grados de libertad (n-1)

Con el número de observaciones se recurre a la tabla 6 para obtener el valor de $t_p(v)$, en esta investigación se usa el nivel de confianza del 95,45%.

Numero de Observaciones	Grados de libertad (n-1)	Nivel de confianza					
		99%	98%	95,46%	0,9	0,8	68
2	1	63,66	31,82	13,97	6,31	3,06	1,82
3	2	9,92	6,96	4,53	2,92	1,89	1,31
4	3	5,84	4,54	3,31	2,35	1,64	1,19
5	4	4,6	3,75	2,87	2,13	1,53	1,13
6	5	4,03	3,36	2,65	2,02	1,48	1,1
7	6	3,71	3,14	2,52	1,94	1,44	1,08
8	7	3,5	3	2,43	1,89	1,41	1,07
9	8	3,36	2,9	2,37	1,86	1,4	1,06
10	9	3,25	2,82	2,32	1,83	1,38	1,05
11	10	3,17	2,76	2,28	1,81	1,37	1,05
12	11	3,11	2,72	2,25	1,8	1,36	1,04
13	12	3,05	2,68	2,23	1,78	1,36	1,04
14	13	3,01	2,65	2,21	1,77	1,35	1,03
15	14	2,98	2,62	2,2	1,76	1,35	1,03
16	15	2,95	2,6	2,18	1,75	1,34	1,03
17	16	2,92	2,58	2,17	1,75	1,34	1,03
18	17	2,9	2,57	2,16	1,74	1,33	1,02
19	18	2,88	2,55	2,15	1,73	1,33	1,02
20	19	2,66	2,54	2,14	1,73	1,33	1,02
Infinito	Infinito	2,58	2,33	2	1,64	1,28	1

Tabla 6. Distribución t-Student [35].

El valor de la incertidumbre estándar de las mediciones se registra haciendo uso de la tabla del Anexo 11.

Evaluación del nivel de exposición a vibraciones

En la Nota Técnica de Prevención 839 (NTP 839) para vibraciones transmitidas al cuerpo completo se establece que si el valor de aceleración ponderada en cualquier eje es menor $0,5 \text{ m/s}^2$, la situación es aceptable y el riesgo es tolerable, si el valor está entre $0,5 \text{ m/s}^2$ y $1,15 \text{ m/s}^2$, es una situación de riesgo y se debe dar lugar a una acción para mitigar las vibraciones, si el valor calculado sobrepasa el $1,15 \text{ m/s}^2$, es considerado un riesgo intolerable [31].

Se toma el mayor valor calculado de exposición diaria a vibraciones en los ejes de cada puesto de trabajo y se lo compara con los valores límites de la NTP 839 para determinar si el riesgo es tolerable, si el riesgo requiere una acción o si el riesgo es intolerable. Los resultados se registran haciendo uso de la tabla del Anexo 11.

3.5. Desarrollo del proyecto

- Describir la empresa, puestos de trabajo y sus actividades haciendo uso de Anexo 1.
- Identificar las fuentes de peligro para ruido y vibraciones haciendo uso de Anexo 1.
- Seleccionar las estrategias de medición adecuadas.
- Escoger instrumentos de medición.
- Elaborar material para recolectar información.
- Medir los niveles de ruido en los puestos de trabajo. Registrar haciendo uso de Anexo 6 y 7.
- Medir los niveles de vibraciones en los puestos de trabajo. Registrar haciendo uso de Anexo 8.
- Tabular las mediciones y datos recogidos.
- Evaluar los niveles de ruido en los puestos de trabajo. Registrar haciendo uso de Anexo 9 y 10.
- Evaluar los niveles de vibraciones en los puestos de trabajo. Registrar haciendo uso de Anexo 11.
- Valorar los niveles de ruido y vibraciones, comparándolos con las dosis permitidas. Registrar haciendo uso de Anexo 9, 10 y 11

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Información de la empresa

La central hidroeléctrica HIDROTAMBO S.A. es una empresa ubicada en la provincia de Bolívar, cantón Chillanes, parroquia San José del Tambo, la cual tiene como objetivo principal generar electricidad haciendo uso de la energía del caudal del río “Dulce Pamba”, la energía eléctrica generada se la entrega al interconectado nacional.

HIDROTAMBO S.A. cuenta con un área de captación donde se toma el agua del río de manera lateral y sin intervenirlo directamente, área de tanque de carga donde se almacena el agua y el área de casa de máquinas donde existen dos turbinas Francis de marca WKV (Wasserkraft Volk AG) que generan 4Mw cada una.



Fig. 18 Vista área de Casa de máquinas.

4.1.1. Organigrama de la empresa

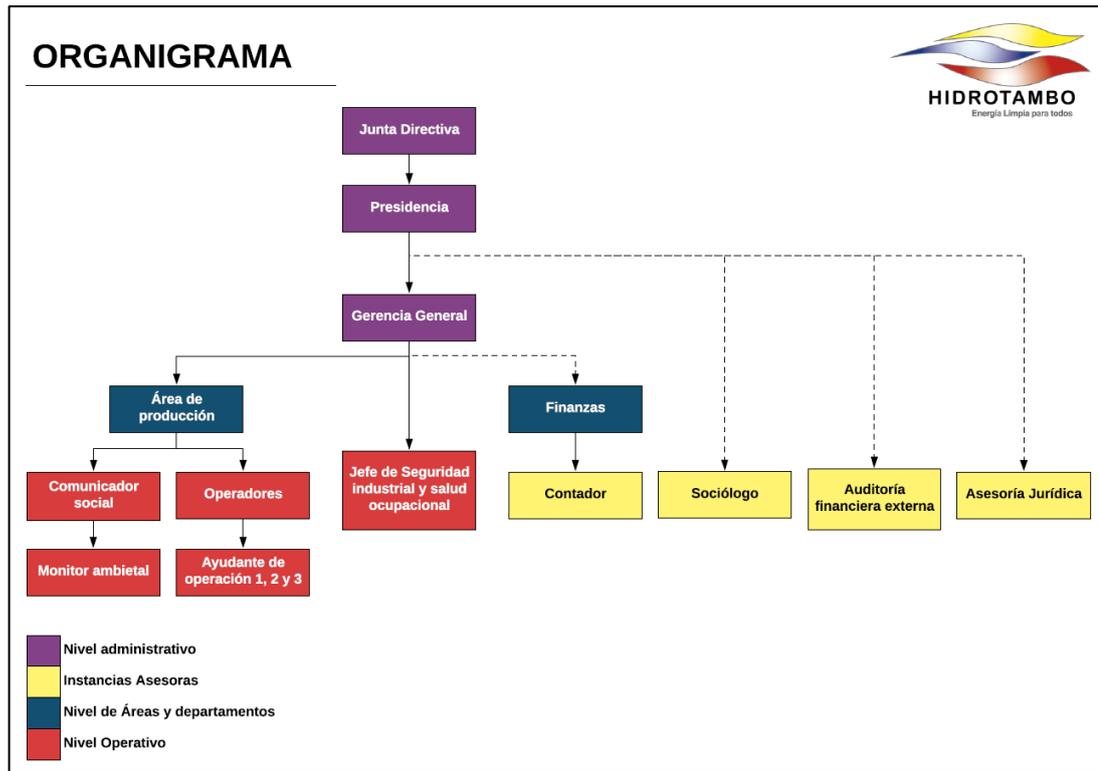


Fig. 19 Estructura organizacional de HIDROTAMBO S.A.

4.2. Clasificación de áreas y puestos de trabajo

Se identifica las áreas y cada uno de sus puestos de trabajo mediante la observación, en la tabla 7, se detalla la clasificación de áreas y los puestos de trabajo dentro de HIDROTAMBO S.A.

Tabla 7. Clasificación de áreas y sus puestos de trabajo.

Clasificación de los puestos de trabajo	
Área	Puesto de trabajo
Captación	Ayudante de operación 1
Tanque de carga	Ayudante de operación 2
Casa de máquinas	Ayudante de operación 3
	Técnico operador
	Monitor ambiental
	Jefe de seguridad y salud ocupacional
	Comunicador social

4.3. Análisis de puestos de trabajo

Es necesario analizar cada puesto de trabajo tomando en cuenta las actividades que se realizan, maquinarias, materiales y herramientas que se usan, principalmente las fuentes de ruido y vibraciones, frecuencia y tiempo a la que los trabajadores están expuestos para identificar las condiciones en las que los trabajadores de HIDROTAMBO S.A. realizan sus labores. En las tablas 8 a 14 se registran las características de los puestos de trabajo.

Tabla 8. Características del puesto de trabajo de ayudante de operación 1

		Código: HID-CT-01		Realizado por: Investigador	
		N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales	
		Fecha: 17/04/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Área:	Captación				
Puesto de trabajo:	Ayudante de operación 1				
N° trabajadores:	1 por turno	Género:	Masculino		
Horarios trabajo:	6:00 AM – 2:00 PM				
	2:00 PM – 10:00PM				
	10:00 PM – 6:00 AM				
Posición de trabajo:	Sentado – De pie				
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):	Móvil				
Localización:	Al aire libre				
Maquinarias:	N/A				
Materiales:	Materiales de limpieza				
Herramientas:	Radio portátil de comunicación, celular, tijeras de podar, rastrillo, escoba				
Exposición a ruido y vibraciones					
Fuentes de ruido		Frecuencia de exposición		Tiempo de exposición	
-Compuerta radial		-Poco frecuente		-Entre 5 y 10 minutos	
-Compuerta del desarenador		-Poco frecuente		-Entre 7 y 10 minutos	
-Ruido ambiental (Caudal de Rio)		-Muy frecuente		-8 horas	
Fuentes de vibración		Frecuencia de exposición		Tiempo de exposición	
N/A		N/A		N/A	
Actividades realizadas					
Muy frecuentes:	Vigilancia del área de captación Inspección del área de captación Comunicación sobre palizadas y avenidas del rio con Casa de máquinas Coordinación con Tanque de carga para mantener caudal permitido				
Frecuentes:	Limpieza del área de captación Riego y cuidado de plantas				
Poco Frecuentes:	Operación de compuerta radial Operación de compuertas del desarenador				



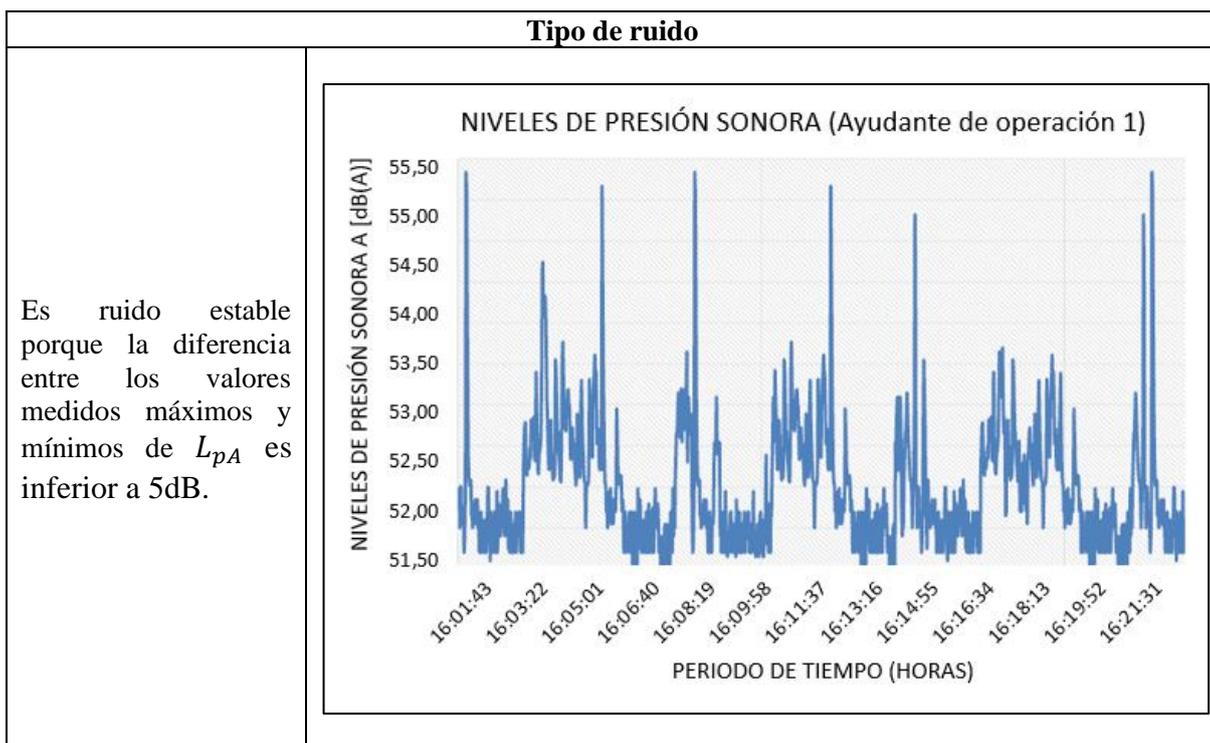


Tabla 9. Características del puesto de trabajo de ayudante de operación 2

 <p>HIDROTAMBO Energía Limpia para todos</p>	Código: HID-CT-01		Realizado por: Investigador
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 17/04/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales
Área:	Tanque de carga		
Puesto de trabajo:	Ayudante de operación 2		
N° trabajadores:	1 por turno	Género:	Masculino
Horarios trabajo:	6:00 AM – 2:00 PM		
	2:00 PM – 10:00PM		
	10:00 PM – 6:00 AM		
Posición de trabajo:	Sentado		
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):	Fijo		
Localización:	Al aire libre		
Maquinarias:	N/A		
Materiales:	Materiales de limpieza		
Herramientas:	Radio portátil de comunicación, celular, tijeras de podar, rastrillo, escoba		
Exposición a ruido y vibraciones			
Fuentes de ruido	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
-Caudal de tanque de carga	-Muy frecuente	-8 horas	
-Compuerta de tubería de presión	-Poco frecuente	-Entre 3 y 5 minutos	
Fuentes de vibración	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
N/A	N/A	N/A	



Actividades realizadas	
Muy frecuentes:	Vigilancia del área de tanque de carga Coordinación con captación para mantener caudal permitido Comunicación sobre nivel de agua con casa de máquinas
Frecuentes:	Limpieza del área de tanque de carga Riego y cuidado de plantas
Poco Frecuentes:	Revisión de canal de conducción Limpieza de material del tanque de carga
Tipo de ruido	
Es ruido estable porque la diferencia entre los valores medidos máximos y mínimos de L_{pA} es inferior a 5dB.	<p>NIVELES DE PRESIÓN SONORA (Ayudante de operación 2)</p> <p>NIVELES DE PRESIÓN SONORA A [dB(A)]</p> <p>PERIODO DE TIEMPO (HORAS)</p>

Tabla 10. Características del puesto de trabajo de ayudante de operación 3

<p>HIDROTAMBO Energía Limpia para todos</p>	Código: HID-CT-01		Realizado por: Investigador
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 17/04/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales
Área:	Casa de máquinas		
Puesto de trabajo:	Ayudante de operación 3		
N° trabajadores:	1 por turno	Género:	Masculino
Horarios trabajo:	6:00 AM – 2:00 PM		
	2:00 PM – 10:00PM		
	10:00 PM – 6:00 AM		
Posición de trabajo:	Sentado - De pie		
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):	Móvil		
Localización:	Al aire libre		
Maquinarias:	N/A		
Materiales:	Materiales de limpieza		




Herramientas:	Radio portátil de comunicación, celular, tijeras de podar, rastrillo, escoba	
Exposición a ruido y vibraciones		
Fuentes de ruido	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición
-Turbinas	-Muy frecuente	- 8 horas
-Generador de energía auxiliar	-Poco frecuente	-Entre 15 y 30 minutos
Fuentes de vibración	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición
N/A	N/A	N/A
Actividades realizadas		
Muy frecuentes:	Vigilancia del área de casa de máquinas Revisión de filtros de turbinas Limpieza de filtros de turbinas Limpieza de turbinas y sus alrededores	
Frecuentes:	Limpieza del área de casa de máquinas Riego y cuidado de plantas	
Poco Frecuentes:	Limpieza de bodega de combustibles y lubricantes Revisión de tubería de presión Revisión de generador de energía auxiliar	
Tipo de ruido		
Es ruido estable porque la diferencia entre los valores medidos máximos y mínimos de L_{pA} es inferior a 5dB.	<p style="text-align: center;">NIVELES DE PRESIÓN SONORA (Ayudante de operación 3)</p>	

Tabla 11. Características del puesto de trabajo de técnico operador

 <p>HIDROTAMBO Energía Limpia para todos</p>	Código: HID-CT-01		Realizado por: Investigador
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales
	Fecha: 17/04/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales
Área:	Casa de máquinas		
Puesto de trabajo:	Técnico operador		
N° trabajadores:	1 por turno	Género:	Masculino
Horarios trabajo:	7:00 AM – 7:00 PM		
	7:00 PM – 7:00 AM		
Posición de trabajo:	De pie		
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):	Fijo		
Localización:	Dentro de estructura de casa de máquinas		
Maquinarias:	Soldadora, amoladora de banco		
Materiales:	Electrodos, cinta autoaislante, cables, materiales de oficina		
Herramientas:	Destornilladores, limas, martillo, llaves, extensiones eléctricas, entenalla, cortadora manual		
Exposición a ruido y vibraciones			
Fuentes de ruido		Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición
-Turbinas		-Muy frecuente	-12 horas
-Generador de energía auxiliar		-Poco frecuente	-Entre 15 y 30 minutos
Fuentes de vibración		Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición
-Estructural debido a la cercanía con las turbinas		-Muy frecuente	-12 horas
Actividades realizadas			
Muy frecuentes:	Control de niveles de reactivos Control de potencia entregada al interconectado nacional Comunicación y coordinación con CENACE Comunicación sobre el nivel de agua con tanque de carga Registro de temperatura, reactivos y voltaje de cada turbina		
Frecuentes:	Mantenimiento a instalaciones eléctricas Reporte diario de reactivos y potencia entregada Planificación diaria de entrega de energía		
Poco Frecuentes:	Mantenimiento a turbinas Mantenimiento a generador de energía auxiliar Mantenimiento a transformadores de subestación		



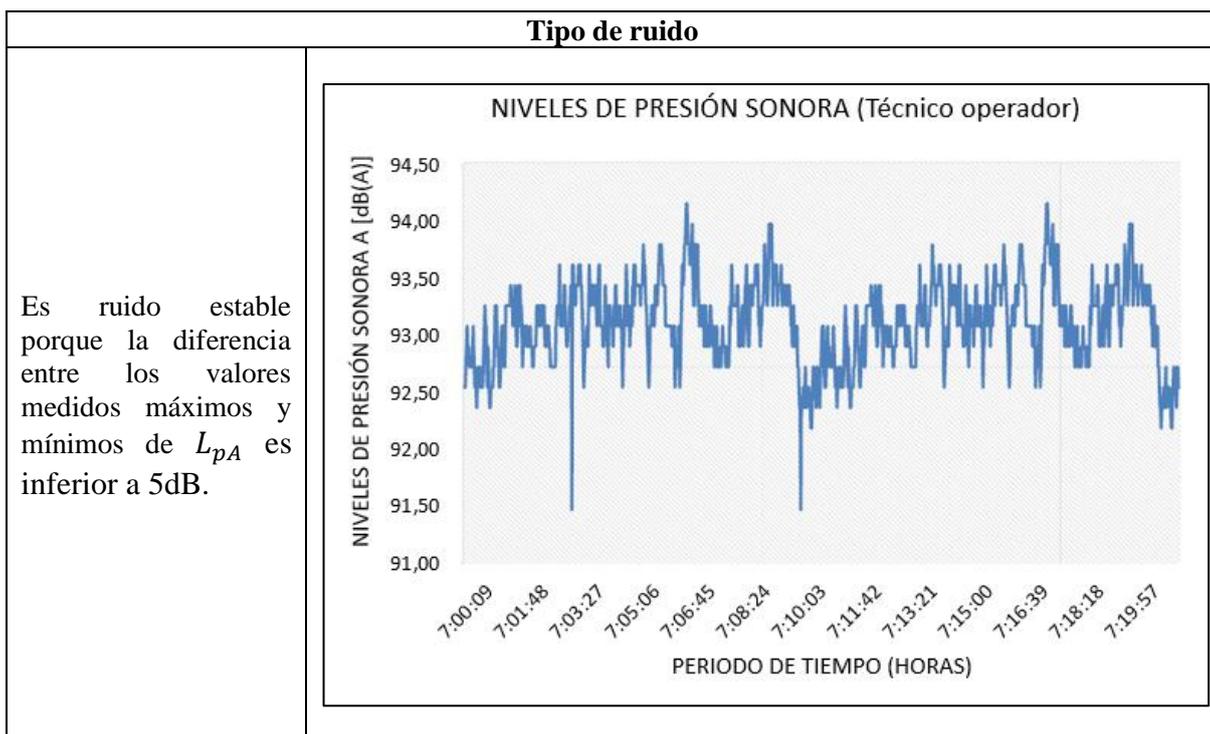


Tabla 12. Características del puesto de trabajo de monitor ambiental

	Código: HID-CT-01		Realizado por: Investigador	
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales	
	Fecha: 17/04/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Área:	Casa de máquinas			
Puesto de trabajo:	Monitor ambiental			
N° trabajadores:	1	Género:		Masculino
Horarios trabajo:	7:00 AM – 3:00 PM			
Posición de trabajo:	De pie			
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):	Fijo			
Localidad:	Al aire libre			
Maquinarias:	N/A			
Materiales:	Fundas, semillas			
Herramientas:	Pala, tijeras de podar,			
Exposición a ruido y vibraciones				
Fuentes de ruido		Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
-Turbinas		-Muy frecuente	-8 horas	
Fuentes de vibración		Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
N/A		N/A	N/A	
Actividades realizadas				
Muy frecuentes:	Revisión de vivero Registro de plantas usadas y existentes en vivero Entrega de plantas a comunidades aledañas Cuidado de plantaciones			

Frecuentes:	Plantación de nuevas especies Renovación de vivero
Poco Frecuentes:	Revisión de vegetación en línea de transmisión
Tipo de ruido	
Es ruido estable porque la diferencia entre los valores medidos máximos y mínimos de L_{pA} es inferior a 5dB.	

Tabla 13. Características del puesto de trabajo de jefe de seguridad y salud ocupacional

	Código: HID-CT-01	Realizado por: Investigador	
	N° revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales	
	Fecha: 17/04/2019	Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Área:	Casa de máquinas		
Puesto de trabajo:	Jefe de seguridad y salud ocupacional		
N° trabajadores:	1		Género: Masculino
Horarios trabajo:	7:00 AM – 7:00 PM		
Posición de trabajo:	Sentado		
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):	Fijo		
Localización:	Dentro de la estructura de casa de máquinas		
Maquinarias:	N/A		
Materiales:	Materiales de oficina		
Herramientas:	Computadora		
Exposición a ruido y vibraciones			
Fuentes de ruido	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
-Turbinas	-Muy frecuente	-12 horas	
Fuentes de vibración	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
-Estructural debido a la cercanía con las turbinas	-Muy frecuente	-12 horas	

Actividades realizadas	
Muy frecuentes:	Planeación de actividades e inspecciones Aprobación de trabajos diarios Revisión de documentación Comunicación con MAE
Frecuentes:	Inspección a extintores Inspección a kit de primeros auxilios Inspección a kit antiderrames
Poco Frecuentes:	Planificación de mantenimientos Capacitaciones sobre riesgos en el trabajo Aprobación de trabajos eléctricos y especiales
Tipo de Ruido	
Es ruido estable porque la diferencia entre los valores medidos máximos y mínimos de L_{pA} es inferior a 5dB.	<p style="text-align: center;">NIVELES DE PRESIÓN SONORA (Jefe de seguridad y salud ocupacional)</p>

Tabla 14. Características del puesto de trabajo de comunicador social

	Código: HID-CT-01	Realizado por: Investigador	
	N° revisión: 01	Revisado por: Ing. Luis Morales	
	Fecha: 17/04/2019	Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Área:	Casa de máquinas		
Puesto de trabajo:	Comunicador social		
N° trabajadores:	1		Género: Femenino
Horario trabajo:	7:00 AM – 7:00 PM		
Posición de trabajo:	Sentado		
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):	Fijo		
Localización:	Dentro de estructura de casa de máquinas		
Maquinarias:	N/A		
Materiales:	Materiales de oficina		

Herramientas:	Computadora	
Exposición a ruido y vibraciones		
Fuentes de ruido	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición
-Turbinas	-Muy frecuente	-12 horas
Fuentes de vibración	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición
-Estructural debido a la cercanía con las turbinas	-Muy frecuente	-12 horas
Actividades realizadas		
Muy frecuentes:	Planificación de visita a comunidades Planificación tour del agua Revisión de documentos de socializaciones Socializaciones	
Frecuentes:	Monitoreo de cursos en zonas aledañas Recepción de peticiones por parte de la comunidad Entrega de donaciones	
Poco Frecuentes:	Visita con centro de salud a comunidades necesitadas Presentación de resultados de socializaciones	
Tipo de ruido		
<p>Es ruido estable porque la diferencia entre los valores medidos máximos y mínimos de L_{pA} es inferior a 5dB.</p>	<p style="text-align: center;">NIVELES DE PRESIÓN SONORA (Comunicador social)</p>	

4.4. Selección de la estrategia de medición de ruido

Escoger la estrategia de medición de ruido es fundamental para la investigación por lo que se toma en cuenta todas las características significativas de cada puesto de trabajo y según su patrón escoger la estrategia recomendada según procedimiento de medición de ruido laboral.

En la tabla 15, se determina el patrón de trabajo y la estrategia de medición seleccionada para cada puesto de trabajo de HIDROTAMBO S.A.

Tabla 15. Patrón de trabajo y estrategia de medición de ruido seleccionada

Patrón de trabajo y estrategia de medición de ruido seleccionada				
Puesto de trabajo	Tipo de trabajo	Patrón de trabajo	Estrategia de medición seleccionada	Instrumento de medición
Ayudante de operación 1	Móvil	Pauta de trabajo imprevisible	Basado en la jornada completa	Dosímetro
Ayudante de operación 2	Fijo	Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	Basada en el puesto de trabajo	Sonómetro
Ayudante de operación 3	Móvil	Pauta de trabajo imprevisible	Basado en la jornada completa	Dosímetro
Técnico operador	Fijo	Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	Basada en el puesto de trabajo	Sonómetro
Monitor ambiental	Fijo	Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	Basada en el puesto de trabajo	Sonómetro
Jefe de seguridad y salud ocupacional	Fijo	Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	Basada en el puesto de trabajo	Sonómetro
Comunicador social	Fijo	Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	Basada en el puesto de trabajo	Sonómetro

4.5. Cálculo de la duración mínima acumulada para las mediciones por cada puesto de trabajo

La estrategia de medición de ruido basada en el puesto de trabajo define que se debe establecer el tiempo de medición en función del número de trabajadores según los cálculos que se muestran en la tabla 16 [26]:

Tabla 16. Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar [26].

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

A continuación, se determinará la duración mínima acumulada de las mediciones en cada puesto de trabajo:

Tabla 17. Duración mínima acumulada en horas para las mediciones en cada puesto de trabajo [26].

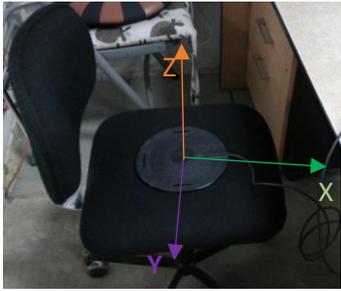
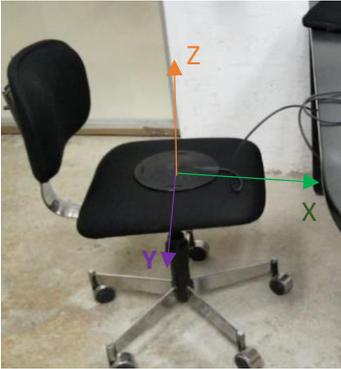
Duración mínima acumulada en horas para las mediciones por cada puesto de trabajo			
Puesto de trabajo	Número de trabajadores (n_G)	Duración mínima acumulada de las mediciones	
Ayudante de operación 2	3	$n_G \leq 5$	5h
Técnico operador	4	$n_G \leq 5$	5h
Monitor Ambiental	2	$n_G \leq 5$	5h
Jefe de seguridad y salud ocupacional	1	$n_G \leq 5$	5h
Comunicador social	1	$n_G \leq 5$	5h

Al ser un valor únicamente mínimo se puede realizar una mayor duración acumulada de mediciones para disminuir la incertidumbre por lo que para esta investigación se efectúan seis mediciones con duración de una hora y repartidas de manera aleatoria en cada turno de los puestos de trabajo.

4.6. Ubicación para medición de vibraciones

La metodología indica que los transductores del vibrómetro deben ser colocados según el sistema de coordenadas basicéntricos del cuerpo que se muestran en la figura 5 y además las mediciones se realizan sobre la superficie entre el cuerpo y dicha superficie, como lo muestra la tabla 18 para cada puesto de trabajo analizado.

Tabla 18. Ubicación para las mediciones de vibraciones en cada puesto de trabajo

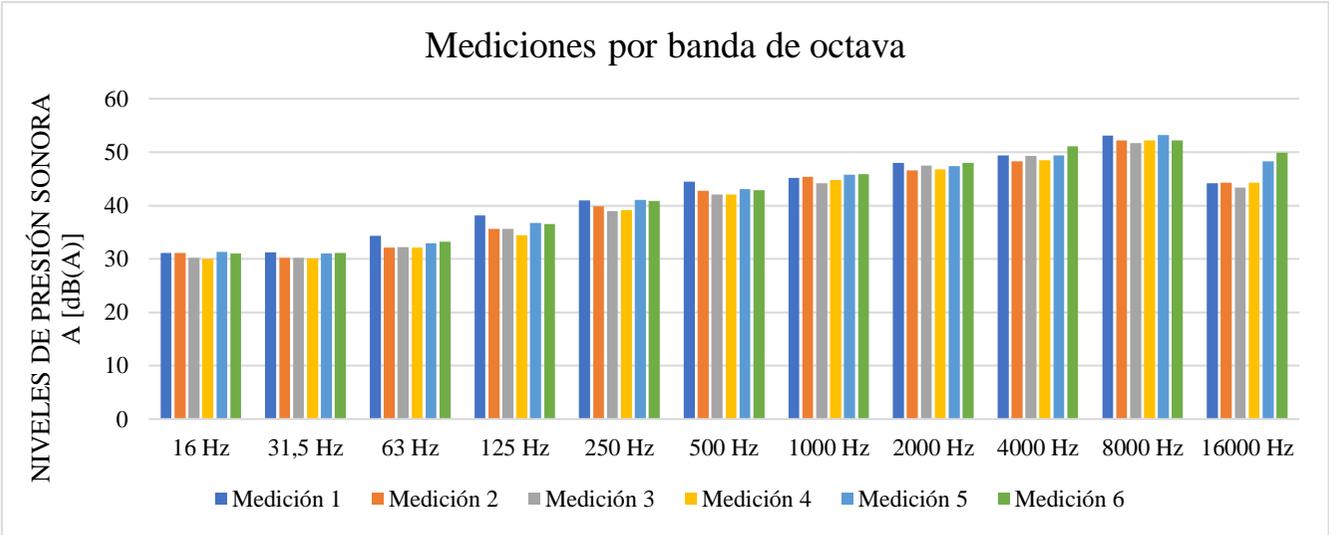
Ubicación para las mediciones de vibraciones en cada puesto de trabajo		
Puesto de trabajo	Posición de trabajo	Localización de transductores
Técnico operador	De pie	<p>Sobre la superficie en la que los pies se apoyan</p> 
Jefe de seguridad y salud ocupacional	Sentado	<p>Sobre la superficie de apoyo del asiento</p> 
Comunicador social	Sentado	<p>Sobre la superficie de apoyo del asiento</p> 

4.7.Recolección y procesamiento de datos

4.7.1. Valores medidos y cálculo del nivel de exposición al ruido diario equivalente con estrategia basada en el puesto de trabajo

Las mediciones con estrategia de medición basada en el puesto de trabajo se las detalla desde la tabla 19 a 23 y se las realizó conforme a lo detallado en el procedimiento de la tabla 3.

Tabla 19. Medición de ruido para ayudante de operación 2

	Código: HID-MR-01					Realizado por: Investigador												
	N° revisión: 01					Revisado por: Ing. Luis Morales												
	Fecha: 16/05/2019 – 17/05/2019					Aprobado por: Ing. Luis Morales												
Instrumento: Sonómetro clase 2			Marca: Quest Technologies					Modelo: SoundProSE/DL										
Área: Tanque de carga			Puesto de trabajo: Ayudante de operación 2															
Condiciones termo higrométricas relevantes:			Temperatura ambiente de 23 grados centígrados. Viento leve															
Valores medidos																		
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Ceq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz		
16/05/2019	6:00AM-07:00PM	1	56,0	57,9	92,4	31,1	31,2	34,3	38,1	41	44,5	45,2	48	49,4	53,1	44,2		
16/05/2019	9:30AM-10:30AM	2	55,7	56,7	85,5	31,1	30,2	32,1	35,6	39,9	42,8	45,4	46,6	48,3	52,2	44,3		
16/05/2019	13:00PM-14:00PM	3	55,6	57,1	91,7	30,2	30,2	32,2	35,6	38,9	42,1	44,2	47,5	49,3	51,7	43,4		
17/05/2019	16:00PM-17:00PM	4	55,7	56,1	92,3	30	30,1	32,1	34,4	39,1	42,1	44,8	46,8	48,5	52,2	44,3		
17/05/2019	19:00PM-20:00PM	5	57,0	61,4	93,6	31,3	31	32,9	36,7	41,1	43,1	45,8	47,4	49,4	53,2	48,3		
17/05/2019	21:00PM-22:00PM	6	57,2	58,5	97,1	31	31,1	33,2	36,5	40,9	42,9	45,9	48	51,1	52,2	49,9		
Bandas de octava																		
																		

Cálculo de $L_{Aeq,d}$ para ayudante de operación 2

Se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente para el puesto de trabajo “Ayudante de operación 2” con la ecuación 3. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,Te}$ es:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{6} \left(10^{\frac{56}{10}} + 10^{\frac{55,7}{10}} + 10^{\frac{55,6}{10}} + 10^{\frac{55,7}{10}} + 10^{\frac{57}{10}} + 10^{\frac{57,2}{10}} \right) \right] dB(A)$$
$$L_{Aeq,Te} = 56,3 dB (A)$$

Para el calculo del nivel de exposición al ruido equivalente diario se usa la ecuación 4. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,d}$ es:

$$L_{Aeq,d} = 56,3 + 10 * \lg \frac{8}{8} dB(A)$$
$$L_{Aeq,d} = 56,3 dB (A)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para ayudante de operación 2

Para obtener u_1 se usa la ecuación 13 y reemplazando los valores sería:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{6-1} \left[\frac{(56 - 56,2)^2 + (55,7 - 56,2)^2 + (55,6 - 56,2)^2 + (55,7 - 56,2)^2 + (57 - 56,2)^2 + (57,2 - 56,2)^2}{(57 - 56,2)^2 + (57,2 - 56,2)^2} \right]}$$
$$u_1 = 0,7dB$$

El valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla mostrada en la figura 14, junto con el valor de N, para obtener el valor del factor $c_1 u_1$:

$$c_1 u_1 = 0,39dB$$
$$(c_1 u_1)^2 = 0,15dB$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad:

$$c_2 = c_3 = 1dB$$

Debido a que el equipo utilizado para las mediciones es un sonómetro de clase 2 según la figura 15 el valor de $u_2 = 1,5dB$, entonces:

$$u_2^2 = 2,25 dB$$

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

Aplicando la incertidumbre estándar combinada de la ecuación 12 tenemos:

$$u^2 = 0,39^2 + 1(1,5^2 + 1^2)$$

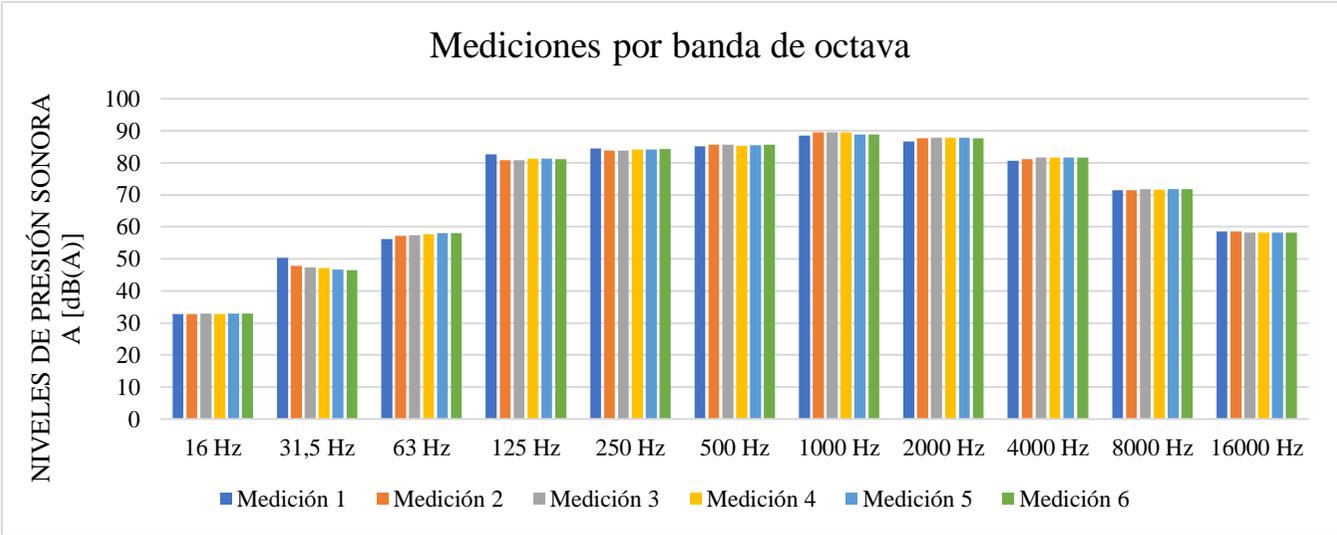
$$u^2 = \pm 3,4dB$$

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

$$U = 1,645 * \sqrt{3,4}$$

$$U = \pm 3dB$$

Tabla 20. Medición de ruido para técnico operador

	Código: HID-MR-01		Realizado por: Investigador													
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales													
	Fecha: 14/05/2019 – 15/05/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales													
Instrumento: Sonómetro clase 2		Marca: Quest Technologies		Modelo: SoundProSE/DL												
Área: Casa de máquinas			Puesto de trabajo: Técnico operador													
Condiciones termo higrométricas relevantes:			Temperatura ambiente de 27 grados centígrados. Sin viento													
			Valores medidos													
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Ceq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
14/05/2019	07:00AM-8:00AM	1	93,2	99,8	112,3	32,7	50,4	56,2	82,6	84,5	85,1	88,5	86,7	80,7	71,4	58,5
14/05/2019	16:45PM-17:45PM	2	93,7	98,7	113,3	32,8	47,8	57,2	80,8	83,8	85,6	89,5	87,7	81,1	71,4	58,5
14/05/2019	18:00PM-19:00PM	3	93,8	98,7	112,4	32,9	47,3	57,4	80,8	83,9	85,6	89,5	87,9	81,7	71,8	58,2
14/05/2019	23:00PM-24:00PM	4	93,8	99,0	114,3	32,8	47,2	57,7	81,3	84,2	85,4	89,5	87,9	81,6	71,6	58,2
15/05/2019	02:00AM-3:00AM	5	93,6	99,0	112,0	32,9	46,6	58	81,4	84,2	85,5	88,9	87,8	81,6	71,7	58,2
15/05/2019	05:AM-06:00AM	6	93,6	98,9	111,8	32,9	46,5	58	81,2	84,4	85,6	88,9	87,7	81,6	71,7	58,2
Bandas de octava																
																

Cálculo de $L_{Aeq,d}$ para técnico operador

Se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente para el puesto de trabajo “Técnico operador” con la ecuación 3. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,Te}$ es:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{6} \left(10^{\frac{93,2}{10}} + 10^{\frac{93,7}{10}} + 10^{\frac{93,8}{10}} + 10^{\frac{93,8}{10}} + 10^{\frac{93,6}{10}} + 10^{\frac{93,6}{10}} \right) \right] dB(A)$$
$$L_{Aeq,Te} = 93,6 dB (A)$$

Para el cálculo del nivel de exposición al ruido equivalente diario se usa la ecuación 4. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,d}$ es:

$$L_{Aeq,d} = 93,6 + 10 * \lg \frac{12}{8} dB(A)$$
$$L_{Aeq,d} = 95,4 dB (A)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para técnico operador

Para obtener u_1 se usa la ecuación 13 y reemplazando los valores sería:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{6-1} \left[\frac{(93,2 - 93,6)^2 + (93,7 - 93,6)^2 + (93,8 - 93,6)^2 + (93,8 - 93,6)^2 + (93,6 - 93,6)^2 + (93,6 - 93,6)^2}{(93,6 - 93,6)^2 + (93,6 - 93,6)^2} \right]}$$
$$u_1 = 0,2dB$$

El valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla mostrada en la figura 14, junto con el valor de N, para obtener el valor del factor $c_1 u_1$:

$$c_1 u_1 = 0,1dB$$
$$(c_1 u_1)^2 = 0,01dB$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad:

$$c_2 = c_3 = 1dB$$

Debido a que el equipo utilizado para las mediciones es un sonómetro de clase 2 según la figura 15 el valor de $u_2 = 1,5dB$, entonces:

$$u_2^2 = 2,25 dB$$

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

Aplicando la incertidumbre estándar combinada de la ecuación 12 tenemos:

$$u^2 = 0,1^2 + 1(1,5^2 + 1^2)$$

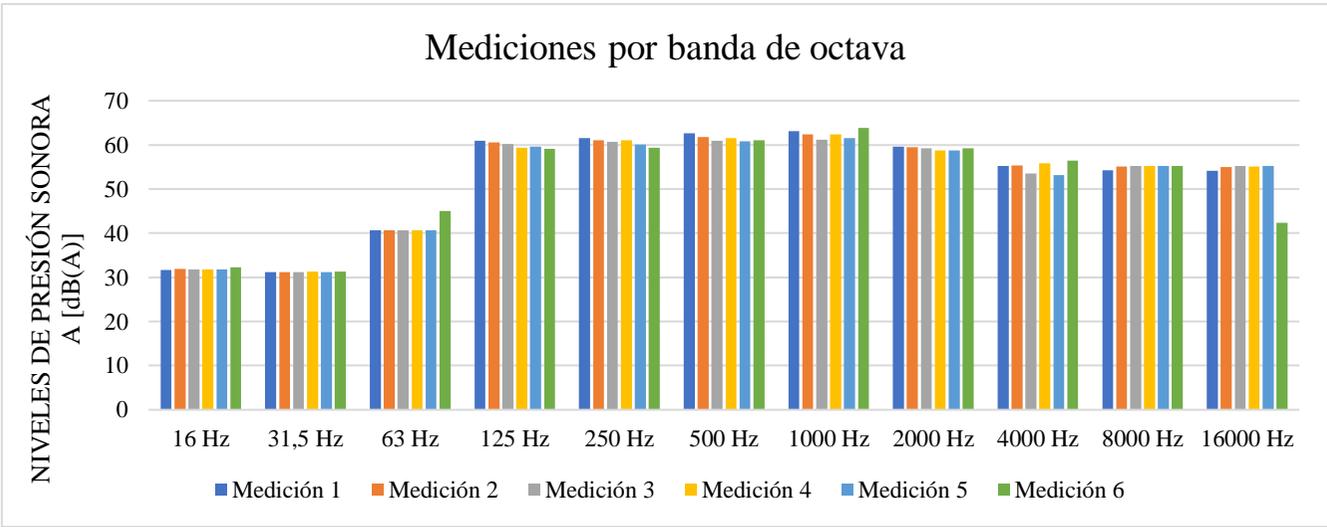
$$u^2 = \pm 3,26dB$$

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

$$U = 1,645 * \sqrt{3,26}$$

$$U = \pm 3dB$$

Tabla 21. Medición de ruido para monitor ambiental

	Código: HID-MR-01		Realizado por: Investigador													
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales													
	Fecha: 14/05/2019 – 15/05/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales													
Instrumento: Sonómetro clase 2		Marca: Quest Technologies		Modelo: SoundProSE/DL												
Área: Casa de máquinas		Puesto de trabajo: Monitor ambiental														
Condiciones termo higrométricas relevantes:		Temperatura ambiente de 24 grados centígrados. Viento leve														
		Valores medidos														
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Ceq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
14/05/2019	08:00AM-9:00AM	1	69,2	78,2	95,4	31,7	31,2	40,6	60,9	61,6	62,6	63,1	59,6	55,2	54,3	54,2
14/05/2019	11:00AM-12:00PM	2	68,8	78,0	99,6	31,9	31,2	40,7	60,6	61,1	61,8	62,4	59,5	55,4	55,1	55
14/05/2019	14:00PM-15:00PM	3	68,1	77,3	98,8	31,8	31,2	40,7	60,2	60,7	60,9	61,2	59,2	53,5	55,2	55,2
15/05/2019	9:00AM-10:00AM	4	68,5	77,1	94,8	31,8	31,3	40,6	59,4	61,1	61,5	62,4	58,8	55,9	55,2	55,1
15/05/2019	12:00PM-13:00PM	5	67,9	77,2	98,9	31,8	31,2	40,7	59,6	60,1	60,8	61,6	58,7	53,2	55,2	55,2
15/05/2019	14:00PM-15:00PM	6	68,4	77,0	94,3	32,3	31,3	45	59,1	59,4	61,1	63,8	59,3	56,5	55,2	42,3
Bandas de octava																
																

Cálculo de $L_{Aeq,d}$ para monitor ambiental

Se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente para el puesto de trabajo “Monitor ambiental” con la ecuación 3. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,Te}$ es:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{6} \left(10^{\frac{69,2}{10}} + 10^{\frac{68,8}{10}} + 10^{\frac{68,1}{10}} + 10^{\frac{68,5}{10}} + 10^{\frac{67,9}{10}} + 10^{\frac{68,4}{10}} \right) \right] dB(A)$$
$$L_{Aeq,Te} = 68,5 dB (A)$$

Para el cálculo del nivel de exposición al ruido equivalente diario se usa la ecuación 4. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,d}$ es:

$$L_{Aeq,d} = 68,5 + 10 * \lg \frac{8}{8} dB(A)$$
$$L_{Aeq,d} = \mathbf{68,5 dB (A)}$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para monitor ambiental

Para obtener u_1 se usa la ecuación 13 y reemplazando los valores sería:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{6-1} \left[(69,2 - 68,5)^2 + (68,8 - 68,5)^2 + (68,1 - 68,5)^2 + (68,5 - 68,5)^2 + (67,9 - 68,5)^2 + (68,4 - 68,5)^2 \right]}$$
$$u_1 = 0,47dB$$

El valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla mostrada en la figura 14, junto con el valor de N, para obtener el valor del factor $c_1 u_1$:

$$c_1 u_1 = 0,24dB$$
$$(c_1 u_1)^2 = \mathbf{0,06dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad:

$$c_2 = c_3 = 1dB$$

Debido a que el equipo utilizado para las mediciones es un sonómetro de clase 2 según la figura 15 el valor de $u_2 = 1,5dB$, entonces:

$$u_2^2 = \mathbf{2,25 dB}$$

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

Aplicando la incertidumbre estándar combinada de la ecuación 12 tenemos:

$$u^2 = 0,24^2 + 1(1,5^2 + 1^2)$$

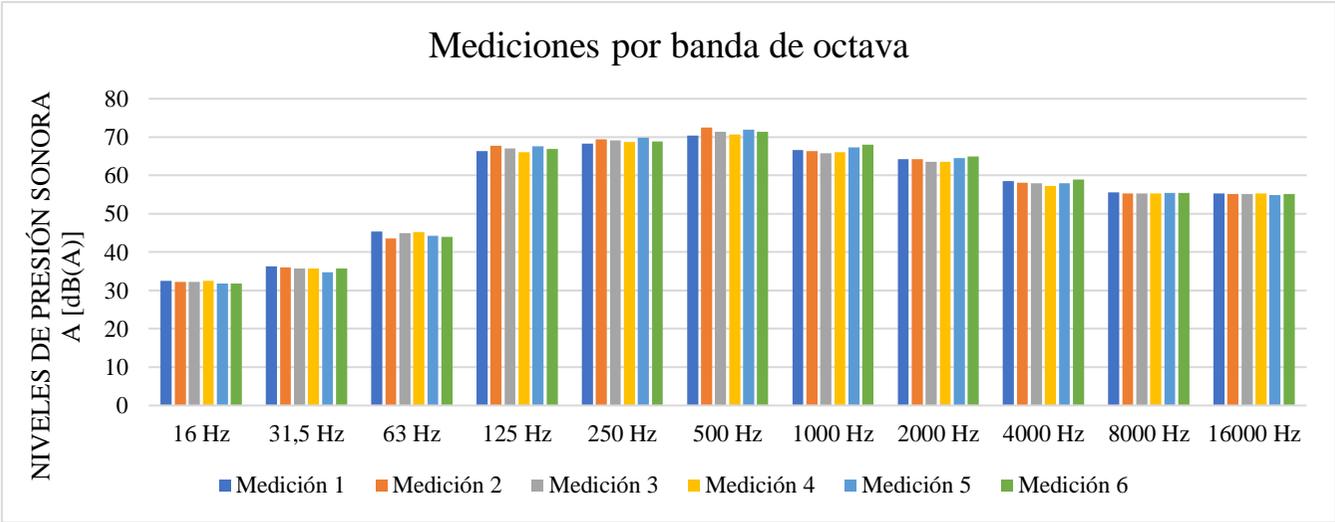
$$u^2 = \pm 3,31dB$$

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

$$U = 1,645 * \sqrt{3,31}$$

$$U = \pm 3dB$$

Tabla 22. Medición de ruido para jefe de seguridad y salud ocupacional

	Código: HID-MR-01		Realizado por: Investigador													
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales													
	Fecha: 14/05/2019 – 15/05/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales													
Instrumento: Sonómetro clase 2		Marca: Quest Technologies		Modelo: SoundProSE/DL												
Área: Casa de máquinas		Puesto de trabajo: Jefe de seguridad y salud ocupacional														
Condiciones termo higrométricas relevantes:		Temperatura ambiente de 19 grados centígrados (Aire acondicionado). Sin viento														
		Valores medidos														
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Ceq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
14/05/2019	9:30AM-10:30AM	1	74,8	83,0	111,4	32,5	36,3	45,4	66,3	68,3	70,4	66,6	64,3	58,5	55,6	55,3
14/05/2019	12:30PM-13:30PM	2	76,1	86,9	100,7	32,3	36	43,6	67,7	69,4	72,5	66,4	64,3	58,1	55,3	55,2
14/05/2019	15:30PM-16:30PM	3	75,3	83,9	105,4	32,3	35,8	44,9	67	69,1	71,4	65,8	63,6	58	55,3	55,2
15/05/2019	10:30AM-11:30AM	4	74,9	83,2	103,3	32,5	35,7	45,2	66,1	68,8	70,7	66,1	63,5	57,3	55,3	55,3
15/05/2019	15:30PM-16:30PM	5	76,0	85,2	100,9	31,8	34,8	44,3	67,6	69,8	71,9	67,3	64,6	58	55,4	54,9
15/05/2019	18:00PM-19:00PM	6	75,7	87,3	104,1	31,8	35,7	44	66,9	68,9	71,4	68,1	65	59	55,4	55,2
Bandas de octava																
																

Cálculo de $L_{Aeq,d}$ para jefe de seguridad y salud ocupacional

Se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente para el puesto de trabajo “jefe de seguridad y salud ocupacional” con la ecuación 3. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,Te}$ es:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{6} \left(10^{\frac{74,8}{10}} + 10^{\frac{76,1}{10}} + 10^{\frac{75,3}{10}} + 10^{\frac{74,9}{10}} + 10^{\frac{76,0}{10}} + 10^{\frac{75,7}{10}} \right) \right] dB(A)$$

$$L_{Aeq,Te} = 75,5 dB (A)$$

Para el cálculo del nivel de exposición al ruido equivalente diario se usa la ecuación 4. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,d}$ es:

$$L_{Aeq,d} = 75,5 + 10 * \lg \frac{12}{8} dB(A)$$

$$L_{Aeq,d} = 77,3 dB (A)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para jefe de seguridad y salud ocupacional

Para obtener u_1 se usa la ecuación 13 y reemplazando los valores sería:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{6-1} \left[(74,8 - 75,5)^2 + (76,1 - 75,5)^2 + (75,3 - 75,5)^2 + (74,9 - 75,5)^2 + (76,0 - 75,5)^2 + (75,7 - 75,5)^2 \right]}$$

$$u_1 = 0,6dB$$

El valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla mostrada en la figura 14, junto con el valor de N, para obtener el valor del factor $c_1 u_1$:

$$c_1 u_1 = 0,28dB$$

$$(c_1 u_1)^2 = 0,08dB$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad:

$$c_2 = c_3 = 1dB$$

Debido a que el equipo utilizado para las mediciones es un sonómetro de clase 2 según la figura 15 el valor de $u_2 = 1,5dB$, entonces:

$$u_2^2 = 2,25 dB$$

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

Aplicando la incertidumbre estándar combinada de la ecuación 12 tenemos:

$$u^2 = 0,28^2 + 1(1,5^2 + 1^2)$$

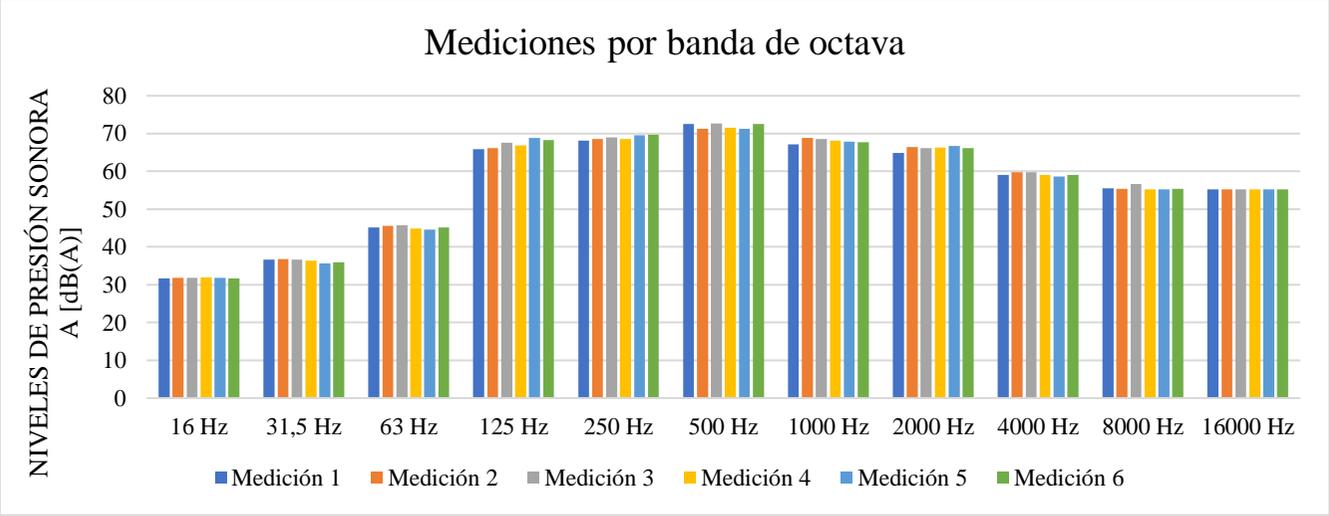
$$u^2 = \pm 3,33dB$$

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

$$U = 1,645 * \sqrt{3,33}$$

$$U = \pm 3dB$$

Tabla 23. Medición de ruido para comunicador social

	Código: HID-MR-01		Realizado por: Investigador													
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales													
	Fecha: 16/05/2019 – 17/05/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales													
Instrumento: Sonómetro clase 2		Marca: Quest Technologies		Modelo: SoundProSE/DL												
Área: Casa de máquinas			Puesto de trabajo: Comunicador social													
Condiciones termo higrométricas relevantes:			Temperatura ambiente de 19 grados centígrados (Aire acondicionado). Sin viento													
Valores medidos																
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Ceq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
16/05/2019	08:00AM-09:00AM	1	75,8	84,1	100,7	31,7	36,7	45,1	65,9	68,1	72,5	67,2	64,9	59,1	55,5	55,2
16/05/2019	14:00PM-15:00PM	2	75,8	84,3	99,3	31,8	36,8	45,6	66,1	68,5	71,2	68,9	66,4	59,7	55,4	55,2
16/05/2019	17:00PM-18:00PM	3	76,5	84,4	100,9	31,8	36,6	45,7	67,6	69	72,7	68,6	66,1	59,8	56,6	55,2
17/05/2019	09:00AM-10:00AM	4	75,9	84,2	99,9	31,9	36,3	44,9	66,9	68,6	71,6	68,2	66,3	59,1	55,2	55,2
17/05/2019	13:00PM-14:00PM	5	76,2	85,5	98,6	31,8	35,7	44,6	68,8	69,6	71,2	67,8	66,7	58,6	55,2	55,2
17/05/2019	16:00PM-17:00PM	6	76,6	86,0	101,0	31,7	35,9	45,1	68,3	69,7	72,6	67,7	66,2	59,1	55,4	55,2
Bandas de octava																
																

Cálculo de $L_{Aeq,d}$ para comunicador social

Se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente para el puesto de trabajo “Comunicador social” con la ecuación 3. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,Te}$ es:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{6} \left(10^{\frac{75,8}{10}} + 10^{\frac{75,8}{10}} + 10^{\frac{76,5}{10}} + 10^{\frac{75,9}{10}} + 10^{\frac{76,2}{10}} + 10^{\frac{76,6}{10}} \right) \right] dB(A)$$
$$L_{Aeq,Te} = 76,1 dB (A)$$

Para el cálculo del nivel de exposición al ruido equivalente diario se usa la ecuación 4. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,d}$ es:

$$L_{Aeq,d} = 76,1 + 10 * \lg \frac{12}{8} dB(A)$$
$$L_{Aeq,d} = 77,9 dB (A)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para comunicador social

Para obtener u_1 se usa la ecuación 13 y reemplazando los valores sería:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{6-1} \left[(75,8 - 76,1)^2 + (75,8 - 76,1)^2 + (76,5 - 76,1)^2 + (75,9 - 76,1)^2 + (76,2 - 76,1)^2 + (76,6 - 76,1)^2 \right]}$$
$$u_1 = 0,4dB$$

El valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla mostrada en la figura 14, junto con el valor de N, para obtener el valor del factor $c_1 u_1$:

$$c_1 u_1 = 0,17dB$$
$$(c_1 u_1)^2 = 0,03dB$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad:

$$c_2 = c_3 = 1dB$$

Debido a que el equipo utilizado para las mediciones es un sonómetro de clase 2 según la figura 15 el valor de $u_2 = 1,5dB$, entonces:

$$u_2^2 = 2,25 dB$$

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

Aplicando la incertidumbre estándar combinada de la ecuación 12 tenemos:

$$u^2 = 0,17^2 + 1(1,5^2 + 1^2)$$

$$u^2 = \pm 3,28dB$$

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

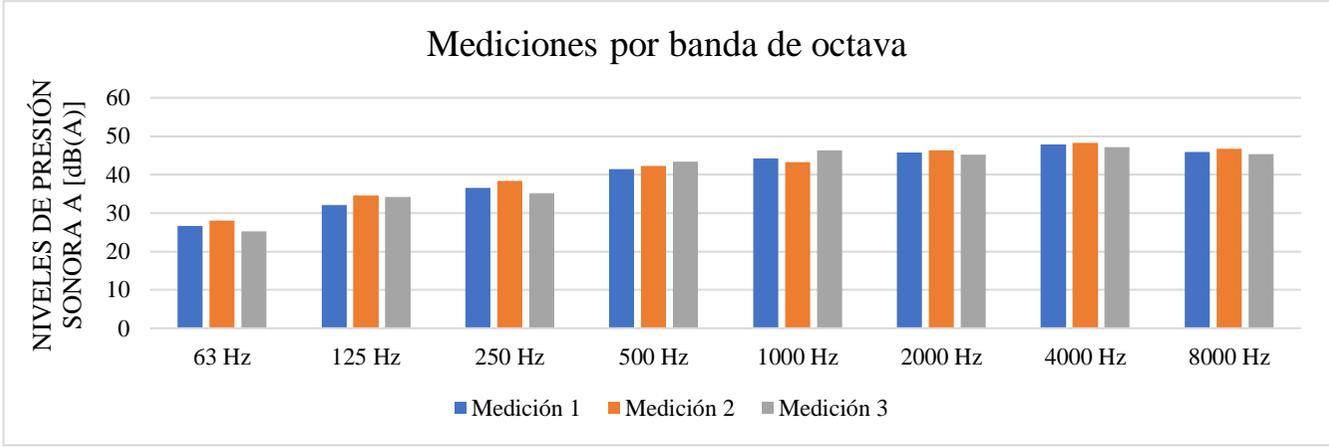
$$U = 1,645 * \sqrt{3,28}$$

$$U = \pm 3dB$$

4.7.2. Valores medidos y cálculo del nivel de exposición al ruido diario equivalente con estrategia basada en la jornada completa

Las mediciones con estrategia de medición basada en la jornada completa se las detalla en la tabla 24 y 25, se las realizó conforme a lo detallado en el procedimiento de la tabla 4.

Tabla 24. Medición de ruido para ayudante de operación 1

	Código: HID-MR-02		Realizado por: Investigador											
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales											
	Fecha: 10/07/2019 – 11/07/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales											
Instrumento: Dosímetro			Marca: Cirrus Research plc				Modelo: CR:120A							
Área: Captación			Puesto de trabajo: Ayudante de operación 1											
Condiciones termo higrométricas relevantes:			Temperatura ambiente de 24 grados centígrados. Viento leve.											
Valores medidos														
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	Dosis	63 Hz (dBA)	125 Hz (dBA)	250 Hz (dBA)	500 Hz (dBA)	1000 Hz (dBA)	2000 Hz (dBA)	4000 Hz (dBA)	8000 Hz (dBA)	
10/07/2019	14:00PM-22:00PM	1	52,6	80,5	0,04%	26,6	32,1	36,5	41,4	44,2	45,7	47,8	45,9	
10/07/2019 11/07/2019	22:00PM-06:00AM	2	53,1	84,2	0,05%	26,6	34,1	38,5	42,4	43,2	46,7	48	46,7	
11/07/2019	06:00AM-14:00PM	3	52,8	84,7	0,04%	25,3	34,1	35,1	43,4	46,3	45,2	47,2	45,4	
Bandas de octava														
														

Cálculo de $L_{Aeq,d}$ para ayudante de operación 1

Se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente para el puesto de trabajo “Ayudante de operación 1” con la ecuación 3. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,Te}$ es:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{3} \left(10^{\frac{52,6}{10}} + 10^{\frac{53,1}{10}} + 10^{\frac{52,8}{10}} \right) \right] dB(A)$$
$$L_{Aeq,Te} = 52,8 dB (A)$$

Para el cálculo del nivel de exposición al ruido equivalente diario se usa la ecuación 4. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,d}$ es:

$$L_{Aeq,d} = 52,8 + 10 * \lg \frac{8}{8} dB(A)$$
$$L_{Aeq,d} = 52,8 dB (A)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para ayudante de operación 1

Para obtener u_1 se usa la ecuación 13 y reemplazando los valores sería:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{3-1} [(52,6 - 52,8)^2 + (53,1 - 52,8)^2 + (52,8 - 52,8)^2]}$$
$$u_1 = 0,25dB$$

El valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla mostrada en la figura 14, junto con el valor de N, para obtener el valor del factor $c_1 u_1$:

$$c_1 u_1 = 0,28dB$$
$$(c_1 u_1)^2 = 0,08dB$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad:

$$c_2 = c_3 = 1dB$$

Debido a que el equipo utilizado para las mediciones es un sonómetro de clase 2 según la figura 15 el valor de $u_2 = 1,5dB$, entonces:

$$u_2^2 = 2,25 dB$$

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

Aplicando la incertidumbre estándar combinada de la ecuación 12 tenemos:

$$u^2 = 0,28^2 + 1(1,5^2 + 1^2)$$

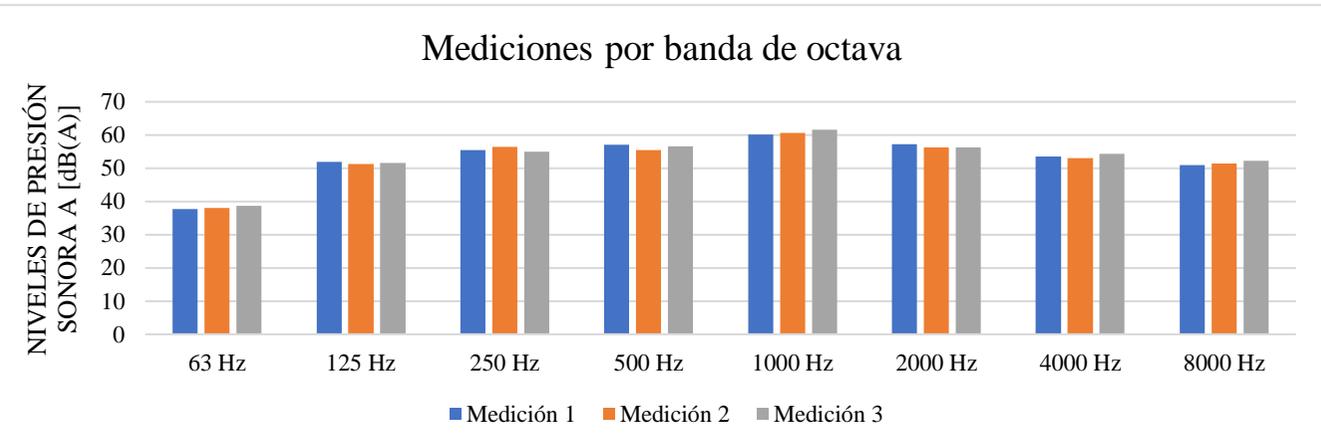
$$u^2 = \pm 3,33dB$$

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

$$U = 1,645 * \sqrt{3,33}$$

$$U = \pm 3dB$$

Tabla 25. Medición de ruido para ayudante de operación 3

	Código: HID-MR-02		Realizado por: Investigador										
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales										
	Fecha: 09/07/2019 – 10/07/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales										
Instrumento: Dosímetro			Marca: Cirrus Research plc					Modelo: CR:120A					
Área: Casa de máquinas			Puesto de trabajo: Ayudante de operación 3										
Condiciones termo higrométricas relevantes:			Temperatura ambiente de 24 grados centígrados. Viento leve.										
Valores medidos													
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	Dosis	63 Hz (dBA)	125 Hz (dBA)	250 Hz (dBA)	500 Hz (dBA)	1000 Hz (dBA)	2000 Hz (dBA)	4000 Hz (dBA)	8000 Hz (dBA)
09/07/2019 10/07/2019	10:00PM-06:00AM	1	64,6	80,6	0,92%	37,7	51,9	55,4	57	60,2	57,2	53,5	51
10/07/2019	06:00AM-14:00PM	2	64,5	96,6	0,85%	38,0	51,3	56,4	55,5	60,6	56,2	53,1	51,5
10/07/2019	14:00PM-22:00PM	3	65,0	94,3	1,14%	38,7	51,6	55,0	56,6	61,6	56,2	54,3	52,2
Bandas de octava													
 <p style="text-align: center;">Mediciones por banda de octava</p>													

Cálculo de $L_{Aeq,d}$ para ayudante de operación 3

Se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente para el puesto de trabajo “Ayudante de operación 3” con la ecuación 3. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,Te}$ es:

$$L_{Aeq,Te} = 10 * \lg \left[\frac{1}{3} \left(10^{\frac{64,6}{10}} + 10^{\frac{64,5}{10}} + 10^{\frac{65,0}{10}} \right) \right] dB(A)$$
$$L_{Aeq,Te} = 64,7 dB (A)$$

Para el cálculo del nivel de exposición al ruido equivalente diario se usa la ecuación 4. El cálculo para obtener el $L_{Aeq,d}$ es:

$$L_{Aeq,d} = 64,7 + 10 * \lg \frac{8}{8} dB(A)$$
$$L_{Aeq,d} = 64,7 dB (A)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para ayudante de operación 3

Para obtener u_1 se usa la ecuación 13 y reemplazando los valores sería:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{3-1} [(64,6 - 64,7)^2 + (64,5 - 64,7)^2 + (65,0 - 64,7)^2]}$$
$$u_1 = 0,26dB$$

El valor de u_1 sólo se calcula para utilizarlo como entrada en la tabla mostrada en la figura 14, junto con el valor de N, para obtener el valor del factor $c_1 u_1$:

$$c_1 u_1 = 0,3dB$$
$$(c_1 u_1)^2 = 0,09dB$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad:

$$c_2 = c_3 = 1dB$$

Debido a que el equipo utilizado para las mediciones es un sonómetro de clase 2 según la figura 15 el valor de $u_2 = 1,5dB$, entonces:

$$u_2^2 = 2,25 dB$$

La norma NTE INEN-ISO 9612, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB, entonces se tiene que $u_3 = 1dB$.

Aplicando la incertidumbre estándar combinada de la ecuación 12 tenemos:

$$u^2 = 0,3^2 + 1(1,5^2 + 1^2)$$

$$u^2 = \pm 3,34dB$$

La Norma NTE INEN-ISO 9612, propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, por lo tanto, se tiene que $k= 1,645$. Para calcular la incertidumbre expandida se aplica la ecuación 14:

$$U = 1,645 * \sqrt{3,34}$$

$$U = \pm 3dB$$

4.7.3. Valores medidos y calculados de vibraciones transmitidas al cuerpo completo

Las mediciones de vibraciones se detallan desde la tabla 26 a 28, se las realizó conforme a lo detallado en el procedimiento de la tabla 5.

Tabla 26. Medición de vibraciones para técnico operador

	Código: HID-MV-01		Realizado por: Investigador		
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales		
	Fecha: 14/05/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales		
Instrumento: Vibrómetro con adaptación de cuerpo completo		Marca: Cirrus Research plc		Modelo: CV:31A	
Área: Casa de máquinas		Puesto de trabajo: Técnico operador			
Condiciones termohigrométricas:		Temperatura ambiente de 28 grados centígrados Sin viento			
Valores medidos					
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
14/05/2019	9:00AM-9:10AM	1	0,122	0,032	0,009
14/05/2019	11:00AM-11:10AM	2	0,117	0,029	0,010
14/05/2019	14:00PM-14:10PM	3	0,127	0,031	0,008
14/05/2019	17:00PM-17:10PM	4	0,128	0,034	0,011

Cálculo de $A_{w(d)}$ para técnico operador

Se calcula la media aritmética de las mediciones de cada eje para el puesto de trabajo con la ecuación 16. Los cálculos para obtener el $\overline{a_{wx}}$, $\overline{a_{wy}}$ y $\overline{a_{wz}}$ es:

$$\overline{a_{wx}} = \frac{0,122 + 0,117 + 0,127 + 0,128}{4} \text{ m/s}^2$$
$$\overline{a_{wx}} = \mathbf{0,124 \text{ m/s}^2}$$

$$\overline{a_{wy}} = \frac{0,032 + 0,029 + 0,031 + 0,034}{4} \text{ m/s}^2$$
$$\overline{a_{wy}} = \mathbf{0,032 \text{ m/s}^2}$$

$$\overline{a_{wz}} = \frac{0,009 + 0,010 + 0,008 + 0,011}{4} \text{ m/s}^2$$
$$\overline{a_{wz}} = \mathbf{0,010 \text{ m/s}^2}$$

Para el cálculo del nivel de exposición diario a vibraciones se usa la ecuación 9, 10 y 11 y se escoge el mayor de los 3 resultados para la evaluación. Los cálculos para obtener el $A_{wx(d)}$, $A_{wy(d)}$ y $A_{wz(d)}$ es:

$$A_{wx(d)} = 1,4 * 0,124 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,213 \text{ m/s}^2}$$
$$A_{wy(d)} = 1,4 * 0,032 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,055 \text{ dB m/s}^2}$$
$$A_{wz(d)} = 0,010 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,012 \text{ dB m/s}^2}$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para técnico operador

La varianza experimental de las mediciones es la dispersión de los resultados y se la determina para cada eje por la ecuación 17:

$$s_x^2(x) = \frac{(0,124 - 0,032)^2 + (0,124 - 0,029)^2 + (0,124 - 0,031)^2 + (0,124 - 0,034)^2}{4 - 1}$$
$$s_x^2(x) = 2,6 * 10^{-5}$$

$$s_y^2(x) = \frac{(0,032 - 0,122)^2 + (0,124 - 0,117)^2 + (0,032 - 0,127)^2 + (0,032 - 0,128)^2}{4 - 1}$$

$$s_y^2(x) = 4,3 * 10^{-6}$$

$$s_z^2(x) = \frac{(0,010 - 0,009)^2 + (0,010 - 0,01)^2 + (0,010 - 0,008)^2 + (0,010 - 0,011)^2}{4 - 1}$$

$$s_z^2(x) = 1,6 * 10^{-6}$$

La desviación estándar del promedio es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio de las muestras, y se determina para cada eje según las ecuaciones 18 y 19:

$$s_x(\bar{x}) = \sqrt{\frac{0,00031}{4}} = \pm 0,0025$$

$$s_y(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1,3 * 10^{-6}}{4}} = \pm 0,0010$$

$$s_z(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1,1 * 10^{-6}}{4}} = \pm 0,0006$$

La desviación estándar del promedio es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio. Para mediciones menores o iguales que 10 la incertidumbre estándar tipo A se calcula para cada eje mediante la ecuación 20, con el número de observaciones se recurre a la tabla 6 para obtener el valor de $t_p(\nu)$, en esta investigación se usa el nivel de confianza del 95,45%.

$$u_{Ax} = 3,31 * 0,0025$$

$$\mathbf{u_{Ax} = \pm 0,008 m/s^2}$$

$$u_{Ay} = 3,31 * 0,0010$$

$$\mathbf{u_{Ay} = \pm 0,004 m/s^2}$$

$$u_{Az} = 3,31 * 0,0006$$

$$\mathbf{u_{Az} = \pm 0,002 m/s^2}$$

Tabla 27. Medición de vibraciones para jefe de seguridad y salud ocupacional

	Código: HID-MV-01		Realizado por: Investigador		
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales		
	Fecha: 15/05/2019-16/05/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales		
Instrumento: Vibrómetro con adaptación de cuerpo completo		Marca: Cirrus Research plc		Modelo: CV:31A	
Área: Casa de máquinas		Puesto de trabajo: Jefe de SSO			
Condiciones higrométricas:		Temperatura ambiente de 19 grados centígrados (Aire acondicionado) Sin viento			
Valores medidos					
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
15/05/2019	09:00AM-09:10AM	1	0,006	0,027	0,004
15/05/2019	12:00PM-12:10PM	2	0,007	0,029	0,003
16/05/2019	14:00PM-14:10PM	3	0,007	0,025	0,005
16/05/2019	16:00PM-16:10PM	4	0,008	0,026	0,004

Cálculo de $A_{w(d)}$ para técnico operador

Se calcula la media aritmética de las mediciones de cada eje para el puesto de trabajo con la ecuación 16. Los cálculos para obtener el $\overline{a_{wx}}$, $\overline{a_{wy}}$ y $\overline{a_{wz}}$ es:

$$\overline{a_{wx}} = \frac{0,006 + 0,007 + 0,007 + 0,008}{4} \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wx}} = 0,007 \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wy}} = \frac{0,027 + 0,029 + 0,025 + 0,026}{4} \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wy}} = 0,027 \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wz}} = \frac{0,004 + 0,003 + 0,005 + 0,004}{4} \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wz}} = 0,004 \text{ m/s}^2$$

Para el cálculo del nivel de exposición diario a vibraciones se usa la ecuación 9, 10 y 11 y se escoge el mayor de los 3 resultados para la evaluación. Los cálculos para obtener el $A_{wx(d)}$, $A_{wy(d)}$ y $A_{wz(d)}$ es:

$$A_{wx(d)} = 1,4 * 0,007 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,012 \text{ m/s}^2}$$

$$A_{wy(d)} = 1,4 * 0,027 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,046 \text{ dB m/s}^2}$$

$$A_{wz(d)} = 0,004 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,005 \text{ dB m/s}^2}$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para técnico operador

La varianza experimental de las mediciones es la dispersión de los resultados y se la determina para cada eje por la ecuación 17:

$$s_x^2(x) = \frac{(0,007 - 0,006)^2 + (0,007 - 0,007)^2 + (0,007 - 0,007)^2 + (0,007 - 0,008)^2}{4 - 1}$$

$$s_x^2(x) = 6,6 * 10^{-7}$$

$$s_y^2(x) = \frac{(0,027 - 0,027)^2 + (0,027 - 0,029)^2 + (0,027 - 0,025)^2 + (0,027 - 0,026)^2}{4 - 1}$$

$$s_y^2(x) = 2,9 * 10^{-6}$$

$$s_z^2(x) = \frac{(0,004 - 0,004)^2 + (0,004 - 0,003)^2 + (0,004 - 0,005)^2 + (0,004 - 0,004)^2}{4 - 1}$$

$$s_z^2(x) = 6,6 * 10^{-7}$$

La desviación estándar del promedio es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio de las muestras, y se determina para cada eje según las ecuaciones 18 y 19:

$$s_x(\bar{x}) = \sqrt{\frac{6,6 * 10^{-7}}{4}} = \pm 0,0004$$

$$s_y(\bar{x}) = \sqrt{\frac{2,9 * 10^{-6}}{4}} = \pm 0,0009$$

$$s_z(\bar{x}) = \sqrt{\frac{6,6 * 10^{-7}}{4}} = \pm 0,0004$$

La desviación estándar del promedio es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio. Para mediciones menores o iguales que 10 la incertidumbre estándar tipo A se calcula para cada eje mediante la ecuación 20, con el número de observaciones se recurre a la tabla 6 para obtener el valor de $t_p(v)$, en esta investigación se usa el nivel de confianza del 95,45%.

$$u_{Ax} = 3,31 * 0,0004$$

$$u_{Ax} = \pm 0,001 \text{ m/s}^2$$

$$u_{Ay} = 3,31 * 0,0009$$

$$u_{Ay} = \pm 0,003 \text{ m/s}^2$$

$$u_{Az} = 3,31 * 0,0004$$

$$u_{Az} = \pm 0,001 \text{ m/s}^2$$

Tabla 28. Medición de vibraciones para comunicador social

	Código: HID-MV-01		Realizado por: Investigador		
	N° revisión: 01		Revisado por: Ing. Luis Morales		
	Fecha: 15/05/2019-16/05/2019		Aprobado por: Ing. Luis Morales		
Instrumento: Vibrómetro con adaptación de cuerpo completo		Marca: Cirrus Research plc		Modelo: CV:31A	
Área: Casa de máquinas		Puesto de trabajo: Comunicador social			
Condiciones termohigrométricas:		Temperatura ambiente de 18 grados centígrados (Aire acondicionado) Sin viento			
Valores medidos					
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}
15/05/2019	13:00PM-13:10PM	1	0,013	0,011	0,004
15/05/2019	15:00PM-15:10PM	2	0,015	0,014	0,003
16/05/2019	08:00AM-08:10AM	3	0,017	0,012	0,002
16/05/2019	11:00AM-11:10AM	4	0,016	0,016	0,003

Cálculo de $A_{w(d)}$ para técnico operador

Se calcula la media aritmética de las mediciones de cada eje para el puesto de trabajo con la ecuación 16. Los cálculos para obtener el $\overline{a_{wx}}$, $\overline{a_{wy}}$ y $\overline{a_{wz}}$ es:

$$\overline{a_{wx}} = \frac{0,013 + 0,015 + 0,017 + 0,016}{4} \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wx}} = \mathbf{0,015 \text{ m/s}^2}$$

$$\overline{a_{wy}} = \frac{0,011 + 0,014 + 0,012 + 0,016}{4} \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wy}} = \mathbf{0,013 \text{ m/s}^2}$$

$$\overline{a_{wz}} = \frac{0,004 + 0,003 + 0,002 + 0,003}{4} \text{ m/s}^2$$

$$\overline{a_{wz}} = \mathbf{0,003 \text{ m/s}^2}$$

Para el cálculo del nivel de exposición diario a vibraciones se usa la ecuación 9, 10 y 11 y se escoge el mayor de los 3 resultados para la evaluación. Los cálculos para obtener el $A_{wx(d)}$, $A_{wy(d)}$ y $A_{wz(d)}$ es:

$$A_{wx(d)} = 1,4 * 0,015 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,026 \text{ m/s}^2}$$

$$A_{wy(d)} = 1,4 * 0,013 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,023 \text{ dB m/s}^2}$$

$$A_{wz(d)} = 0,003 \sqrt{\frac{12}{8}} = \mathbf{0,004 \text{ dB m/s}^2}$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para técnico operador

La varianza experimental de las mediciones es la dispersión de los resultados y se la determina para cada eje por la ecuación 17:

$$s_x^2(x) = \frac{(0,015 - 0,013)^2 + (0,015 - 0,015)^2 + (0,015 - 0,017)^2 + (0,015 - 0,016)^2}{4 - 1}$$

$$s_x^2(x) = 2,9 * 10^{-6}$$

$$s_y^2(x) = \frac{(0,013 - 0,011)^2 + (0,013 - 0,014)^2 + (0,013 - 0,012)^2 + (0,013 - 0,016)^2}{4 - 1}$$

$$s_y^2(x) = 4,9 * 10^{-6}$$

$$s_z^2(x) = \frac{(0,003 - 0,004)^2 + (0,003 - 0,003)^2 + (0,003 - 0,002)^2 + (0,003 - 0,003)^2}{4 - 1}$$

$$s_z^2(x) = 6,6 * 10^{-7}$$

La desviación estándar del promedio es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio de las muestras, y se determina para cada eje según las ecuaciones 18 y 19:

$$s_x(\bar{x}) = \sqrt{\frac{2,9 * 10^{-6}}{4}} = \pm 0,0008$$

$$s_y(\bar{x}) = \sqrt{\frac{4,9 * 10^{-6}}{4}} = \pm 0,0011$$

$$s_z(\bar{x}) = \sqrt{\frac{6,6 * 10^{-7}}{4}} = \pm 0,0004$$

La desviación estándar del promedio es la raíz cuadrada positiva de la varianza del promedio. Para mediciones menores o iguales que 10 la incertidumbre estándar tipo A se calcula para cada eje mediante la ecuación 20, con el número de observaciones se recurre a la tabla 6 para obtener el valor de $t_p(v)$, en esta investigación se usa el nivel de confianza del 95,45%.

$$u_{Ax} = 3,31 * 0,0008$$

$$\mathbf{u_{Ax} = \pm 0,003 m/s^2}$$

$$u_{Ay} = 3,31 * 0,0011$$

$$\mathbf{u_{Ay} = \pm 0,004 m/s^2}$$

$$u_{Az} = 3,31 * 0,0004$$

$$\mathbf{u_{Az} = \pm 0,001 m/s^2}$$

4.7.4. Evaluación de resultados sobre exposición al ruido

En la tabla 29, se registran los resultados de los cálculos del nivel de exposición al ruido con estrategia basada en el puesto de trabajo y la incertidumbre de medición de ruido. Los resultados del software también se los puede observar en el Anexo 12.

Tabla 29. Resultados sobre exposición al ruido e incertidumbre en las mediciones

		Código: HID-MR-03							Realizado por: Investigador						
		N° revisión: 01							Revisado por: Ing. Luis Morales						
		Fecha: 20/05/2019							Aprobado por: Ing. Luis Morales						
Puesto de trabajo	Tiempo de muestreo	Valores medidos							Incertidumbre					Comparación con dosis permitida Decreto 2393	
		L _{Aeq,T1} (dBA)	L _{Aeq,T2} (dBA)	L _{Aeq,T3} (dBA)	L _{Aeq,T4} (dBA)	L _{Aeq,T5} (dBA)	L _{Aeq,T6} (dBA)	L _{Aeq,d} (dBA)	Nivel de ruido (dB)	Instrumento (dB)	Posición (dB)	Suma (dB)	Expandida (dB)	Dosis	
Ayudante de operación 2	60min	56,0	55,7	55,6	55,7	57,0	57,2	56,3	0,15	2,25	1	3,40	±3	0,66	T
Técnico operador	60min	93,2	93,7	93,8	93,8	93,6	93,6	95,4	0,01	2,25	1	3,26	±3	1,12	I
Monitor ambiental	60min	69,2	68,8	68,1	68,5	67,9	68,4	68,5	0,06	2,25	1	3,31	±3	0,81	T
Jefe de SSO	60min	74,8	76,1	75,3	74,9	76,0	75,7	77,3	0,08	2,25	1	3,33	±3	0,91	T
Comunicador social	60min	75,8	75,8	76,5	75,9	76,2	76,6	77,9	0,03	2,25	1	3,28	±3	0,92	T

T: Riesgo Tolerable
I: Riesgo Intolerable

En la tabla 30, se registran los resultados de los cálculos del nivel de exposición al ruido con estrategia basada en la jornada completa y la incertidumbre de medición de ruido. Los resultados del software también se los puede observar en el Anexo 12.

Tabla 30. Resultados sobre exposición al ruido con estrategia basada en la jornada completa

		Código: HID-MR-03				Realizado por: Investigador						
		N° revisión: 01				Revisado por: Ing. Luis Morales						
		Fecha: 11/07/2019				Aprobado por: Ing. Luis Morales						
Puesto de trabajo	Tiempo de muestreo	Valores medidos				Incertidumbre					Comparación con dosis permitida Decreto 2393	
		L _{Aeq,T1} (dBA)	L _{Aeq,T2} (dBA)	L _{Aeq,T3} (dBA)	L _{Aeq,d} (dBA)	Nivel de ruido (dB)	Instrumento (dB)	Posición (dB)	Suma (dB)	Expandida (dB)	Dosis	
Ayudante de operación 1	8h	52,6	53,1	52,8	52,8	0,08	2,25	1	3,33	±3	0,04%	T
Ayudante de operación 3	8h	64,6	64,5	65,0	64,7	0,09	2,25	1	3,34	±3	0,97%	T
T: Riesgo Tolerable I: Riesgo Intolerable												

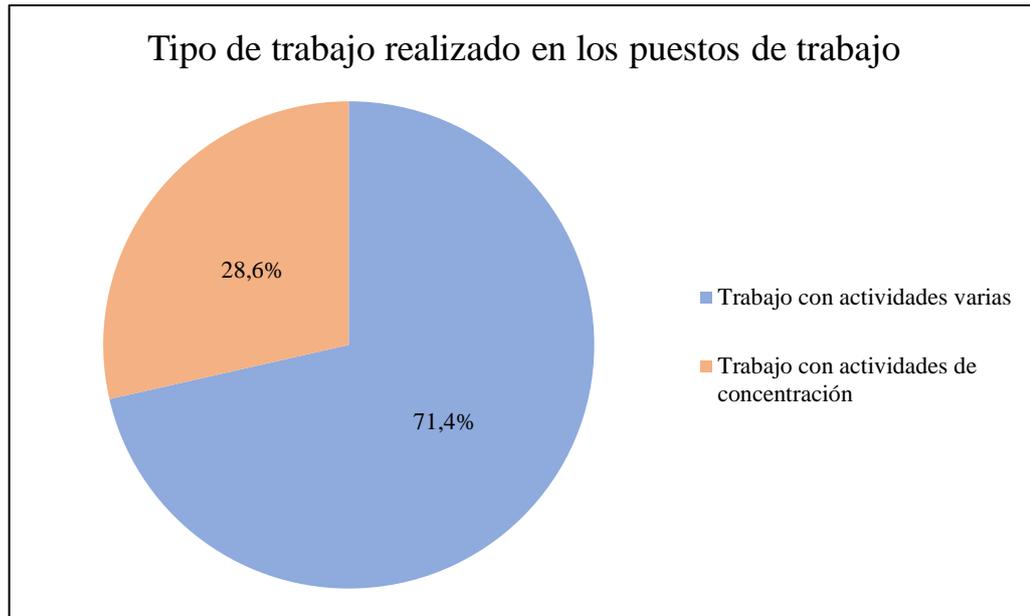


Fig. 20 Tipo de trabajo realizado en puesto de trabajo.

Análisis:

Como indica la figura 19, de los 7 puestos de trabajo dentro de la hidroeléctrica HIDROTAMBO S.A., 5 corresponden a puestos que realizan actividades varias como mantenimiento, operación de compuertas, operación de las turbinas y limpieza, representando el 71,4% mientras que los 2 puestos donde se realizan actividades que demandan concentración, tareas de regulación o vigilancia, representan el 28,6%.

Interpretación:

En la mayoría de los puestos de trabajo se realizan actividades varias que no demandan concentración, ni presentan tareas de regulación o vigilancia, se centran en actividades de mantenimiento, etc, característica que es inherente para una central hidroeléctrica donde los trabajos de oficina son reducidos. Las actividades de estos puestos de trabajo están condicionados a áreas donde el ruido generado por las turbinas es alto por lo que se realiza mediciones siguiendo las estrategias de NTE INEN-ISO 9612 y NTE INEN-ISO 2631 que siendo normas técnicas han dado resultados óptimos en varios estudios con los que se ha podido identificar, valorar y evaluar los riesgos de ruido y vibraciones [5] [7] [23] [30] [36].

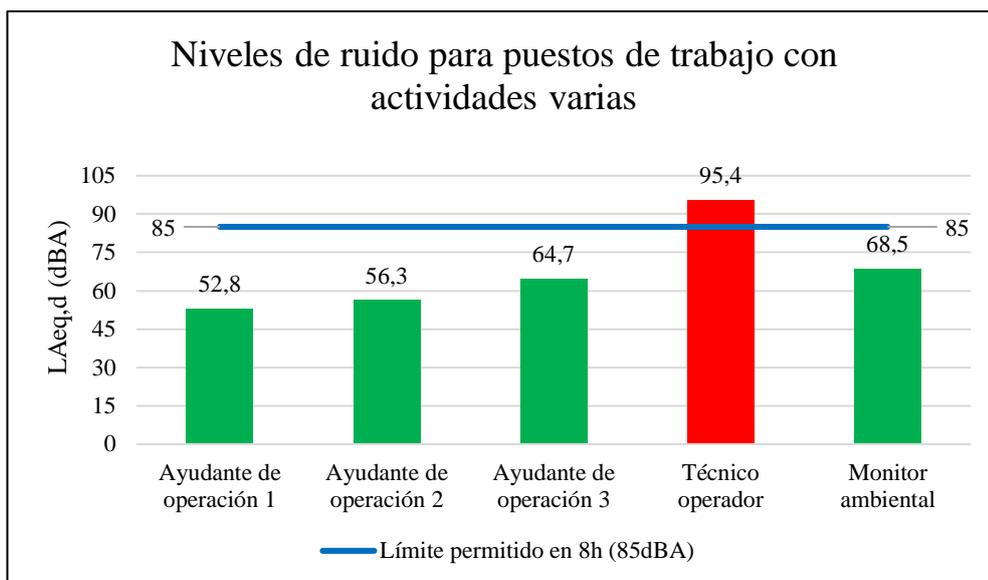


Fig. 21 Niveles de ruido para puestos de trabajo con actividades varias.

Análisis:

Los niveles de exposición al ruido equivalente diario ponderado A en los puestos de trabajo con actividades varias que no demandan concentración cumplen con los límites establecidos a excepción de 1 puesto, los valores que muestra la figura 20 son: 52,8dBA en ayudante de operación 1 con una incertidumbre expandida de ± 3 dB, 56,3dBA en ayudante de operación 2 con una incertidumbre expandida de ± 3 dB, 64,7dBA en ayudante de operación 3 con una incertidumbre expandida de ± 3 dB, 95,4dBA en técnico operador con una incertidumbre expandida de ± 3 dB, 68,5dBA en monitor ambiental con una incertidumbre expandida de ± 3 dB.

Interpretación:

En 5 puestos de trabajo se cumple con la normativa al no sobrepasar los 85dBA que es el límite establecido en el Decreto Ejecutivo 2393 [34]. Los niveles bajos de exposición al ruido presentes en estos puestos de trabajo se deben a que sus actividades se las desarrollan al aire libre y alejadas de las turbinas que son la fuente principal de ruido dentro de la empresa.

En la figura 20 también se indica 1 puesto de trabajo que presenta un riesgo intolerable sobrepasando el límite permitido de 85dBA establecido en el Decreto Ejecutivo 2393 y puede ocasionar hipertensión, disminución de la capacidad auditiva [37], cambios

hormonales y bioquímicos, disminución del sistema inmunológico [14], malestares psicológicos, entre otras enfermedades al personal expuesto [38], en otras empresas como la Central Hidroeléctrica Agoyán que aun cuando los métodos de valoración son los mismos de esta investigación existe mayor personal expuesto y a mayores niveles de ruido que sobrepasan los 100dBA debido a que sus turbinas al ser más grandes generan más ruido [17], la hidroeléctrica ALAO de la provincia de Chimborazo presenta niveles de ruido hasta de 104,4dBA que son mayores a los de HIDROTAMBO S.A. y son comparados con los mismos valores límites del Decreto Ejecutivo 2393 usados en esta investigación [22] [34].

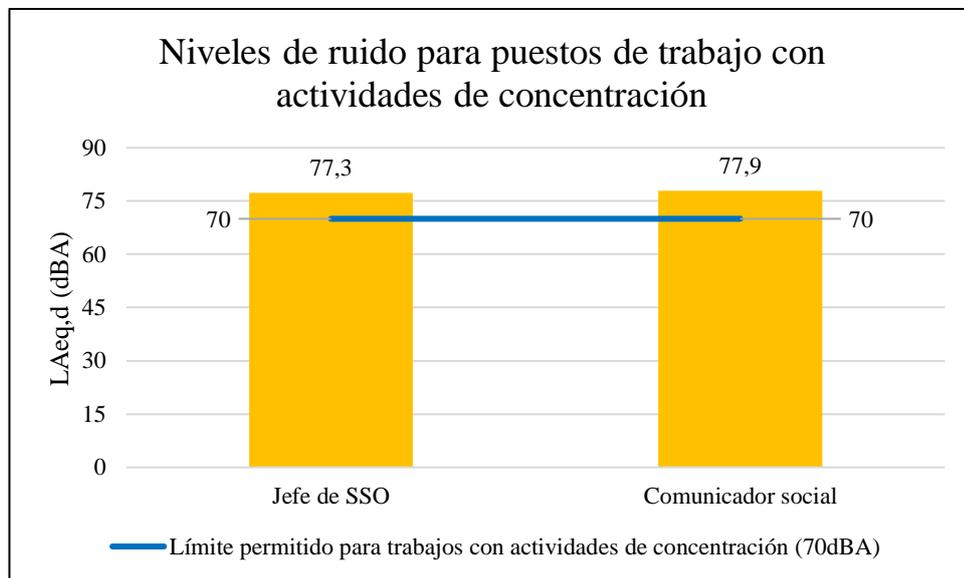


Fig. 22 Niveles de ruido para puestos de trabajo con actividades de concentración.

Análisis:

En la figura 21 se pueden observar los niveles de exposición al ruido equivalente diario ponderado A en los dos puestos de trabajo con actividades que requieren concentración o tareas de regulación y vigilancia, son: 77,3dBA en jefe de seguridad y salud ocupacional con una incertidumbre expandida de ± 3 dB, 77,9dBA en comunicador social con una incertidumbre expandida de ± 3 dB.

Interpretación:

Los puestos de trabajo que demandan actividades de concentración, tareas de regulación o vigilancia son el 28,6% como se observa en la figura 19 y muestran un

riesgo tolerable al compararlos con la dosis permitida de 85dBA para jornadas de 8 horas como se muestra en la tabla 29 pero no cumple con el límite permitido de 70dBA establecido en el Decreto Ejecutivo 2393 para este tipo de trabajos, por lo que la salud general de los trabajadores aunque no se vea afectada gravemente, pueden presentar disminución del rendimiento de trabajo y de la capacidad cognitiva o desarrollar mayor estrés y alteraciones en sus emociones [7] [34], estos valores se deben a que las oficinas donde estos trabajadores realizan sus actividades no están en el mismo cuarto pero si en el mismo edificio donde se encuentran las turbinas.

4.7.5. Evaluación de resultados sobre exposición a vibraciones transmitidas a cuerpo completo

Todos los resultados de los cálculos de los niveles de exposición a vibraciones transmitidas al cuerpo completo y su incertidumbre para cada puesto de trabajo se los visualiza en la tabla 31.

Tabla 31. Resultados sobre exposición a vibraciones e incertidumbre en las mediciones

		Código: HID-MV-02						Realizado por: Investigador						
		N° revisión: 01						Revisado por: Ing. Luis Morales						
		Fecha: 20/05/2019						Aprobado por: Ing. Luis Morales						
Puesto de trabajo	Tiempo de muestreo	Valores medidos			Media aritmética			Valores calculados			Incertidumbre estándar			Comparación con valores límites permitidos NTP839
		a_{wx} (m/s ²)	a_{wy} (m/s ²)	a_{wz} (m/s ²)	$\overline{a_{wx}}$ (m/s ²)	$\overline{a_{wy}}$ (m/s ²)	$\overline{a_{wz}}$ (m/s ²)	$A_{wx(d)}$ (m/s ²)	$A_{wy(d)}$ (m/s ²)	$A_{wz(d)}$ (m/s ²)	u_{Ax}	u_{Ay}	u_{Az}	
Técnico operador	10min	0,122	0,032	0,009	0,124	0,032	0,010	0,213	0,055	0,012	±0,008	±0,004	±0,002	T
	10min	0,117	0,029	0,010										
	10min	0,127	0,031	0,008										
	10min	0,128	0,034	0,011										
Jefe de SSO	10min	0,006	0,027	0,004	0,007	0,027	0,004	0,012	0,046	0,005	±0,001	±0,003	±0,001	T
	10min	0,007	0,029	0,003										
	10min	0,007	0,025	0,005										
	10min	0,008	0,026	0,004										
Comunicador social	10min	0,013	0,011	0,004	0,015	0,013	0,003	0,026	0,023	0,004	±0,003	±0,004	±0,001	T
	10min	0,015	0,014	0,003										
	10min	0,017	0,012	0,002										
	10min	0,016	0,016	0,003										

T: Riesgo Tolerable
A: Riesgo que da lugar a una acción
I: Riesgo Intolerable
■: Valores seleccionados para la evaluación

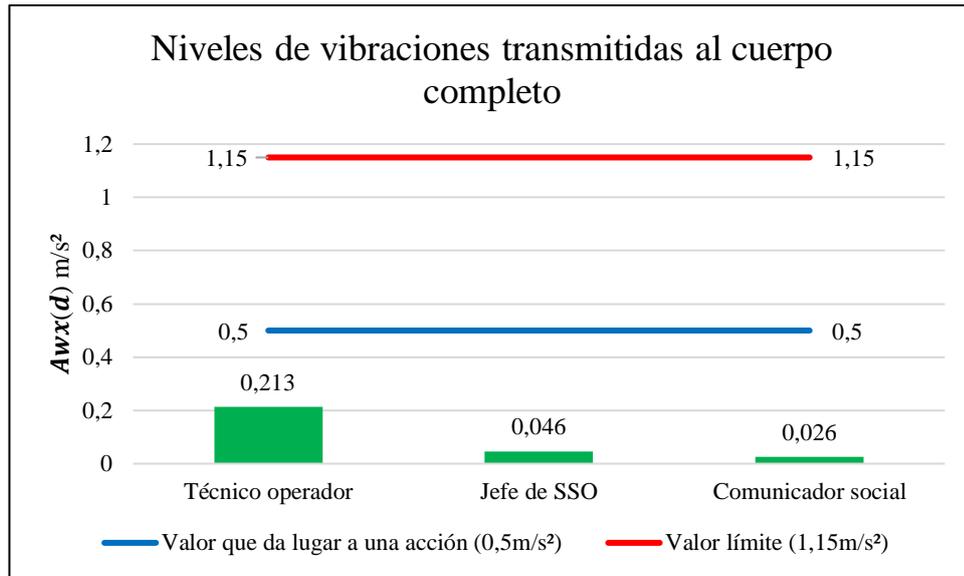


Fig. 23 Niveles de vibraciones transmitidas al cuerpo completo.

Análisis:

En la tabla 31 y figura 22 se puede observar los resultados de los cálculos de las mediciones de vibraciones transmitidas al cuerpo completo y su incertidumbre de medición donde en los 3 puestos de trabajo medidos existe un riesgo tolerable con respecto a las vibraciones. Los valores de exposición diaria a vibraciones son: 0,213 m/s^2 para el técnico operador con una incertidumbre tipo A de $\pm 0,008m/s^2$, 0,046 m/s^2 para el jefe de seguridad y salud ocupacional con una incertidumbre tipo A de $\pm 0,003m/s^2$ y 0,026 m/s^2 para el comunicador social con una incertidumbre de $\pm 0,003m/s^2$.

Interpretación:

El 100% de los puestos de trabajo presentan valores de exposición diaria a vibraciones transmitidas al cuerpo completo menores a 0,5 m/s^2 que es el límite establecido en la norma NTP839 para dar lugar a una acción correctiva [31]. En ningún puesto de trabajo se usan herramientas eléctricas de mano que normalmente son una fuente importante de vibraciones [5], las turbinas transmiten vibraciones por medio de la estructura donde el personal expuesto en los puestos de trabajo desarrollan sus actividades y al no tener contacto directo con las turbinas los niveles de exposición diaria a vibraciones son bajos.

El valor más alto de exposición diaria a vibraciones transmitidas al cuerpo completo en HIDROTAMBO S.A. es de $0,213\text{m/s}^2$ siendo un riesgo tolerable y no dañino para la salud de los trabajadores, en otras hidroeléctricas y empresas las vibraciones son riesgos altos que sobrepasan los límites permitidos en la norma NTP839 por el contacto directo que sus trabajadores tienen con herramientas como cortadoras manuales, taladros y moradoras que usan en cada puesto de trabajo [5] [17] [22] [30].

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los puestos de trabajo con mayores niveles de exposición sonora se encuentran en el área de casa de máquinas y esto se debe a que las turbinas de generación eléctrica operan en este lugar y afecta directamente al personal que desarrolla sus tareas y actividades en estos puestos de trabajo.

- En la evaluación de los nivel de exposición al ruido equivalente diario se observa que el técnico operador está expuesto a un riesgo intolerable de 95,4dBA porque durante toda la jornada de trabajo realiza sus actividades cerca de las turbinas que son la fuente de ruido más importante dentro de HIDROTAMBO S.A., los puestos de trabajo de comunicador social y jefe de seguridad y salud ocupacional tienen riesgo de ruido tolerable comparándolo con 85dBA pero sobrepasan los 70dBA que es el límite permitido por el Decreto Ejecutivo 2393 para puestos de trabajo que requieren y demandan actividades de concentración, mostrando la necesidad de aplicar un control en estos puestos de trabajo, mientras que en los demás puestos de trabajo presentan niveles de exposición al ruido diario menores a 85dBA cumpliendo con lo establecido en el Decreto Ejecutivo 2393.

- Las principales fuentes de vibraciones son las dos turbinas que operan en el área de casa de máquinas en la que conforman 3 puestos de trabajo, las turbinas transmiten vibraciones por medio estructural al cuerpo completo del personal que se desenvuelve en esta área.

- Todos los puestos de trabajo evaluados que realizan sus actividades en la empresa presentan valores de exposición diaria a vibraciones transmitidas al cuerpo

completo menores a $0,5\text{m/s}^2$ que es el límite establecido en la norma NTP839 por lo que no es necesario acciones correctivas pero si preventivas; esto se debe a las condiciones de trabajo, al mantenimiento preventivo semestral que se brinda a las turbinas y a las actividades compuestas que no requieren entrar en contacto directo con la fuente de vibraciones.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda la entrega periódica de equipos de protección personal para oídos en el puesto de trabajo del técnico operador, comunicador social y jefe de seguridad y salud ocupacional.
- Se recomienda realizar medidas organizativas de control para disminuir el tiempo de exposición al nivel de ruido en el puesto de trabajo del técnico operador.
- En lo puestos de trabajo del comunicador social y jefe de seguridad y salud ocupacional, se recomienda hacer un estudio de confort acústico debido a que esos puestos demandan actividades de concentración elevada.
- En los puestos de trabajo donde el riesgo del ruido es tolerable se recomienda que se entregue equipos de protección personal para ruido ya que en algunos momentos y durante algunos minutos el personal entra a casa de máquinas y se expone directamente al ruido de las turbinas.
- Al jefe de seguridad y salud ocupacional se le recomienda realizar inspecciones permanentes en todas las áreas de la empresa para verificar el cumplimiento del uso de los equipos de protección personal.
- Realizar audiometrías anualmente para determinar cambios en la capacidad auditiva del personal.
- Realizar mediciones y evaluar anualmente los niveles de exposición a vibraciones de cuerpo completo para controlar si el riesgo aumenta o varía significativamente y realizar medidas de control.

- Disponer medidas para cumplir la normativa con respecto a riesgos de vibraciones.
- Desarrollar un programa de prevención de riesgos laborales para controlar el riesgo de ruido y vibraciones en los trabajadores de HIDROTAMBO S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. V. Ruíz Vargas and M. R. Gallegos, “Factores Asociados a La Ocurrencia De Accidentes De Trabajo En La Industria Manufacturera,” *Rev. Horiz. Enfermería*, vol. 29, no. 1, pp. 42–55, 2018.
- [2] I. Gonzáles, J. A. Ballesteros, M. D. Fernández, and S. Quintana, “Ruido y vibraciones en el sector de la construcción,” *Investig. y Transf. en la Esc. Politécnica Cuenca*, vol. 1, pp. 81–94, 2015.
- [3] A. González, J. Bonilla, M. Quintero, C. Reyes, and A. Chavarro, “Análisis de las causas y consecuencias de los accidentes laborales ocurridos en dos proyectos de construcción,” *Rev. Ing. Construcción*, vol. 31, pp. 5–16, 2016.
- [4] C. R. Sarabia Ramirez, “Gestión de riesgos laborales en la fábrica de dovelas del proyecto hidroeléctrico coca codo sinclair: manual de seguridad,” Universidad Nacional de Chimborazo, 2014.
- [5] J. Pazmiño Paredes, “Estudio de ruido y vibraciones en la empresa Muebles León de la Ciudad de Ambato para mejorar el ambiente laboral,” Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [6] R. E. García Flores, “Evaluación de la salud auditiva de los trabajadores de la central ‘Aníbal Santos’ expuestos al ruido de la empresa CNEL EP Unidad de negocio Guayaquil y propuesta de implementación de un programa de prevención de pérdidas auditivas,” Universidad de Guayaquil, 2016.
- [7] E. L. Sánchez Almeida, “Estudio de ruido, iluminación y vibraciones en la empresa agroindustrial AGROCUEROS S.A. para mejorar el ambiente laboral,” Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [8] J. Ganime, S. L. Almeida, M. Robazzi, S. Valezuela Sauzo, and S. Faleiro, “Revisiones El Ruido Como Riesgo Laboral : Una Revisión De Literatura,” *Enferm. Glob.*, vol. 19, no. 8, p. 15, 2010.
- [9] J. Somavia, “Facts on Safety at Work Report,” *Int. Labour Organ.*, vol. 14, no. 1, p. 2, 2015.
- [10] Á. G. Ruiz Moreno and R. D. Navarro Albiña, “Orígenes del derecho laboral latinoamericano,” *Revista Latinoamericana de Derecho Social*, no. 21, Mexico, pp. 277–288, 2015.
- [11] A. R. Gómez García and P. R. Suasnavas Bermúdez, “Incidencia de

- Accidentes de Trabajo Declarados en Ecuador en el Período 2011-2012,” *Cienc. Trab.*, vol. 49, no. 52, pp. 49–53, 2015.
- [12] J. Maestro Acosta, “Informe sobre el estado de la seguridad y salud laboral en España,” Madrid, 2016.
- [13] S. Samper Aguirreurreta and J. Cevera Boada, “Estadísticas de Enfermedades profesionales en la Comunitat Valenciana (partes comunicados) Periodo: Julio 2016 – junio 2017,” Valencia, 2017.
- [14] M. Puechmaille, L. Gilain, and P. Avan, “Trastornos centrales de la audición,” *ScienceDirect*, vol. 47, no. 18, pp. 1–13, 2018.
- [15] G. Arias Castro and C. Martínez Oropesa, “Evaluación de la exposición al riesgo por vibraciones en el segmento mano brazo en compañías del sector metalmeccánico,” *Med. Secur. Trab. (Madr)*., vol. 24, no. 1, pp. 327–336, 2016.
- [16] A. R. Gómez García, A. F. Algora Buenafé, P. R. Suasnavas Bermúdez, M. giovanny Silva Peñaherrera, and A. Vilaret Serpa, “Notificación de Accidentes de Trabajo y Posibles Enfermedades Profesionales en Ecuador, 2010-2015,” *Cienc. Trab.*, vol. 18, no. 57, pp. 166–172, 2016.
- [17] M. J. Villacís Morales, “Los riesgos laborales y las enfermedades profesionales del personal operativo de la Central Hidroeléctrica Agoyán,” Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [18] N. Duque and M. Yáñez Contreras, “Perspectivas diferenciadas del análisis de la accidentalidad laboral,” *Rev. Gac. Labor.*, vol. 21, no. 3, pp. 313–331, 2015.
- [19] L. E. López Pereira, “Factores de riesgos ergonómicos asociados a lumbalgias en trabajadores de las centrales hidroeléctricas de la empresa Nicaraguense de electricidad en maragalpa y Jinotega, Nicaragua, año 2012,” Universidad nacional autónoma de Nicaragua, 2014.
- [20] M. S. Bustamante Cuenca, “Gestión de Seguridad Laboral en la Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Hydroagoyán - Central San Francisco,” Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [21] S. A. Mera Ramos, “Las condiciones de seguridad e higiene industrial y su incidencia en la exposición al ruido del personal que labora en la casa de máquinas de la central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind del Embalse

- Daule Peripa,” Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [22] M. Á. Chávez Avilés, “Evaluación del ruido laboral y elaboración de un plan de conservación auditiva para los trabajadores de la central hidroeléctrica de Alao en la provincia de Chimborazo,” Universidad de las Américas, 2016.
- [23] J. C. Aleaga Del Salto, “El ruido laboral y su incidencia en los trastornos del oído de los operadores del área de producción de productos plásticos de la empresa Holviplas S.A.,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [24] A. Gil Fisa and P. Luna Mendaza, “NTP 270 : Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos,” 1992.
- [25] G. Chico Paredes, “Evaluación de ruido en la empresa CIAUTO CÍA. LTDA. para prevenir enfermedades profesionales,” Universidad Técnica de Ambato, 2014.
- [26] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN-ISO 9612: Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería (ISO 9612:2009, IDT),” Ecuador, 2014.
- [27] J. García Ruiz and P. Luna Mendaza, “NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias,” 2012.
- [28] J. García Ruiz and P. Luna Mendaza, “NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición,” 2012.
- [29] R. Náf Cortés, *Guía Práctica para el Análisis y la Gestión del Ruido Industrial*, 1st ed. Madrid, 2015.
- [30] A. R. Salazar Peña, “Estudio del ruido laboral y vibraciones en el proceso de acabado de la empresa La Fortaleza CIA. LTDA. de la ciudad de Ambato,” Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [31] L. Pujol Senovilla, “NTP 839: Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo,” 2009.
- [32] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “NTE INEN-ISO 2631-1: Vibración mecánica y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración en todo el cuerpo. Part 1. Requisitos generales (ISO 2631-1997, IDT),” Ecuador, 2019.
- [33] Instituto Nacional de Seguridad Salud y Bienestar en el Trabajo, “Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido,” 2018. [Online]. Available:

<http://calculadores.insht.es/Incertidumbredelruido/Introducción.aspx>.

- [34] Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, “Decreto 2393: Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo,” Ecuador.
- [35] A. Higinio Rubio, “La incertidumbre en las medidas,” pp. 25–47, 2016.
- [36] J. E. Copara Herrera, “Riesgos por ruido y su influencia en las manifestaciones no otológicas en los técnicos que laboran en los talleres de la organización de mantenimiento aprobada OMA-DIAF,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [37] F. A. Aguais Calle, “Propuesta para el control de ruido ocupacional en el área de calderas del Ingenio la Troncal,” Universidad de Guayaquil, 2016.
- [38] L. Medina Urbina and F. F. Domínguez Hernández, “Agente físico (Ruido) en los centros de trabajo,” *Rev. TECTZAPIC*, vol. 1, no. 1, 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla para características y actividades de puestos de trabajo.

 <p>HIDROTAMBO Energía Limpia para todos</p>	Código:		Realizado por:
	N° revisión:		Revisado por:
	Fecha:		Aprobado por:
Área:			
Puesto de trabajo:			
N° trabajadores:	Género:		
Horario trabajo:			
Posición de trabajo:			
Tipo de trabajo (Fijo o móvil):			
Localización			
Maquinarias:			
Materiales:			
Herramientas:			
Exposición a ruido y vibraciones			
Fuentes de ruido	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
Fuentes de vibración	Frecuencia de exposición	Tiempo de exposición	
Actividades realizadas			
Muy frecuentes:			
Frecuentes:			
Poco Frecuentes:			
Tipo de ruido			

Anexo 2: Certificado de calibración de sonómetro.

3M Personal Safety Division
3M Oconomowoc
1060 Corporate Center Drive
Oconomowoc, WI 53066-4828
www.3M.com/detection
800 245 0779

Page 1 of 3

3M

Certificate of Calibration
Certificate No: 5137939BIJ040005

Submitted By: WB ENGINEERS ROCKVILLE MD
1101 WOOTTON PARKWAY
ROCKVILLE MD 20852

Serial Number: BIJ040005 Date Received: 3/2/2018
Customer ID: Date Issued: 3/8/2018
Model: SOUNDPRO DL-2-1/3 SLM Valid Until: 3/8/2020

Test Conditions: Model Conditions:
Temperature: 18°C to 29°C As Found: OUT OF TOLERANCE
Humidity: 20% to 80% As Left: IN TOLERANCE
Barometric Pressure: 890 mbar to 1050 mbar

SubAssemblies:
Description: Serial Number:
MICROPHONE QE 7052 1/2 IN. ELECTRET 50493
TVPR 2 PREAMP 04104323

Calibration Procedure: 53V899

Reference Standard(s):

I.D. Number	Device	Last Calibration Date	Calibration Due
EF000138	QUEST-CAL	12/13/2017	12/13/2018
ET0000556	B&K ENSEMBLE	4/18/2017	4/18/2018

Measurement Uncertainty:
+/- 2.2% ACOUSTIC (0.19dB)
Estimated at 95% Confidence Level (k=2)

Calibrated By: Bryan Rasmussen 3/8/2018
BRYAN RASMUSSEN Service Technician

Reviewed/Approved By: Paul H. Wegmann 3/8/2018
Paul H. Wegmann Technical Manager/Deputy

This report certifies that all calibration equipment used in the test is traceable to NIST or other NMI, and applies only to the unit identified under equipment above. This report must not be reproduced except in its entirety without the written approval of 3M Detection Solutions.

098-293 Rev. B

An ISO 9001 Registered Company
ISO 17025 Accredited Calibration Laboratory



Anexo 3: Certificado de calibración de dosímetro.

Certificate of Calibration



Equipment Details

Instrument Manufacturer Cirrus Research Plc
Instrument Type CR:120A
Description Dosimeter
Serial Number MK500712

Calibration Procedure

The instrument detailed above has been calibrated to the publish test and calibration data as detailed in the instrument hand book, using the techniques recommended in the latest revisions of the International Standards IEC 61672-1:2013, IEC 61672-1:2002, IEC 60651:1979, IEC 60804:2001, IEC 61260:1995, IEC 60942:2003, 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. These are traceable to International Standards (A.0.6). The standards are:

Microphone Type	B&K 4192	Serial Number	1920791	Calibration Ref.	S6450
Pistonphone Type	B&K 4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S6388

Calibrated by

Calibration Date

19 January 2018

Calibration Certificate Number

256463

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

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

Anexo 4 Certificado de calibración de vibrómetro.

Certificate of Calibration



Equipment Details	
Instrument Manufacturer:	Cirrus Research plc
Instrument Type:	CV-31A Meter KB103SVD Whole Body
Serial Number:	170023 15005
Cal Reference:	48515

Calibration Procedure

Calibration was performed in accordance with BS ISO 8041/A.1

The calibration was performed respecting the requirements of ISO/IEC 17025 using calibration equipment traceable to National Standards according to ISO 10012.

Calibration performed with Mechanical Excitation

The vibration sensor was mounted successively in three directions (X/Y/Z) onto an electrodynamic shaker using mounting adaptors. The excitation level was measured by a traceable reference chain. The duration of each measurement was 30 seconds for hand-arm vibration and 1 minute for whole-body.

Reference Standards	
Manufacturer:	Manfred Weber, Metra Mess- und Frequenztechnik
Type:	VC21
Description:	Vibration Calibrator
Serial Number:	171332
Certificate Number:	181918-UKAS0654, 2018-10

Calibration Climate Conditions

The climatic test conditions were all maintained within the permitted limits of BS ISO 8041

Temperature:	T = 22.0 ± 2 °C
Relative Humidity:	RH = 30 - 60 %

Date of calibration: 04/03/2019

Recommended re-calibration date: 04/03/2020

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.

Calibrated by: 
Terry Goodrich

Measurement Data

Calibration was performed with the following transducer sensitivities which were entered from the Transducer Electronic Data Sheet (TEDS)



Measuring Direction	Sensor Sensitivity
X	10.568 mV / m/s ²
Y	10.429 mV / m/s ²
Z	10.479 mV / m/s ²

Measurement Range:	Whole Body
--------------------	------------

Measuring Direction	Weighting Filters	Weighting Factors
X	Wd	1.0
Y	Wd	1.0
Z	Wk	1.0

Amplitude linearity and frequency response tests for whole body vibration

Frequency	Measuring Direction	Reference Signal	Set Value	Display	Deviation
15.926 Hz	X	1.014 m/s ²	0.128 m/s ²	0.12 m/s ²	-6.52 %
15.926 Hz	Y	1.014 m/s ²	0.128 m/s ²	0.12 m/s ²	-6.52 %
15.926 Hz	Z	1.014 m/s ²	0.785 m/s ²	0.77 m/s ²	-1.93 %
15.926 Hz	X	2.021 m/s ²	0.256 m/s ²	0.25 m/s ²	-2.29 %
15.926 Hz	Y	2.021 m/s ²	0.256 m/s ²	0.25 m/s ²	-2.29 %
15.926 Hz	Z	2.021 m/s ²	1.565 m/s ²	1.55 m/s ²	-0.95 %
39.997 Hz	X	1.014 m/s ²	0.050 m/s ²	0.05 m/s ²	-0.69 %
39.997 Hz	Y	1.014 m/s ²	0.050 m/s ²	0.05 m/s ²	-0.69 %
39.997 Hz	Z	1.014 m/s ²	0.320 m/s ²	0.31 m/s ²	-3.25 %
39.997 Hz	X	2.014 m/s ²	0.100 m/s ²	0.10 m/s ²	0.00 %
39.997 Hz	Y	2.014 m/s ²	0.100 m/s ²	0.10 m/s ²	0.00 %
39.997 Hz	Z	2.014 m/s ²	0.636 m/s ²	0.62 m/s ²	-2.58 %
80.005 Hz	X	1.014 m/s ²	0.022 m/s ²	0.02 m/s ²	-7.40 %
80.005 Hz	Y	1.014 m/s ²	0.022 m/s ²	0.02 m/s ²	-7.40 %
80.005 Hz	Z	1.014 m/s ²	0.136 m/s ²	0.12 m/s ²	-11.62 %
80.001 Hz	X	2.014 m/s ²	0.043 m/s ²	0.04 m/s ²	-6.76 %
80.001 Hz	Y	2.014 m/s ²	0.043 m/s ²	0.04 m/s ²	-6.76 %
80.001 Hz	Z	2.014 m/s ²	0.270 m/s ²	0.25 m/s ²	-7.30 %
159.18 Hz	X	10.038 m/s ²	0.047 m/s ²	0.03 m/s ²	-35.98 %
159.18 Hz	Y	10.038 m/s ²	0.047 m/s ²	0.03 m/s ²	-35.98 %
159.18 Hz	Z	10.038 m/s ²	0.293 m/s ²	0.19 m/s ²	-35.22 %

Comment: The accuracy of the instrument is in accordance to the technical data issued by the manufacturer.

Anexo 5: Certificado del calibrador acústico.

Certificate of Calibration



Certificate Number: **116324**
Date of Issue: **19 January 2018**

Instrument

Manufacturer: **Cirrus Research plc** Serial Number: **82747**
Model Number: **CR:518**

Calibration Procedure

The sound calibrator detailed above has been calibrated to the published data as described in the operating manual and in the half-inch configuration. The procedures and techniques used are as described in IEC 60942:2003 Annex B – Periodic Tests and three determinations of the sound pressure level, frequency and total distortion were made.

The sound pressure level was measured using a WS2F condenser microphone type MK:224 manufactured by Cirrus Research plc.

The results have been corrected to the reference pressure of 101.33 kPa using the manufacturer's data.

Date of Calibration: **19 January 2018**

Calibration Results

Measurement	Level (dB)	Frequency (Hz)	Distortion (% THD + Noise)
1	114.00	1000.0	0.76
2	114.01	1000.0	0.89
3	113.98	1000.0	0.96
Average	114.00	1000.0	0.87
Uncertainty	± 0.13	± 0.1	± 0.10

The reported uncertainties of measurement are expanded by a coverage factor of $k=2$, providing a 95% confidence level.

Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road
Hunmanby, North Yorkshire, YO14 0PH, United Kingdom
Telephone: 0845 730 7434 Fax: +44 1753 805444



Environmental Conditions

Pressure: **100.00 kPa**
 Temperature: **21.5 °C**
 Humidity: **27.3 %**

Certificate of Calibration

Calibration Number: **122222**
 Date of Issue: **28 January 2016**

Instrument:

Manufacturer: **Cirrus Research plc**
 Model Number: **81222**

Calibration Procedure

The instrument was calibrated using a WSPR condenser microphone type 80222. The sound pressure level was measured using a WSPR condenser microphone type 80222. The results have been compared to the reference pressure of 101.325 kPa using the microphone's data.

Date of Calibration: **28 January 2016**

Calibration Results

Measurement	Value (dB)	Frequency (Hz)	Uncertainty (10% F)
1	114.00	1000.0	0.10
2	113.77	1000.0	0.09
3	113.55	1000.0	0.08
Average	113.77	1000.0	0.07
Uncertainty	0.07	1.0	0.10

The results have been compared to the reference pressure of 101.325 kPa using the microphone's data.

Calibration Laboratory

Laboratory: **Cirrus Research plc**
Acoustic House, Bridlington Road, Hunmanby
North Yorkshire, YO14 0PH, United Kingdom

Test Engineer: **Ben Robinson**

B. Robinson



Calibration Laboratory
 Cirrus Research plc
 Acoustic House, Bridlington Road, Hunmanby
 North Yorkshire, YO14 0PH, United Kingdom

Anexo 6: Tabla para registro de mediciones de ruido basadas en los puestos de trabajo.

		Código:				Realizado por:										
		N° revisión:				Revisado por:										
		Fecha:				Aprobado por:										
Instrumento:				Marca:				Modelo:								
Área:						Puesto de trabajo:										
Condiciones termo higrométricas relevantes:																
Valores medidos																
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Ceq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	16 Hz	31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz
Bandas de octava																

Anexo 7: Tabla para registro de mediciones de ruido basadas en la jornada completa.

		Código:				Realizado por:							
		N° revisión:				Revisado por:							
		Fecha:				Aprobado por:							
Instrumento:				Marca:				Modelo:					
Área:						Puesto de trabajo:							
Condiciones termo higrométricas relevantes:													
Valores medidos													
Fecha	Periodo de muestreo	#Medida	L _{Aeq,T} (dBA)	L _{Cpeak} (dBA)	Dosis	63 Hz (dBA)	125 Hz (dBA)	250 Hz (dBA)	500 Hz (dBA)	1000 Hz (dBA)	2000 Hz (dBA)	4000 Hz (dBA)	8000 Hz (dBA)
Bandas de octava													

Anexo 8: Tabla para registro de mediciones de vibraciones transmitidas al cuerpo completo.

		Código:		Realizado por:	
		N° revisión:		Revisado por:	
		Fecha:		Aprobado por:	
Instrumento:			Marca:		Modelo:
Área:		Puesto de trabajo:			
Condiciones termo higrométricas:					
Valores medidos					
Fecha	Periodo de muestreo	# Medida	a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}

Anexo 9: Tabla para registro de resultados sobre exposición al ruido e incertidumbre en las mediciones basadas en el puesto de trabajo

		Código:				Realizado por:							
		N° revisión:				Revisado por:							
		Fecha:				Aprobado por:							
Puesto de trabajo	Tiempo de muestreo	Valores medidos						Incertidumbre			Comparación con dosis permitida Decreto 2393		
		$L_{Aeq,T1}$ dB(A)	$L_{Aeq,T2}$ dB(A)	$L_{Aeq,T3}$ dB(A)	$L_{Aeq,T4}$ dB(A)	$L_{Aeq,T5}$ dB(A)	$L_{Aeq,T6}$ dB(A)	$L_{Aeq,d}$ dB(A)	Nivel de ruido (dB)	Instrumento (dB)	Posición (dB)	Suma (dB)	Expandida (dB)
T: Riesgo Tolerable I: Riesgo Intolerable													

Anexo 10: Tabla para registro de resultados sobre exposición al ruido e incertidumbre en las mediciones basadas en la jornada completa.

 HIDROTAMBO <small>Energía Limpia para todos</small>		Código:				Realizado por:					
		N° revisión:				Revisado por:					
		Fecha:				Aprobado por:					
Puesto de trabajo	Tiempo de muestreo	Valores medidos				Incertidumbre					Comparación con dosis permitida Decreto 2393
		L _{Aeq,T1} dB(A)	L _{Aeq,T2} dB(A)	L _{Aeq,T3} dB(A)	L _{Aeq,d} dB(A)	Nivel de ruido (dB)	Instrumento (dB)	Posición (dB)	Suma (dB)	Expandida (dB)	Dosis

T: Riesgo Tolerable
I: Riesgo Intolerable

Anexo 11: Tabla para registro de resultados sobre exposición a vibraciones e incertidumbre en las mediciones.

 HIDROTAMBO <small>Energía Limpia para todos</small>		Código:				Realizado por:								
		N° revisión:				Revisado por:								
		Fecha:				Aprobado por:								
Puesto de trabajo	Tiempo de muestreo	Valores medidos			Media aritmética			Valores calculados			Incertidumbre estándar			Comparación con valores límites permitidos NTP839
		a _{wx} m/s ²	a _{wy} m/s ²	a _{wz} m/s ²	\overline{a}_{wx} m/s ²	\overline{a}_{wy} m/s ²	\overline{a}_{wz} m/s ²	A _{wx(d)} m/s ²	A _{wy(d)} m/s	A _{wz(d)} m/s	u _{Ax}	u _{Ay}	u _{Az}	

T: Riesgo Tolerable
A: Riesgo que da lugar a una acción
I: Riesgo Intolerable

Anexo 12: Resultados en el software de los cálculos para mediciones de ruido.

Ayudante de operación 2



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

Calculadores INSHT

> Incertidumbre del ruido > Entrada de datos

[Volver a calculadores](#)

Incertidumbre del ruido

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

Resultados

[Imprimir](#)

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:

56,3 dB(A)

Incertidumbre expandida:

3,0 dB

Número de valores medidos:

6

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 * u_1)^2$	0,15
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, gh})$	3,40

Datos de partida

[Modificar datos](#)

Incertidumbre típica de los instrumentos:

1,5 dB
(Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)

Duración efectiva de la jornada laboral:

480 minutos

Muestras:

	dB(A)
Muestra 1	56
Muestra 2	55,7
Muestra 3	55,6
Muestra 4	55,7
Muestra 5	57
Muestra 6	57,2

[Nuevo cálculo](#)

© INSSBT (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo) | [Aviso legal](#)

Técnico operador



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

Calculadores INSHT
> Incertidumbre del ruido > Entrada de datos
Volver a calculadores

Incertidumbre del ruido

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

Imprimir

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A: **95,4 dB(A)**

Incertidumbre expandida: **3,0 dB**

Número de valores medidos: **6**

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 + u_1)^2$	0,01
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, 8h})$	3,26

Modificar datos

Incertidumbre típica de los instrumentos: **1,5 dB**
(Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)

Duración efectiva de la jornada laboral: **720 minutos**

Muestras:	dB(A)
Muestra 1	93,2
Muestra 2	93,7
Muestra 3	93,8
Muestra 4	93,8
Muestra 5	93,6
Muestra 6	93,6

Nuevo cálculo

Monitor ambiental



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

Calculadores INSHT

> Incertidumbre del ruido > Entrada de datos

[Volver a calculadores](#)

Incertidumbre del ruido

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

Imprimir

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A: **68,5 dB(A)**

Incertidumbre expandida: **3,0 dB**

Número de valores medidos: **6**

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 + u_1)^2$	0,06
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, 8h})$	3,31

Datos de partida

Modificar datos

Incertidumbre típica de los instrumentos: **1,5 dB**
(Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)

Duración efectiva de la jornada laboral: **480 minutos**

Muestras:	dB(A)
Muestra 1	69,2
Muestra 2	68,8
Muestra 3	68,1
Muestra 4	68,5
Muestra 5	67,9
Muestra 6	68,4

Nuevo cálculo

© INSSBT (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo) | [Aviso legal](#)

Jefe de seguridad y salud ocupacional



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

Calculadores INSHT

> Incertidumbre del ruido > Entrada de datos

Volver a calculadores

Incertidumbre del ruido
Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Resultados

Imprimir

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	77,3 dB(A)
Incertidumbre expandida:	3,0 dB
Número de valores medidos:	6

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 + u_1)^2$	0,08
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, 8h})$	3,33

Datos de partida

Modificar datos

Incertidumbre típica de los instrumentos:	1,5 dB <small>(Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)</small>												
Duración efectiva de la jornada laboral:	720 minutos												
Muestras:	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Muestra 1</td> <td style="padding: 2px 10px;">74,8</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Muestra 2</td> <td style="padding: 2px 10px;">76,1</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Muestra 3</td> <td style="padding: 2px 10px;">75,3</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Muestra 4</td> <td style="padding: 2px 10px;">74,9</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Muestra 5</td> <td style="padding: 2px 10px;">76</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px 10px;">Muestra 6</td> <td style="padding: 2px 10px;">75,7</td> </tr> </table>	Muestra 1	74,8	Muestra 2	76,1	Muestra 3	75,3	Muestra 4	74,9	Muestra 5	76	Muestra 6	75,7
Muestra 1	74,8												
Muestra 2	76,1												
Muestra 3	75,3												
Muestra 4	74,9												
Muestra 5	76												
Muestra 6	75,7												

Nuevo cálculo

© INSSBT (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo) | [Aviso legal](#)

Comunicador social



Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

Calculadores INSHT > Incertidumbre del ruido > Entrada de datos [Volver a calculadores](#)

Incertidumbre del ruido

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

Resultados [Imprimir](#)

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	77,9 dB(A)
Incertidumbre expandida:	3,0 dB
Número de valores medidos:	6

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 * u_1)^2$	0,03
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, 8h})$	3,28

Datos de partida [Modificar datos](#)

Incertidumbre típica de los instrumentos:	1,5 dB (Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)														
Duración efectiva de la jornada laboral:	720 minutos														
Muestras:	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>dB(A)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Muestra 1</td><td>75,8</td></tr><tr><td>Muestra 2</td><td>75,8</td></tr><tr><td>Muestra 3</td><td>76,5</td></tr><tr><td>Muestra 4</td><td>75,9</td></tr><tr><td>Muestra 5</td><td>76,2</td></tr><tr><td>Muestra 6</td><td>76,6</td></tr></tbody></table>		dB(A)	Muestra 1	75,8	Muestra 2	75,8	Muestra 3	76,5	Muestra 4	75,9	Muestra 5	76,2	Muestra 6	76,6
	dB(A)														
Muestra 1	75,8														
Muestra 2	75,8														
Muestra 3	76,5														
Muestra 4	75,9														
Muestra 5	76,2														
Muestra 6	76,6														

[Nuevo cálculo](#)

© INSSBT (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo) | [Aviso legal](#)

Ayudante de operación 1



Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

Calculadores INSHT > Incertidumbre del ruido > Entrada de datos [Volver a calculadores](#)

Incertidumbre del ruido

Introducción

Entrada de datos

Recursos adicionales

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

Resultados [Imprimir](#)

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	52,8 dB(A)
Incertidumbre expandida:	3,0 dB
Número de valores medidos:	3

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 \cdot u_1)^2$	0,08
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, 8h})$	3,33

Datos de partida [Modificar datos](#)

Incertidumbre típica de los instrumentos:	1,5 dB (Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652)								
Duración efectiva de la jornada laboral:	480 minutos								
Muestras:	<table><thead><tr><th></th><th>dB(A)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Muestra 1</td><td>52,6</td></tr><tr><td>Muestra 2</td><td>53,1</td></tr><tr><td>Muestra 3</td><td>52,8</td></tr></tbody></table>		dB(A)	Muestra 1	52,6	Muestra 2	53,1	Muestra 3	52,8
	dB(A)								
Muestra 1	52,6								
Muestra 2	53,1								
Muestra 3	52,8								

[Nuevo cálculo](#)

© INSSBT (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo) | [Aviso legal](#)

Ayudante de operación 3

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

[Calculadores INSHT](#)

[Incertidumbre del ruido](#) > [Entrada de datos](#)

[Volver a calculadores](#)

Incertidumbre del ruido

Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido

[Imprimir](#)

[Introducción](#)
[Entrada de datos](#)
[Recursos adicionales](#)

Resultados

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	64,7 dB(A)
Incertidumbre expandida:	3,0 dB
Número de valores medidos:	3

Resultados		Símbolos, relaciones	Valor (dB)
Contribución a la incertidumbre	Nivel de ruido	$(C_1 \cdot u_1)^2$	0,09
	Instrumentos de medición	$(u_2)^2$	2,25
	Posición de la medición	$(u_3)^2$	1,00
	Suma	$u^2 (L_{EX, 8h})$	3,34

Datos de partida

[Modificar datos](#)

Incertidumbre típica de los instrumentos:	1,5 dB								
	(Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61652)								
Duración efectiva de la jornada laboral:	480 minutos								
Muestras:	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black; padding: 0 10px;"></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; font-size: 8px; padding: 0 10px;">dB(A)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">Muestra 1</td> <td style="padding: 0 10px;">64,6</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">Muestra 2</td> <td style="padding: 0 10px;">64,5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">Muestra 3</td> <td style="padding: 0 10px;">65</td> </tr> </table>		dB(A)	Muestra 1	64,6	Muestra 2	64,5	Muestra 3	65
	dB(A)								
Muestra 1	64,6								
Muestra 2	64,5								
Muestra 3	65								

[Nuevo cálculo](#)

© INSSBT (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo) | [Aviso legal](#)

Anexo 13: Registro fotográfico.



Medición ruido - Ayudante de operación 1



Medición ruido - Ayudante de operación 2



Medición ruido - Ayudante de operación 3



Medición ruido – Técnico operador



Medición ruido – Monitor ambiental



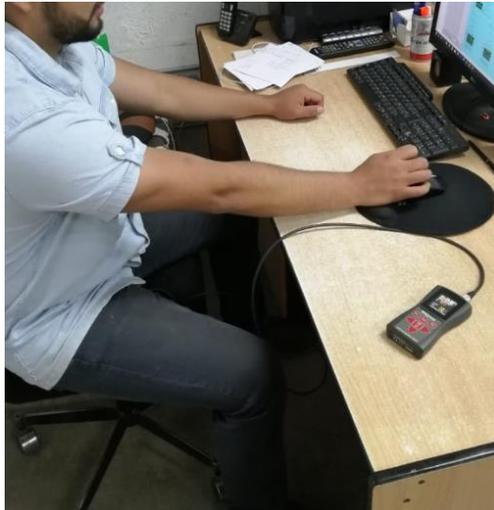
Medición ruido – Jefe de SSO



Medición ruido – Comunicador social



Medición vibraciones – Técnico operador



Medición vibraciones – Jefe de SSO



Medición vibraciones – Comunicador social