

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL RUIDO EN LOS TALLERES DE MECÁNICA INDUSTRIAL DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TUNGURAHUA

METHODOLOGY FOR THE EVALUATION OF NOISE IN THE INDUSTRIAL MECHANICAL WORKSHOPS OF THE TUNGURAHUA HIGHER TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Nancy Piedad Rodríguez Sánchez ^{1*}

¹ Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3287-6037>. Correo: nrodriguez.istt@gmail.com

Freddy Leopoldo Manotoa Balseca ²

² Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4851-8285>. Correo: fmanotoa.istt@gmail.com

Angélica del Pilar Hidalgo Calero ³

³ Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8558-6634>. Correo: hidalgo.istt@gmail.com

Mercy Germania Altamirano González ⁴

⁴ Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tungurahua. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1269-3057>. Correo: maltamirano.istt@gmail.com

* Autor para correspondencia: nrodriguez.istt@gmail.com

Resumen

La evaluación de los niveles sonoros al que se exponen los estudiantes de la Carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tungurahua en el aprendizaje práctico, dicho análisis se tomó según la Norma Técnica de Prevención NTP 270 y la NTP 951, y en la revisión de la normativa Decreto Ejecutivo de Seguridad y Salud en el Trabajo 2393 y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3743-1, para el análisis se realizó mediciones en los talleres donde se ejecutó la fase práctica de los estudiantes que permitió recolectar datos cuantitativos y cualitativos con la finalidad de verificar si la maquinaria se encuentra

operativa dentro de los rangos permisibles en función a las normativas vigentes a nivel nacional como internacional, se obtuvo un nivel de exposición semanal equivalente de 79 dB(A), que no supera el valor inferior de exposición que requiere una acción, el valor de LAeq,d sobrepasó los valores de referencia. Igualmente, en un segundo análisis se registró un nivel de exposición semanal equivalente de 88 dB(A), que está por encima del valor de referencia de 80 dB(A). Finalmente, se estableció medidas preventivas de solución o mitigación del ruido para docentes y estudiantes que utilizan los talleres.

Palabras clave: ruido; salud; bienestar; prácticas de taller; equipo de medición

Abstract

The evaluation of the sound levels to which the students of the Industrial Mechanics Career of the Tungurahua Higher Technological Institute are exposed in practical learning, said analysis was taken according to the Technical Standard for Prevention NTP 270 and NTP 951, and in the review of the Executive Decree on Safety and Health at Work 2393 and the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN-ISO 3743-1, for the analysis, measurements were made in the workshops where the practical phase of the students was carried out, which allowed the collection of quantitative and qualitative data. In order to verify if the machinery is operational within the permissible ranges based on current national and international regulations, an equivalent weekly exposure level of 79 dB(A) was obtained, which does not exceed the lower value of exposure requiring action, the value of LAeq,d exceeding the reference values. Similarly, in a second analysis an equivalent weekly exposure level of 88 dB(A) was recorded, which is above the reference value of 80 dB(A). Finally, preventive measures to solve or mitigate noise were established for teachers and students who use the workshops.

Keywords: noise; health; wellness; workshop practices; measuring equipment

Fecha de recibido: 08/02/2023

Fecha de aceptado: 27/05/2023

Fecha de publicado: 08/06/2023

Introducción

El ruido en el entorno de trabajo y de aprendizaje puede causar problemas de salud y disminuir la productividad y el rendimiento académico. Para abordar estos problemas, se han desarrollado normas de prevención y programas para la formación y sensibilización, que a menudo son insuficientes. Esta metodología permite brindar soluciones innovadoras para minimizar el ruido en los ambientes de aprendizaje que permita mantener un bienestar en el estudiante con una buena salud y un óptimo rendimiento en su formación práctica. Se requiere un enfoque integral que incluya medidas técnicas y programas de formación y sensibilización para abordar efectivamente el problema del ruido (Sánchez, 2014).

El ruido que se genera en los talleres de mecánica industrial es un problema relevante debido a la creciente preocupación por la salud y seguridad de los estudiantes y el impacto ambiental. En este análisis se examinó el estado del arte en cuanto a la investigación y el desarrollo de soluciones para reducir el ruido en talleres.

La literatura ha demostrado que el ruido en el entorno de trabajo puede causar problemas de salud, incluyendo daño auditivo, estrés, fatiga y dificultades para concentrarse (Chalén, 2018). Estimar que el ruido también puede afectar la productividad y la eficiencia en el trabajo (Banbury & Berry, 2005). En el entorno de aprendizaje puede interferir en la capacidad de los estudiantes para escuchar y comprender las lecciones (Smith & Jones, 2003). Además, el ruido también puede causar estrés, fatiga y dificultades para concentrarse (Smith & Jones, 2002).

Para abordar este problema, se han desarrollado diferentes medidas y estrategias para reducir el ruido en talleres. Por ejemplo, se han utilizado materiales aislantes acústicos y tecnologías de reducción de ruido en máquinas y equipos (Banbury & Berry, 2005). También se han implementado programas de formación y sensibilización para concienciar a los trabajadores sobre la importancia de proteger su audición y trabajar de manera segura (Banbury & Berry, 2004). Al igual que se han utilizado materiales aislantes acústicos y tecnologías de reducción de ruido en la construcción de aulas, (Smith & Jones, 2002). La implementación de programas de formación y sensibilización para concienciar a los estudiantes y profesores sobre la importancia de mantener un ambiente de aprendizaje tranquilo y seguro (Smith & Jones, 2003).

Sin embargo, la investigación ha demostrado que la implementación de estas medidas a menudo es insuficiente para abordar el problema del ruido en su totalidad (Banbury & Berry, 2005). Es necesario seguir investigando y desarrollando soluciones innovadoras para reducir el ruido en talleres y proteger la salud y seguridad de los estudiantes. Según (Smith & Jones, 2003) para soluciones innovadoras de reducción de ruido en las aulas de clase y mejorar la calidad del entorno de aprendizaje deben existir constantes investigaciones. El ruido en las aulas de clase es un problema recurrente que puede afectar negativamente en el rendimiento académico y en su salud. En este análisis se examinará el estado del arte en cuanto a la investigación y el desarrollo de soluciones para reducir el ruido en las aulas de clase (Paredes, 2020).

El ruido en talleres y aulas de clase es un problema importante que requiere una atención continua y la investigación y el desarrollo de soluciones eficaces (Chalen, 2018). Se necesita un enfoque integral que incluya medidas técnicas y programas de formación y sensibilización para abordar efectivamente el problema del ruido en el entorno de trabajo y aprendizaje. El ruido en talleres es un problema importante que requiere una atención continua, la investigación y el desarrollo de soluciones eficaces. Se necesita un enfoque integral que incluya medidas técnicas y programas de formación y sensibilización para abordar efectivamente el problema del ruido en el entorno de trabajo.

Fundamentación teórica

El ruido en las aulas de clase es un problema importante que requiere una atención continua, una investigación y el desarrollo de soluciones eficaces. Se necesita una visión global que incluya medidas técnicas y programas de formación y sensibilización para abordar efectivamente el problema del ruido en el entorno de aprendizaje (Herrera, Nieto, 2019).

La evaluación del ruido en aulas es un proceso importante para garantizar un ambiente adecuado para el aprendizaje y la concentración. Acorde con el Centro Nacional para la Investigación y Prevención de Lesiones. (2018) en su Guía para la evaluación de ruido en espacios educativos recomienda estos pasos:

1. Identificación del problema: es importante determinar la fuente y la magnitud del ruido en el aula.
2. Seleccionar un medidor de ruido: existen varios medidores de ruido disponibles en el mercado, es importante seleccionar uno que cumpla con los requisitos necesarios para la evaluación.
3. Calibración del medidor: antes de comenzar la evaluación, es necesario calibrar el medidor de ruido para garantizar la precisión de los resultados.
4. Realizar la evaluación: se tomarán medidas de ruido en varios puntos del aula durante diferentes momentos del día y en diferentes situaciones, como clases, pausas, y actividades extracurriculares.
5. Análisis de los resultados: una vez recogidas las medidas de ruido, se debe analizar los resultados y compararlos con los niveles de ruido recomendados para ambientes educativos.
6. Tomar medidas correctivas: se identifica un nivel de ruido excesivo, es necesario tomar medidas para corregirlo, como la instalación de materiales insonorizantes, la reorganización del mobiliario, o la sensibilización a los estudiantes y profesores sobre el problema.

Es importante tener en cuenta que la evaluación del ruido en aulas se realizó por profesionales capacitados y que los resultados deben ser registrados y documentados de acuerdo con las normas y estándares aplicables.

Para evaluar el ruido en las aulas y talleres estudiantiles, se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

1. Uso de un sonómetro: El sonómetro es una herramienta que mide los niveles de ruido y es crucial utilizar uno calibrado para obtener mediciones precisas.
2. Normas de medición: Se respetarán las normas establecidas por la Organización Internacional de Normalización (ISO) para medir el ruido ambiental, incluyendo una medición en tres lugares distintos dentro del aula o taller.
3. Selección del momento de medición: Se recomienda elegir un momento en que se simula una clase o taller para conseguir una medición realista del ruido ambiental.
4. Consideración de las fuentes de ruido: Es importante identificar y tener en cuenta todas las fuentes de ruido, internas y externas, que puedan influir en la medición.
5. Análisis de los resultados: Después de realizar las mediciones, es necesario evaluar los resultados y compararlos con los límites de ruido recomendados para aulas y talleres.

La norma ISO 140-6 es una norma internacional para la medición y evaluación del ruido ambiental. Esta norma incluye específicamente un método para la medición del ruido en aulas y talleres de clase. Establece los siguientes criterios para la medición del ruido en aulas y talleres de clase:

- Ubicación: El micrófono para la medición del ruido debe ser colocado en un lugar que represente el ambiente del aula o taller de clase. Según la norma ISO 140-6 para la medición del ruido ambiental, es recomendable medir los niveles de ruido en tres puntos diferentes dentro de un aula. Estos tres puntos deben ser seleccionados para representar diferentes zonas del aula, como, por ejemplo, la zona del profesorado, la zona de los estudiantes y un punto intermedio. La idea es obtener una medición precisa de los niveles de ruido en diferentes áreas del aula para tener una visión completa del ambiente acústico.

- Duración de la medición: La duración de la medición debe ser de al menos 15 minutos, y se recomienda realizar múltiples mediciones en diferentes horas del día.
- Tipo de micrófono: Se recomienda utilizar un micrófono omnidireccional para la medición del ruido en aulas y talleres de clase.
- Tipo de medida: La norma ISO 140-6 recomienda utilizar el nivel de presión sonora equivalente A (LAeq) para la medición del ruido en aulas y talleres de clase.
- Valores límite: La norma ISO 140-6 establece un valor límite de 35 decibelios (dB) para el nivel de presión sonora equivalente en aulas y talleres de clase.

De acuerdo a la norma ISO 140-6:2003, se establecen los niveles máximos permisibles de ruido ambiental para diferentes usos. Estos niveles son expresados en decibeles (dB) y se miden con un instrumento llamado medidor de nivel de sonido. Aquí hay algunos ejemplos de niveles máximos permisibles para diferentes usos:

- Para residencias: 35 dB
- Para oficinas: 40 dB
- Para hospitales: 30 dB
- Para escuelas: 35 dB

Esta norma proporciona un marco para medir y evaluar los niveles de ruido en el lugar de trabajo y determinar si estos niveles son seguros para la salud y la seguridad de los trabajadores.

La NTP 270 270 es una norma técnica española que tiene El objetivo de proteger la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos al ruido en el entorno laboral que establece los procedimientos para la medición y evaluación del ruido en el entorno laboral, incluyendo la identificación de las fuentes de ruido, la selección de los puntos de medición, la duración y la frecuencia de las mediciones y la interpretación de los resultados. La norma también proporciona directrices para el diseño de programas de control de ruido, incluyendo la identificación de las fuentes de ruido y la evaluación de las medidas de control efectivas, es importante que los empleadores evalúen y controlen los niveles de ruido en sus lugares de trabajo para garantizar que los trabajadores no estén expuestos a niveles perjudiciales para su salud.

El límite de exposición a ruido para una persona depende de diversos factores, incluyendo la intensidad del ruido, la duración de la exposición y la frecuencia de la exposición por lo tanto las diferentes organizaciones han establecidos sus estándares y rangos permisibles acorde a su legislación:

- La Organización Internacional del Trabajo (OIT) recomienda un límite de 85 dB para una exposición diaria de 8 horas
- La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Europea han establecido unos límites recomendados para la exposición a ruido en el entorno laboral de 85 decibeles (dB) como promedio ponderado en 8 horas de trabajo. Para los ruidos de frecuencias elevadas, como los ruidos de impacto, se recomienda un límite aún más bajo, de 140 dB.
- En la Unión Europea, la Directiva Europea para la Protección de los Trabajadores contra los Riesgos Relacionados con la Exposición al Ruido (2003/10/CE) establece un límite de exposición a ruido de 87 dB como promedio ponderado en 8 horas de trabajo. Para los ruidos de impacto, se establece un límite de 140 dB.

- La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) establece un límite de exposición a ruido de 90 decibeles (dB) durante un máximo de 8 horas de exposición continua. Además, recomienda una reducción de 3 dB por cada doble de tiempo de exposición a niveles de ruido por encima de 90 dB.
- El Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (OSHA, por sus siglas en inglés) establece un límite de exposición a ruido de 90 dB durante un máximo de 8 horas de exposición continua, con un límite máximo de 115 dB para la exposición a ruido de impacto. Es importante tener en cuenta que los niveles de ruido que superan estos límites pueden afectar la salud.

El ruido por sí mismo es desagradable para cualquier actividad que el trabajador realice; es por eso que es necesaria su evaluación y control temprano. Muchos criterios coinciden en que se debe cuidar la salud auditiva y conocer los terribles efectos del ruido. La Organización Mundial de la Salud (2021) advierte que, según las previsiones, una de cada cuatro personas presentará problemas auditivos en 2050.

El Decreto Ejecutivo 2393 (IESS, 1986) fija como límite máximo de presión sonora 85 decibeles en 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. A continuación, se describen los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro A en posición lenta y el tiempo de exposición por jornada/hora.

Tabla 1. Niveles sonoros y tiempo de exposición.

dB	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8 horas
90	4 horas
95	2 horas
100	1 hora
110	15 minutos
115	7,5 minutos

Fuente: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Artículo 55

Materiales y métodos

Después del análisis del marco conceptual, teórico y normativa aplicable se ha establecido una metodología para el análisis de los niveles de ruido presentados en talleres de la carrera de mecánica industrial y aplicables para casos similares en otras instituciones de educación se ha establecido mediante el siguiente proceso esquematizado en la figura siguiente:

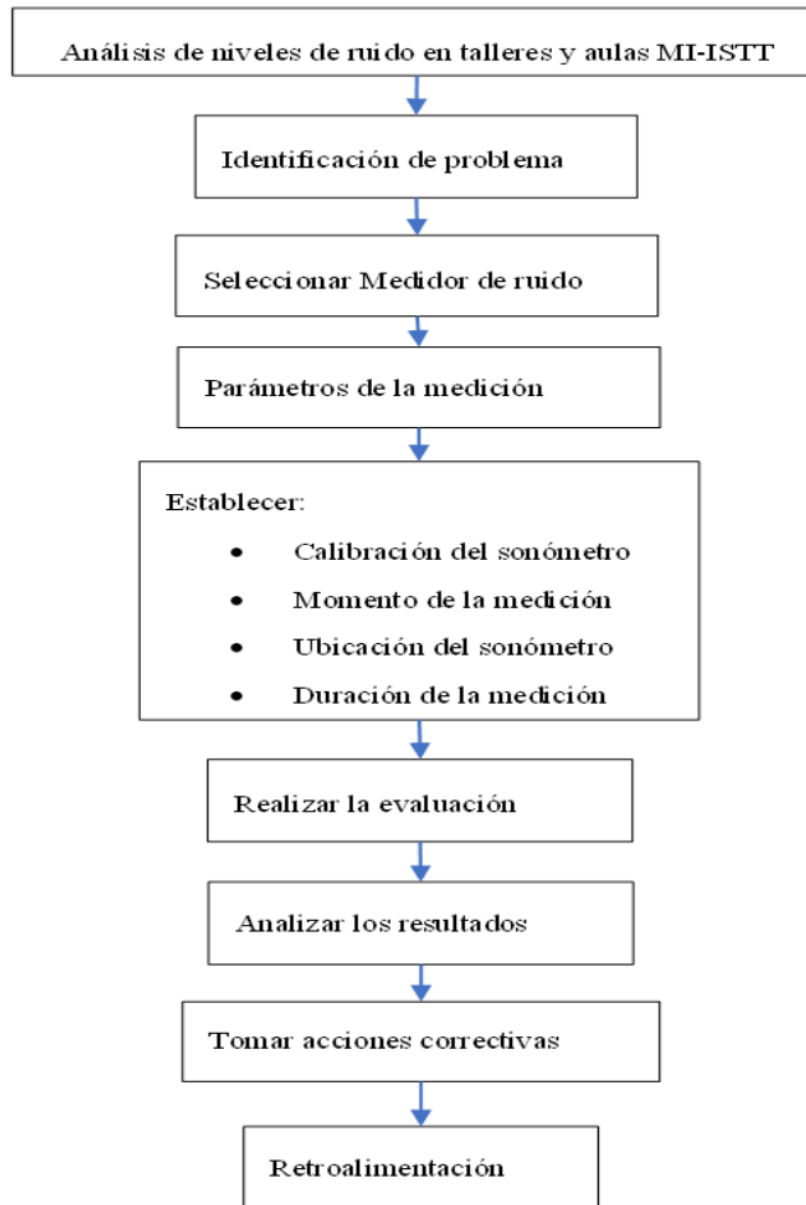


Figura 1. Esquema de la metodología para análisis de ruido en los talleres MI-ISTT.

Fuente: Autores.

Según el tipo de actividad, horario y desarrollo de las actividades se escoge el ambiente, área o población en la cual los ruidos no deseados perjudican la salud y bienestar con consecuencias para las personas expuestas. Se desarrolló una metodología para evaluación de los ruidos mediante pasos que son los siguientes>

1. Identificación del problema
2. Selección del equipo medidor de ruido

3. Aplicación de los parámetros de la medición de ruido
4. Del equipo se establecieron:
 - 4.1. Calibración del sonómetro
 - 4.2. Momento de la medición
 - 4.3. Ubicación del sonómetro
 - 4.4. Duración de la medición
5. Evaluación de los resultados
6. Análisis de los resultados
7. Propuestas de acciones correctivas
8. Retroalimentación

Materiales

Computadora ACER ® con Sistema Operativo Windows. El sistema operativo Windows en este caso es compatible con el Software del fabricante, mismo que se instala siguiendo sencillas instrucciones. El programa de uso del sonómetro HY1361 permite una mayor funcionalidad del dispositivo al conectarlo a una computadora ACER® con sistema operativo Windows, En donde el usuario puede visualizar, analizar y almacenar los datos de las mediciones de sonido en tiempo real, cuenta con herramientas avanzadas de análisis de datos. La conexión entre el sonómetro y la computadora se realiza mediante un cable USB que viene incluido con el dispositivo.

Equipo para medición del ruido HY1361 ® (Digital Sound Level Meter). El sonómetro HY1361 es un dispositivo de medición de nivel de sonido utilizado para medir la intensidad del sonido en decibelios (dB) en una variedad de entornos, incluyendo en la industria, la construcción, la música, la ingeniería de audio, la acústica, la medicina y la investigación científica.

El HY1361 tiene una pantalla LCD retroiluminada que muestra los resultados de la medición en tiempo real, así como una función de almacenamiento de datos que permite al usuario registrar los resultados de la medición para su posterior análisis. El rango de medición del sonómetro es de 30 a 130 dB con una precisión de +/- 1.5 dB y una resolución de 0.1 dB. También cuenta con funciones adicionales como un modo de medición de valores máximos y mínimos, una función de alarma que se activa cuando se supera un nivel de sonido preestablecido, y un indicador de batería baja. El dispositivo cuenta con una interfaz USB que permite la transferencia de datos a una computadora para su análisis y procesamiento posterior y con el software del sonómetro HY1361 con herramientas de análisis avanzado que permiten visualizar los resultados de las mediciones en gráficas y realizar comparaciones de datos en diferentes momentos y lugares.

Ambientes de medición

Los ambientes de medición fueron los talleres y laboratorios que efectúan la fase práctica dentro de la carrera de mecánica industrial, este análisis es fundamental para garantizar la seguridad y salud de docentes y estudiantes. El uso de sonómetros como el HY1361 accediendo a una evaluación precisa de los niveles de ruido, lo que permite tomar medidas preventivas para mitigar el ruido y evitar posibles daños a la salud.

Mediante la evaluación del ruido se establece un control de calidad acústica, lo que contribuye a un ambiente de trabajo más saludable y seguro.

1. Identificación de problema

Con el propósito de la investigación se escogió el taller de máquinas herramientas, acorde a los siguientes parámetros:

- Área: 342,4 m²
- Máquinas: 8 tornos paralelos
 - 6 fresadoras (4 horizontales y 2 verticales)
 - 1 tronzadora
 - 2 taladros de pedestal
 - 1 esmeril
 - 1 sierra de vaivén
 - 1 afiladora de cuchillas
- Capacidad: 30 estudiantes

En el taller de máquinas herramientas realizan actividades prácticas de torneado y fresado con arranque de viruta para que el estudiante ejecute las destrezas y habilidades en el manejo de máquinas herramientas convencionales. En el proceso de torneado se realizan actividades de cilindrado, refrentado, tronzado, ranurado, roscas internas, roscas externas, taladrado, mandrinado, escariado y moleteado, el cual se ejecuta mediante la rotación del material y la cuchilla realiza el corte respectivo para la obtención del modelo deseado. En el proceso de fresado el material permanece fijo ejecutando el desbaste del material por su herramienta quien requiere de una alta velocidad de rotación para obtener un acabado limpio y que se elaboren piezas de precisión en diferentes tamaños y formas como refrentados, planicidad, engranajes rectos, cónicos dependiendo del número de vueltas que se ejecute en el cabezal divisor.

2. Selección del equipo medidor de ruido

La selección del medidor de ruido cuenta varios parámetros, entre ellos:

Rango de medición: Se aseguró que el medidor de ruido tenga un rango de medición adecuado para la aplicación específica. En el rango se estableció entre 30 a 130 decibelios (dB).

Exactitud: Se garantizó mediciones precisas en un rango de $\pm 1,5$ dB

Frecuencia de ponderación: La frecuencia de ponderación es importante ya que permitió ajustar el medidor de ruido para que refleje la sensibilidad del oído humano a diferentes frecuencias. Los dos tipos principales de ponderación de frecuencia son A y C, donde A es ruido leve o moderado y C es ruido de impacto.

Tiempo de respuesta: es el tiempo que tarda el medidor de ruido en responder a los cambios en el nivel de ruido. Por tanto, se seleccionó un tiempo de respuesta adecuado rápido (125 milisegundos) y lento (1 segundo).

Calibración: Se aseguró que el medidor de ruido esté calibrado adecuadamente con un calibrador acústico externo de 94 dB para garantizar mediciones precisas y confiables.

Funciones adicionales: Algunos medidores de ruido tienen funciones adicionales, como la capacidad de medir la velocidad del viento o la temperatura, que pueden ser útiles en ciertas aplicaciones. El sonómetro cuenta con una función de retención de datos y una función de apagado automático para ahorrar energía.

Tamaño y portabilidad: Se consideró el tamaño y la portabilidad del medidor de ruido con un tamaño de aproximadamente 23 x 7 x 3,5 cm y un peso de alrededor de 230 gramos, especialmente si se necesitan mediciones en diferentes ubicaciones o en áreas de difícil acceso.

En esta metodología se utilizó el sonómetro HY1361 debido a que las características descritas en la sección de materiales son adecuadas para los fines de este estudio, a continuación, se encuentra la imagen del dispositivo.



Figura 2. Sonómetro HY1361.

Fuente: Autores

3. Aplicación de los parámetros de la medición del ruido.

Se estableció el sonómetro por medio de sus funciones o a su vez se las SETEAN desde el software recomendado por el fabricante y acorde a la normativa y lugar a realizar las mediciones:

Rango de frecuencia: Se seleccionó un rango de frecuencia adecuado para cubrir el área en el taller.

Nivel de presión sonora: Se midió el nivel de presión sonora continuo equivalente (LAeq) y los niveles de pico (LAFmax) en los puntos de trabajo.

Frecuencia de ponderación: Se utilizó la ponderación de frecuencia A (dBA) ya que es la más comúnmente utilizada en la evaluación de la exposición al ruido en el lugar de trabajo en este caso taller de prácticas de máquinas y herramientas.

Tiempo de respuesta: Se utilizó el tiempo de respuesta lento (slow) de 125 ms para medir niveles de presión sonora continuos, y el tiempo de respuesta rápido (fast) de 1 segundo para medir niveles de pico.

2. Del equipo se establecieron:

Calibración del sonómetro: El sonómetro se calibró antes de cada medición para garantizar mediciones precisas y confiables.

Momento de la medición: Las mediciones de ruido se realizaron en el taller de máquinas herramientas y dependió de varios factores, como por ejemplo la intensidad de la actividad que se realizaba en el taller, la duración de la actividad y el horario de trabajo. Para obtener una medición precisa, se recomienda realizar la medición durante el horario de trabajo normal y en condiciones de carga máxima, es decir, cuando se estén utilizando todas las máquinas del taller al mismo tiempo. También es importante asegurarse de que el taller esté en un estado operativo normal y que no haya factores externos que puedan afectar la medición, como por ejemplo ruidos provenientes de obras cercanas o tráfico vehicular intenso. (García, 2019)

En cualquier caso, es importante seguir las recomendaciones del fabricante del sonómetro y las normativas aplicables para obtener mediciones precisas y confiables. Además de realizar mediciones periódicas para evaluar la evolución del nivel de ruido en el taller y tomar medidas preventivas en caso de ser necesario.

Ubicación del sonómetro: Las mediciones fueron tomadas en la posición del oído del estudiante a una distancia de 1 metro de la fuente de ruido en el taller y para el aula se establecieron tres puntos de medición.

Duración de la medición: Las mediciones se establecieron durante toda la jornada del estudiantado obteniendo una evaluación precisa de la exposición al ruido.

3. Evaluación de los resultados

La toma de mediciones sonoras se obtuvo en el taller de máquinas herramientas durante la ejecución de las prácticas para verificar si se encuentran dentro de los rangos permisibles del IESS 2393, apoyados en el equipo para medición del ruido HY1361 (Digital Sound Level Meter).

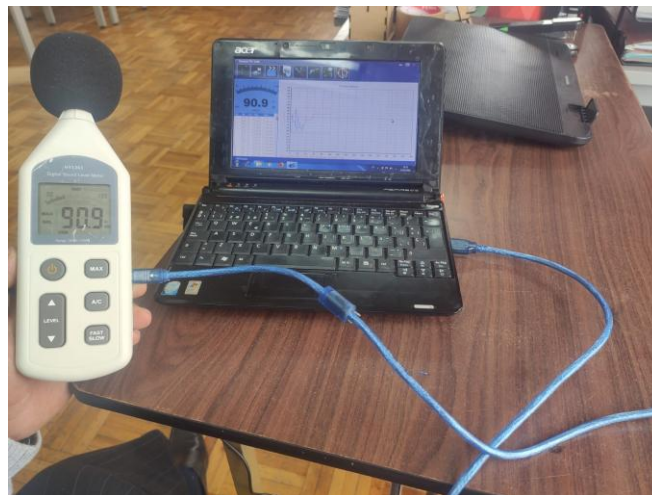


Figura 3. Sonómetro HY1361 con software.

Fuente: Autores

Mediante el software de medición denominado Sound PC LINK comunicado por el cable USB se conectó con el equipo de medición sonora HY1361 (Digital Sound Level Meter), el cual permitió obtener una gama de diferentes tomas de muestras y a la vez generar la curva de las obtenciones de medidas. Para almacenar las diferentes mediciones sonoras se recomienda utilizar una computadora con Sistema Operativo Windows 7 compatible con el software.

El software permitió establecer los parámetros mínimos y máximos para toma de muestras, generación de curvas, grabación de datos que se pudieron verificar los niveles ruido al que están expuesto tanto docentes como estudiantes en la ejecución de prácticas de taller, los mismos que pueden ser perjudiciales para su salud en base a las condiciones de trabajo, número de estudiantes y actividades repetitivas.

4. Análisis de los resultados

Los datos fueron analizados determinando los niveles de exposición al ruido de los estudiantes y docentes para evaluar si se encuentran dentro de los límites de exposición permisibles establecidos por las normativas nacionales e internacionales.

Para el análisis de los resultados se recurrió por medio de Excel ® o se puede usar cualquier software de similares características. Sin embargo, usualmente los sonómetros tienen incluido programas de visualización y análisis de datos en tiempo real.

Según (Fisa & Mendaza 1989) la NTP 270 el criterio de evaluación de la exposición laboral a ruido se basa en el cálculo del **nivel de exposición diario equivalente (L_{Aeq,d})** y su comparación con los valores de exposición que dan lugar a una acción y con el valor límite, establecidos en el artículo 5 del *Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. (NTP 207, 2008)*. Para la comparación con los valores límite, se tiene en cuenta la atenuación proporcionada por los protectores auditivos individuales, no así para la comparación con los valores de exposición que dan lugar a una acción (García, 2021).

Los valores establecidos por el citado Real Decreto, se representan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Valores de exposición sonora para trabajos continuos en dB(A)

Valor límite de exposición	L _{Aeq,d} = 87 dB(A)
Valor superior de exposición que da lugar a acción	L _{Aeq,d} = 85 dB(A)
Valor inferior de exposición que da lugar a acción	L _{Aeq,d} = 80 dB(A)

Fuente: Copyright. ©INSST. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo España.

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

$$L_{Aeq, T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_i T_i \cdot 10^{0.1 L_{Aeq, Ti}} \right) \quad (1)$$

Siendo:

T: tiempo total del ciclo

i: número de subciclos

Ti: tiempo de cada subciclo

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

$$LA_{eq,d} = LA_{eq,T} + 10 \lg (T'/8) \quad (2)$$

Siendo:

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

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

Según (Tapia & Fernández 2004) la fuente emisora del ruido es toda actividad, proceso, operación que genera o pueda generar emisiones de ruido por puesto de trabajo.

5. Propuestas de acciones correctivas

Si el valor es menor a 79 dB, no se ha superado el valor inferior de exposición que da lugar a una acción, por lo que se encuentra muy próximo a los valores de referencia, tenga en cuenta que al considerar la incertidumbre global, el valor de LAeq,d podría sobrepasar dichos valores.

Si el valor es igual a 80 dB o mayor el resultado está muy próximo a los valores de referencia, tenga en cuenta que al considerar la incertidumbre global, el valor de LAeq,d, sobrepasará dichos valores por lo que se recomienda la utilización del equipo de protección personal para ejecutar las prácticas de taller.

Recomendaciones:

- Evaluación de la exposición laboral a ruido.
- Formación e información preventiva.
- Control médico de la función auditiva.
- Protección auditiva personal.
- Información de la emisión de ruido en compra de equipos.
- Registro y archivo de datos de evaluaciones, controles médicos y gestión.

6. Retroalimentación

El planteamiento de la metodología radicó en mejorar las condiciones de los talleres para minimizar el riesgo auditivo, se planteó el ciclo de Deming, también conocido como el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), es una herramienta muy útil para mejorar la calidad y la eficacia de cualquier proceso. (Deming, 2018), que se detalla a continuación:

Plan (Planificar): El problema es la presencia de ruido en las aulas y talleres, y el objetivo es desarrollar una metodología para medir y controlar el ruido de acuerdo con la normativa vigente en Ecuador. También se identificaron los recursos necesarios y las personas responsables de llevar a cabo el proyecto.

Do (Hacer): en esta fase, se llevó a cabo la implementación de la metodología desarrollada. En este caso, se formuló la metodología para aplicar en las aulas, se analizaron los resultados y se desarrolló una estrategia para reducir el ruido a niveles aceptables.

Check (Verificar): en esta etapa, se evaluó la eficacia de la metodología implementada. En este caso, se deben verificar las mediciones del ruido antes y después de la implementación de la metodología, y evaluar si los resultados cumplen con los objetivos de mitigar el ruido.

Act (Actuar): en esta fase, se tomó medidas para mejorar el proceso. Si los resultados no cumplen con los objetivos establecidos, se deben identificar las causas y tomar medidas correctivas para mejorar la metodología. Si los resultados son satisfactorios, se deben establecer medidas para mantener el proceso y asegurar su continuidad.

Resultados y discusión

Se determinó los niveles de exposición al ruido mediante la norma NTP 270, considerando igual al nivel de presión acústica continuo equivalente para ruido estable, ruido periódico y ruido aleatorio. En el ruido estable se determinó durante un período de tiempo determinado por jornada, las mediciones se registraron como mínimo 5 mediciones sonoras en un lapso de 15 minutos tratando de no perturbar la actividad práctica que realizaba el estudiante o docente, acorde al nivel equivalente del periodo T (L Aeq, T). (NTP 207, 2008)

Para el ruido periódico se ejecutó la medición en varios intervalos o períodos del tiempo de trabajo, en especial cuando la actividad práctica se encontró realizando una actividad constante en el cual se determinó los valores máximos y mínimos pertinentes.

La muestra concerniente al ruido aleatorio se obtuvo en el taller de máquinas herramientas, LAeq,d para un periodo semanal, en el cual se ingresan los datos de obtención que son:

Entrada de datos:

Valor de LAeq,d dB(A)

Para el primer análisis se tomaron en el taller de máquinas herramientas sin operatividad de equipos.

Máximo: 85 dB(A)

Mínimo: 80 dB(A)

Nivel de exposición semanal equivalente, LAeq,s:

LAeq,s: 79 dB(A)

No se ha superado el valor inferior de exposición que da lugar a una acción, por lo tanto, no es esencial la utilización del equipo de protección personal para su ejecución práctica.

Para el segundo análisis las mediciones se tomaron en el taller de máquinas herramientas con operatividad de equipos, con los siguientes valores:

Entrada de datos:

Valor de LAeq,d dB(A)

Máximo: 94 dB(A)

Mínimo: 90 dB(A)

Nivel de exposición semanal equivalente, LAeq,s:

LAeq,s: 88 dB(A)

Se superó el valor límite de exposición.

Se tuvo en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos.

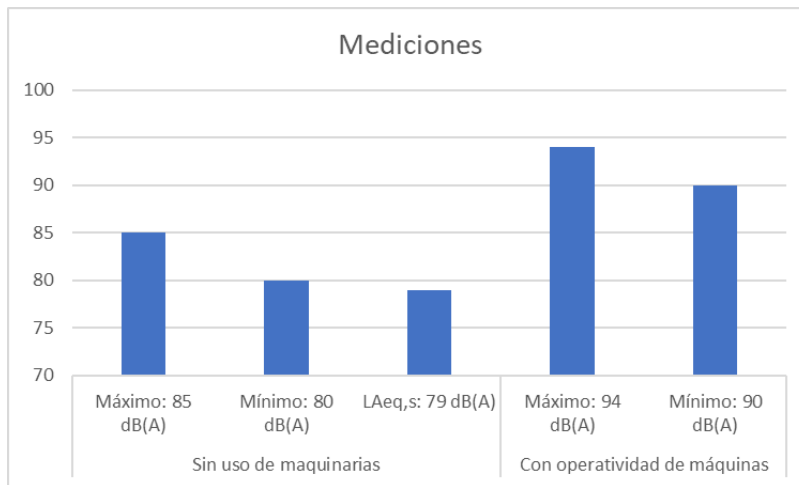


Figura 4. Mediciones tomadas a diferentes condiciones de trabajo de los talleres.

Fuente: Autores

Las mediciones de ruido realizadas en el taller de máquinas herramientas en dos situaciones diferentes: sin operatividad de equipos y con operatividad de equipos muestran resultados indicados en la figura 4., para el primer análisis, se obtuvo un nivel de exposición semanal equivalente de 79 dB(A), que no supera el valor inferior de exposición que requiere una acción, el valor de LAeq,d podría sobrepasar los valores de referencia. Para el segundo análisis, se obtuvo un nivel de exposición semanal equivalente de 88 dB(A), que está por encima del valor de referencia de 80 dB(A) y, por lo tanto, indica que se requiere una acción para reducir la exposición al ruido en ese entorno, como se muestra las recomendaciones en la tabla 3.

Tabla 3. Recomendaciones del proceso de evaluación sonora cuando supera los 80 dB para un ambiente de trabajo continuo.

Evaluación de la exposición laboral a ruido.	Inicial y si se cambian las condiciones de trabajo, o si los resultados de la vigilancia de la salud lo aconsejan, con una periodicidad mínima anual.
Formación e información preventiva.	Sí, sobre: evaluación de exposición y riesgos para la salud, uso de protección auditiva, medidas preventivas tomadas, los valores de exposición y resultados de vigilancia de salud.
Control médico de la función auditiva.	Inicial y adicionales. Mínimo cada 3 años.
Protección auditiva personal.	Uso obligatorio para los trabajadores expuestos.
Información de la emisión de ruido en compra de equipos.	Para la elección del equipo de trabajo adecuado que genere el menor nivel de ruido.
Consulta y participación.	La evaluación y las medidas destinadas a eliminar o reducir los riesgos derivados de la exposición al ruido y la elección de protectores auditivos individuales.
Registro y archivo de datos de evaluaciones, controles médicos y gestión.	Sí, de modo que puedan consultarse posteriormente respetando la confidencialidad de ciertos datos.
Señalización.	Obligatorio
Restricción de acceso.	Si es técnicamente posible
Programa de medidas técnicas u organizativas.	Medidas inmediatas para reducir la exposición. Determinar las razones de la sobreexposición. Corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar la reincidencia.

Fuente: Copyright. ©INSST. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo España.

Conclusiones

Es de vital importancia el escoger un equipo que cumpla con los parámetros para la medición de ruido ya que estos rangos establecen los niveles de ruido máximos y mínimos con una exactitud de resultados según la frecuencia de ponderación que asegure la sensibilidad a diferentes frecuencias en un tiempo de respuesta aceptado.

La calibración correcta del equipo garantizó mediciones precisas y confiables, al definir que, en los trabajos desarrollados en el taller, la ponderación de frecuencia fue escogida la A, debido a que no tuvimos presencia de ruidos de impacto.

En la actualidad nos encontramos con equipos que son pequeños pero muy versátiles, en este caso el equipo seleccionado por tamaño y portabilidad del instrumento de medida sonómetro HY1361 con rango de medición: de 30 a 130 decibelios (dB), es muy adecuado para realizar las mediciones en diferentes ubicaciones o áreas de difícil acceso. Con una exactitud de $\pm 1,5$ dB.

Es de vital importancia el escoger un equipo que cumpla con los parámetros para la medición de ruido ya que estos rangos establecen los niveles de ruido máximos y mínimos con una exactitud de resultados según la frecuencia de ponderación que asegure la sensibilidad a diferentes frecuencias en un tiempo de respuesta aceptado.

La calibración correcta del equipo garantizó mediciones precisas y confiables.

Al definir que en los trabajos desarrollados en el taller, la ponderación de frecuencia fue escogida la A, debido a que no tuvimos presencia de ruidos de impacto.

En la actualidad nos encontramos con equipos que son pequeños pero muy versátiles, en este caso el equipo El tamaño y portabilidad del instrumento de medida sonómetro HY1361 con rango de medición: de 30 a 130 decibelios (dB), es muy adecuado para realizar las mediciones.

El enfoque de esta investigación ha sido el desarrollar una metodología que sea fácilmente replicable, de manera que otros institutos y centros de educación tecnológica puedan beneficiarse de nuestro trabajo y llevar a cabo sus propias investigaciones con base en esta metodología. La implementación de esta metodología permitirá a las instituciones educativas de tercer nivel de Ecuador mejorar la calidad de ambientes en cuanto al manejo, mitigación y control del ruido para sus procesos de enseñanza y asegurar que sus aulas y talleres cumplan con los estándares necesarios.

Se deben evaluar periódicamente los puestos de trabajo en donde al tener una ocupación mínima de 8 horas/días de la maquinaria puede generar variación en las mediciones sonoras y alterar los sistemas de protección auditiva, o en varios casos el personal que labora no ocupa el equipo de protección personal por eso es un déficit para la ejecución de la actividad recomendando un control trimestral de la utilización de los equipos de protección personal y del mantenimiento preventivo de los equipos.

Se identificó que varios puestos de trabajo en el taller de máquinas herramientas superan los 80 dB por lo que se recomienda utilizar los equipos de protección personal para la ejecución de prácticas de taller, además se sugiere realizar un control médico periódico al sistema auditivo.

Agradecimientos

Este trabajo que ha sido un compendio de conocimientos que se han podido plasmar gracias a la colaboración de los compañeros docentes, a las autoridades en turno, al igual que al Instituto Superior Tecnológico Tungurahua por incentivar al desarrollo de la investigación que se ha culminado éxitos y satisfacción para establecer una metodología para el análisis del ruido en aulas y talleres, con la visión a un futuro corto se pueda replicar institucionalmente y a nivel general en el ámbito educativo el cual permitirá seguir avanzando y realizando investigaciones de mayor calidad en el futuro..

Un agradecimiento a nuestras familias quienes han comprendido y apoyado que cada uno de los retos que nos hemos impuesto y han sido parte del sacrificio de tiempo de hogar.

Una vez más, se expresa nuestro más profundo agradecimiento al Instituto Superior Tecnológico Tungurahua por el apoyo brindado en esta investigación, el cual permitirá seguir avanzando y realizando investigaciones de mayor calidad en el futuro.

Referencias

- Banbury, S. P., & Berry, D. C. (2004). Disruption of office-related tasks by speech and office noise. *Environment and Behavior*, 36(2), 182-196. doi: 10.1177/0013916503258832
- Banbury, S. P., & Berry, D. C. (2005). Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements. *Ergonomics*, 48(1), 25-37. doi: 10.1080/00140130412331312950
- Centro Nacional para la Investigación y Prevención de Lesiones. (2018). Guía para la evaluación de ruido en espacios educativos. Recuperado de https://www.cdc.gov/nceh/hearing_loss/what_noises_cause_hearing_loss.html
- Chalén, C. X. (2018). Manual de Procedimiento para la Prevención y Control de Riesgos Laborales basado en la Resolución CD 513 (Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química).
- Deming, W. Edwards. (2018). The W. Edwards Deming Institute. Deming's System of Profound Knowledge® (SoPK®) and the 14 Points for Management. Recuperado el 4 de Abril de 2023, de <https://deming.org/explore/sopk/> y <https://deming.org/management-system/fourteen-points/>
- Fisa, A. G., & Mendaza, P. L. (1989). NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos. *Inst. Nac. Segur. e Hig. en el Trab.*, 1-11.
- García, J. (2019). Recomendaciones para la medición de niveles de ruido en talleres de máquinas herramientas. *Revista de Ingeniería Industrial*, 15(2), 45-53.
- García, J. (2021). Evaluación de la exposición al ruido en estudiantes y docentes: análisis de datos y cumplimiento de normativas. *Revista de Salud Ocupacional*, 35(2), 45-57. doi: 10.17054/rsot.35.2.453-457
- Herrera, L., & Nieto, C. (2019). Ruido en las aulas de clases: un problema actual. *Revista Médica De La Universidad Industrial De Santander*, 51(2), 187-194. <https://doi.org/10.18273/revmed.v51n2-2019003>
- IESS, I. (1986). Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Quito, Pichincha, Ecuador: Suplemento del Registro Oficial No.
- NTP Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2008). NTP 270: Ruido: Medición y evaluación de la exposición de los trabajadores.
- OMS Organización Mundial de la Salud (2021). Comunicado de prensa Ginebra. Recuperado de <https://www.who.int/es/news/item/02-03-2021-who-1-in-4-people-projected-to-have-hearing-problems-by-2050>

- Paredes, M. F., & Torres, L. P. (2020). Evaluación y control de ruido en aulas de educación primaria. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 611-626.
- Sánchez, Y. G., & Díaz, Y. F. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares. *Revista cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 402-410.
- Sierra, C. A. S., Medina, V. P., & Calderón, D. S. (2017). Ruido industrial como riesgo laboral en el sector metalmeccánico. *Ciencia y Salud virtual*, 9(1), 31-41.
- Smith, A. & Jones, B. (2002). Reducing noise in the classroom: Acoustic treatments and noise reduction technologies. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 224-237. doi: 10.1037/0022-0663.94.2.224
- Smith, A. & Jones, B. (2003). The impact of noise on academic performance: A review of research. *Educational Psychology*, 23(2), 215-227. doi: 10.1080/01443410303212
- Tapia, R., Rojas, J. L. B., & Fernández, A. Y. (2004). Metodología de evaluación de la dosis diaria de exposición a ruido. Trabajo de titulación (Licenciado en Acústica y al Título de Ingeniero Acústico).