Evaluación de los niveles de exposición de ruido en aulas de aprendizaje virtual

AUTORES: Ximena Carolina Acaro Chacón[1]
Maria Fernanda Molina Miranda[2]
Miguel Giovanny Molina Villacís[3]

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: ximena.acaroc@ug.edu.ec

Fecha de recepción: 2021-05-28

Fecha de aceptación: 2021-11-16

RESUMEN

Hoy en día la exposición al ruido es cada vez mayor en casi todos los ambientes. Una audición segura depende de 3 factores: intensidad, duración (espacio de tiempo) y frecuencia de la exposición. El objetivo de la investigación es analizar los niveles de variación de presión sonora en las aulas de aprendizaje virtual dadas por docentes de la Universidad de Guayaquil. El software utilizado para el análisis de los datos es Matlab aplicando el algoritmo FFT que nos permite obtener el promedio de decibelios que existen en un aula virtual de aprendizaje. Los resultados muestran el comportamiento de las señales de audio que se ejecutan en tiempo real.

PALABRAS CLAVE: ruido; decibelios; clases virtuales; nivel de presión sonora.

Evaluation of noise exposure levels in virtual learning classrooms

ABSTRACT

Today, exposure to noise is increasing in almost all environments. Safe hearing depends on 3 factors: intensity, duration (length of time) and frequency of exposure. The objective of the research is to analyze the levels of sound pressure variation in virtual learning classrooms given by 3 teachers from the University of Guayaquil. The software used for data analysis is Matlab applying the FFT algorithm that allows us to obtain the average decibels that exist in a virtual learning classroom. The results show the behavior of the audio signals that are executed in real time.

KEYWORDS: Noise; decibels; virtual classrooms; sound pressure.

[1] Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Máster Universitario en Ingeniería Electrónica, Docente tiempo completo, Investigador, Gestor de Investigación, Carrera de Tecnologías de la Información, Facultad de Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador, E-mail: ximena.acaroc@ug.edu.ec
[2] Ingeniera en Telemática, Máster Universitario en Ingeniería de redes y servicios Telemáticos, Docente tiempo completo, Investigador, Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador. E-mail: maria.molinam@ug.edu.ec
[3] Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Máster Universitario en Telecomunicaciones, Máster Universitario en Administración de Empresas, Docente tiempo completo, Investigador, Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil, Guayas, Ecuador, E-mail: miguel.molinav@ug.edu.ec

© Centro de Investigación y Desarrollo. Universidad Regional Autónoma de Los Andes - Extensión Santo Domingo. Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que más del 5% de la población mundial, aproximadamente 466 millones de personas padece pérdida de audición discapacitante (432 millones de adultos y 34 millones de niños). Se estima que de aquí al 2050 más de 900 millones de personas -una de cada diez- padecerá pérdida de audición. La mayoría de las personas con pérdida de audición discapacitante vive en países de ingresos bajos y medianos. Entre unas de las causas adquiridas que provocan la pérdida de audición a cualquier edad están: la exposición al ruido excesivo, por ejemplo, en entornos laborales en los que se trabaja con maquinaria ruidosa o se producen explosiones y la exposición a sonidos muy elevados durante actividades recreativas, como el uso de aparatos de audio personales a un volumen elevado durante períodos prolongados de tiempo, o en bares, discotecas, conciertos y acontecimientos deportivos. (Salud, 2020) (Ganime & Valenzuela Sauzo, 2010)

El ruido ha sido un problema ambiental para el ser humano, desde la antigüedad hasta la actualidad. Sin embargo, el ruido del pasado no se compara con los de la sociedad actual. El aumento de la población lleva al incremento de autos que transitan a día rio en una ciudad, el número de industria s, maquinaria, aeronaves, trenes (R. S. López,2016). Se estima que el 70% de las emisiones sonoras provienen de los factores mencionados. Lo que convierte al ruido en uno de los contaminantes más molestos de la sociedad actual y repercute en la población ocasionando daños en el oído humano (U. Platzer M,2007), llegando afectar el estado psicológico y por ende en la calidad de vida.

Por lo general, la banda de frecuencia audible es de 20 Hz a 20.000 Hz (B. Berglund). La unidad de medida del sonido es el decibel (dB) y el instrumento que se utiliza para medir el ruido es el sonómetro. El indicador más fácil para medir el ruido ambiental es el nivel de presión sonora (NPS) expresado en dB y corregido por el filtro de ponderación (A), que permite que el sonómetro perciba las frecuencias (Hz) de manera similar a como los escucha el oído humano (NPS dB(A)) (G. Martelli,1998). Se sabe que el daño acústico es proporcional tanto a la intensidad del sonido como al tiempo de exposición, es por ello que la norma chilena establece como un período máximo de exposición laboral de 8 horas a 85dB (A), 4 horas a 90 dB (A) o 2 horas a 95 dB (A). (Chile, 2020)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sugerido un valor de ruido de 55dB(A) como límite superior deseable al aire libre. Se sugieren valores adicionales para ambientes específicos (Tabla1) (B. Berglund). A través de las Normas ISO2 (International Organization for Standardization) (Standardization, 2020), organismo que emite normas internacionales luego del trabajo de varios comités técnicos y votación de sus miembros, se ha sugerido que niveles de ruido inferiores a 70dB(A) durante las 24 horas del día, no produciría deficiencias auditivas. Para los ruidos imprevistos se propone que el nivel de presión sonora (NPS) nunca debe exceder los 140 dB para adultos y 120 dB para niños (E. Norma, 2003).

Tabla 1. Niveles de ruido sugeridos por la OMS

Ambientes	dB (A)	Tiempo(h)
Viviendas	50	8
Escuelas	35	8
Discotecas	90	4
Conciertos, Festivales	100	4
Comercio y Tráfico	70	4

Fuente: OMS(Organización Mundial de la Salud) (Usbeth Platzer M, 2007)

Actualmente, en Ecuador están definidos los límites permisibles de niveles de ruido ambiente (ECUADOR, 2020) pero no se ha definido una metodología específica para evaluar la exposición al ruido en ambientes de aprendizaje para establecer medidas de prevención y control al respecto. Diferentes investigaciones alrededor del mundo han demostrado que la contaminación acústica afecta al aprendizaje en los diferentes niveles de educación (Clark,2010) (Dockrell,2003) (Smaldino, 2000), generando déficit en el rendimiento tanto de profesores y de estudiantes. (Faustino Moreno Ceja, 2015)

La presente investigación fue desarrollada durante 2 periodos académicos en la Universidad de Guayaquil, donde se pretende mostrar y analizar los niveles de presión sonora promedio durante una jornada de clase, conociendo que un estudiante debe estar de 4 a 6 horas diarias en aulas de aprendizaje virtual.

DESARROLLO

Si se refiere a contaminación acústica hay que tener en cuenta qué es lo que se va a medir y para ello existen sonómetros específicos que permiten hacer las mediciones de ruido siempre y cuando se realizan de manera presencial. En el ámbito virtual o de aprendizaje en línea, las diferentes herramientas tecnológicas permiten realizar videoconferencias y cuentan con características que tienen como objetivo mejorar la comunicación y organización en el aprendizaje online. Una de ellas es la posibilidad de activar la función de 'levantar la mano' durante las reuniones. En ocasiones se produce desorden y se elevan los niveles sonoros en el aula virtual, ocasionando malestar para el docente y participantes dentro del aula virtual. Las situaciones conflictivas entre tutor y alumnos, o entre alumnos, ingresos de terceros al aula, y en muchos casos al momento que el estudiante desea emitir comentarios o aporte dentro de la sesión de clase, debido a su entorno (hogar) aumentan los niveles de presión sonara ocasionando frecuentemente perdida del interés en el tema tratado. Esto indicaría que las competencias del tutor, además de abarcar conocimientos acerca del contenido y el material propuestos para el trabajo, deberían comprender habilidades comunicativas muy entrenadas para intervenir en situaciones en las cuales no se cuenta con los recursos disponibles en las conversaciones cara a cara. (Álvarez, 2010)

El sistema de medición propuesto en esta investigación realiza 2 funciones básicas: la primera es la adquisición de datos y la segunda el procesamiento de señales. Todo el proceso se realiza en el software Matlab, que muestra el promedio de ruido durante una sesión de clase virtual (dB), con un tiempo promedio de 45 minutos por cada muestra tomada.

Para la etapa de adquisición de señales, se examinaron archivos en formato (wav) clases virtuales dadas por docentes de la Universidad de Guayaquil. El procesamiento de cada una de las muestras se realizó con el modelo propuesto por (Lanman,2021) y (Navarrete,2012) que consiste en el diseño de sonómetro, acoplándolo a las necesidades del proyecto.

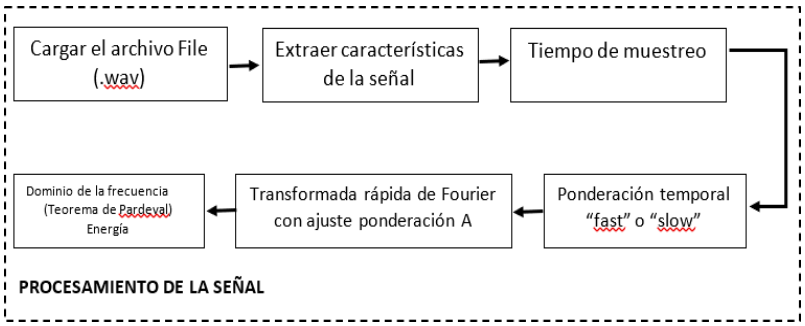


Figura. 1 Procesamiento de las muestras.
Fuente: Elaboración Propia

Inicialmente se almacenan los archivos (.wav) para establecer las opciones de análisis. En este formato los archivos se generan mediante una codificación PCM (modulación por pulsos codificados), utilizando el comando *audioread*('file.wav'). Los niveles de presión sonora (SPL) fluctúan con rapidez con diversas fuentes de sonido como tráfico, música, el habla o el ruido ambiental en general. Conocer el nivel de sonido o cambios rápidos al cual estamos expuestos durante un determinado tiempo es el objetivo de esta investigación. Los medidores SPL amortiguan la reacción a los cambios repentinos, creando una visualización más suave. Este proceso se denomina ponderación temporal. De acuerdo al estándar IEC 61672-1 que describe las ponderaciones de tiempo, "fast"(F) y "slow" (S), los valores vienen dados por las constantes de tiempo 'F' (t = 125 ms) y la ponderación 'S' (t = 1 s).

Antes de la extracción de características de cada muestra se establece el valor de la constante de calibración(C). Para obtener el valor de la constante se utilizaron varias señales De prueba con niveles de dB(A) conocidos. Con el comando *audioread* se logra extraer características de la señal como: número de canales, frecuencia de muestreo, número de muestras, tiempo y el número de bits. Conociendo la frecuencia de muestreo Fs y el número de muestras N, se obtiene el tiempo de muestreo t. Para calcular la Transformada Rápida de Fourier (FFT), se utilizó la función *estimatelevel* que regresa los valores del espectro en frecuencia, tomando en consideración la ponderación 'A', que es la estándar de frecuencia s audibles diseñadas para reflejar la respuesta al ruido del oído humano, que no es muy sensible a frecuencias bajas y altas, pero sí lo es entre 500 Hz y 6 kHz. El filtro de ponderación 'A' cubre el rango completo de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz, pero la forma se aproxima a la sensibilidad de frecuencia del oído humano. Las mediciones hechas con ponderación 'A' se indican así "dB(A)" para informar que son decibelios ponderados en 'A'. La función *estimateLevel*, permite determinar el nivel de decibelios en cada instante de tiempo, usando la relación de Parserval (Lanman, 2021). Para realizar el análisis del ruido se han

tomado muestras de las clases impartidas por 3 docentes, dos laboran en horarios diurnos y un docente en horario nocturno. Las clases están conformadas de aproximadamente 40 estudiantes universitarios de carrera de ingeniería.

Las muestras son archivos de audio (.wav) se procesaron mediante un software con tipo de respuesta temporal lenta. La ponderación de frecuencia utilizada es la ponderación A, y está diseñada para reflejar la respuesta humana al ruido(dBA). En la tabla 2 se muestran los resultados del análisis del audio de archivos, se obtuvieron los niveles de decibelios en los que se desarrolla una clase virtual que oscilan entre 70 a 80 dB, comparable con la escala de ruidos cotidianos como al ruido de una aspiradora y un secador de pelo respectivamente, superando los niveles de una conversación normal dada a 60 dB (Ambiental, 2020) (Figueroa Montaño, 2012). Los factores que contribuyen a la energía sonora total a la que el estudiante está expuesto son: volumen, espacio de tiempo y asiduidad.

Tabla 2. Archivos- clases virtuales

Muestras#	Tiempo(s)	Fecha dd/mm/aaaa	Media(dB)
1	4518,80	03/09/2020	70,0083
2	4054,10	09/09/2020	71,9346
3	4843,40	10/09/2020	74,3038
4	3863,10	16/09/2020	71,922
5	5009,30	19/08/2020	20,1434
6	4012,20	19/08/2020	61,3791
7	3825,40	23/07/2020	73,6572
8	2414,90	27/08/2020	80,6784
9	4282,70	30/07/2020	77,1068
10	4670,40	24/09/2020	79,8628
11	2965,2	03/08/2020	81,6369
12	2655,2	07/08/2020	81,5434
13	2706,2	14/08/2020	76,9974
14	5559,9	17/08/2020	81,5209
15	2066,3	24/08/2020	80,6841
16	2202,1	28/08/2020	80,944
17	1682,6	31/08/2020	79,5143
18	3585	07/09/2020	75,3046
19	1844,9	11/09/2020	79,19
20	2484,9	14/09/2020	75,2444
21	3575,6	02/09/2020	79,1232
22	2555,5	03/09/2020	80,8906
23	2529,9	04/09/2020	79,2279
24	3180,1	07/09/2020	72,0177
25	2562,9	08/09/2020	75,0237
26	3105,3	09/09/2020	77,9698

27	1932,2	10/09/2020	81,6696
28	3026,3	11/09/2020	82,7735
29	1009,2	28/08/2020	75,7936
30	3866,7	31/08/2020	77,3378

Fuente: Elaboración propia

El resultado del análisis realizado se muestra en la figura 3, donde se refleja el 3,33% de las muestras analizadas están entre 20-55dB, el 23,33% entre un 50 -75dB y el 73,33% entre 75-90dB. Los niveles de presión sonora promedio en una sesión son de 70 a 75dB.

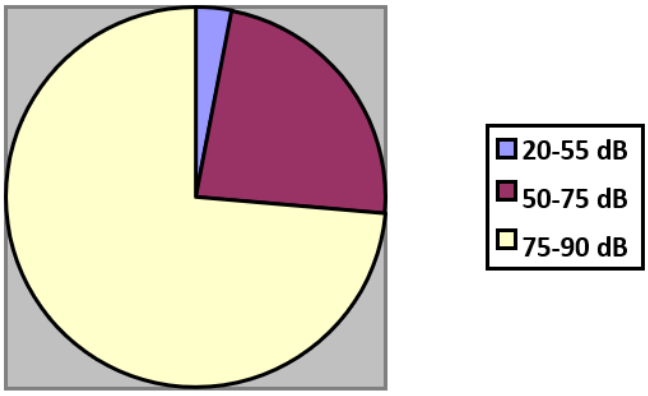


Figura. 2 Niveles de presión sonora

Fuente: Elaboración propia

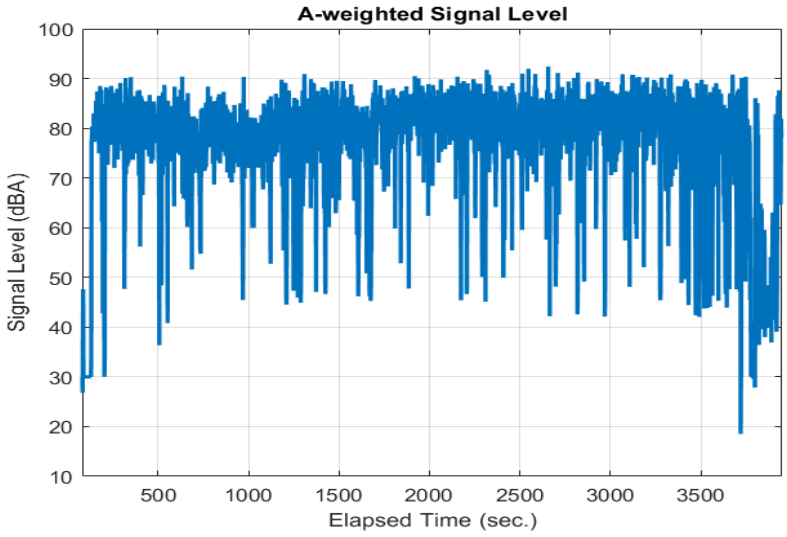


Figura. 3. Estimación del nivel en dB(A)

Fuente: Elaboración propia

Considerando los resultados de la investigación, estudiantes y docentes están expuestos a un nivel de ruido superior al límite sugerido durante 8 horas, debido al lugar /ambiente, sonidos/ruidos al que están expuestos. Cabe señalar que solo el 30% está expuesto a niveles de ruido permisibles durante una jornada laboral. Adicionalmente se debe considerar que existen factores externos sumados al impartir la clase que repercuten en los niveles de presión sonora que percibe cada estudiante, entre ellos se puede considerar el volumen o intensidad del audio, tipo de audífono o sistema de reproducción. En la figura 3, desde el archivo de audio se genera la señal de entrada (dominio del tiempo) que son procesadas para obtener los niveles de presión sonora al cual se expone un estudiante universitario diariamente.

CONCLUSIONES

En ambientes de aprendizaje virtual es importante mantener un ambiente tranquilo en el que factores externos no afecten el proceso de enseñanza aprendizaje y se pueda mantener la concentración. En esta investigación se hace énfasis en el comportamiento de los niveles de ruidos que se generan en aulas de aprendizaje virtual, ya que el nivel del ruido en todas las aulas de estudio ha demostrado un comportamiento prácticamente similar. Los niveles de precisión sonora indican que la señal portadora no se ve afectada en gran medida aun cuando existe la presencia de ruido en el aula virtual. La intensidad o volumen, la duración de la clase virtual y la frecuencia de la exposición, han sido analizadas a lo largo de la investigación y contribuyen a la energía sonora total a la que un estudiante está expuesto durante una jornada de clases. Se han determinado los niveles de exposición diaria al ruido, teniendo en cuenta la dosis total de ruido admisible de acuerdo con (audición) la ley de gestión ambiental del Ecuador.

El estudio realizado forma parte del marco de la Convocatoria a Proyectos de Fondo Competitivo de Investigación FCI de la Universidad de Guayaquil, en el cual colaboran docentes y estudiantes de la institución. Para futuros proyectos se propone el desarrollo de hardware (prototipo-sonómetro) que evalúen la presión sonora de diferentes ambientes de aprendizaje y con ello formular estrategias didácticas para optimizar el desempeño de profesores y alumnos en el manejo de los conflictos y las condiciones que los generan (factores externos).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, G. D. (2010). Conflictos virtuales, problemas reales: caracterización de situaciones conflictivas en espacios formativos online. Revista mexicana de investigación educativa.

Ambiental. (2020, noviembre 19). Qué es el Ruido Ambiental y Contaminación Acústica | Ambiental Data. Tratto da https://ambientaldata.com/informacion/ruido-

B. Berglund, T. L. (s.d.). GUÍAS PARA EL RUIDO URBANO Editado por.

Chile, I. d. (2020, septiembre 28). Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y. Tratto da El Instituto de Salud Pública de Chile: http://www.ispch.cl/documento/18461

Clark, C. (2010). The effects of road traffic and aircraft noise exposure on children′s episodic memory: The RANCH Project. Noise Health.

Dockrell, B. M. (2003). The effects of noise on children at school: A review. Building Acoustics, 97–116.

E. Norma, D. E. (2003). Norma de Emisión de Ruido para Buses de Locomoción Colectiva Urbana y Rural. p. 1-12.

ECUADOR, M. D. (2020). LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MOVILES, Y PARA VIBRACIONES.

Faustino Moreno Ceja, M. G. (2015). Los niveles de ruido en una biblioteca universitaria, bases para su análisis y discusión. Investigación bibliotecológica.

Figueroa Montaño, O. M. (2012). Niveles de ruido y su relación con el aprendizaje y la percepción en escuelas primarias de Guadalajara, Jalisco México. Ingeniería, 8.

G. Martelli, H. S. (1998, noviembre 19). Asociación Chilena de Municipalidades Historia, Hechos, Desafíos y Reflexiones. Santiago: Giorgio Martelli. Tratto da www.fes.cl.

Ganime, J. A., & Valenzuela Sauzo, S. F. (2010). El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura. Enfermería Global.

Lanman, D. (2021). Sound Level Meter. Matlab, Douglas Lanman (2021). Sound Level Meter (https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/9603-sound-level-meter), MATLAB Central File Exchange. Retrieved May 27, 2021.

Navarrete, R. (2012). Software and Hardware to Replace a Sound Level Meter. nt. J. Comput. Commun. Eng., https://pdfs.semanticscholar.org/8a 6b/627f5c35c24b5b 5fbd362bbc649ae85d3b1b.pdf? _ga=2.189697579.180.

R. S. López, R. S. (2016). Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. INDES Rev. Investig. para el Desarro. Sustentable, 88-96.

Salud, O. M. (2020, septiembre 08). Sordera y pérdida de la audición. Tratto da https://www.who.int/es/news-room/fact-

Smaldino, C. C. (2000). lassroom. Lang. Speech. Hear. Serv. Sch., 362–370.

Standardization, I. O. (2020, SEPTIEMBRE 2020). Acoustics — Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. Tratto da ISO: https://www.iso.org/standard/6759.html

U. Platzer M, R. I. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. Rev. Otorrinolaringol. y cirugía cabeza y cuello, 122–128.

Usbeth Platzer M, R. I. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello, 122-128.