

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AUDITIVA EN SALONES DE CLASE DE LA I.E. JOSÉ MARÍA CÓRDOBA MEDIANTE APLICACIÓN MÓVIL, SEGÚN LEGISLACIÓN COLOMBIANA

Lizeth Isabella Arango Quijano , Valery Tatiana Montealegre Pinzón , Julieth Tatiana Gómez Agudelo.
^{1,2} Aprendices Tecnoacademia, ³ Facilitadora TIC Tecnoacademia.

Resumen

La resolución 0627 de 2006, del Ministerio de Medio Ambiente, regula la emisión de ruido en decibeles en espacios categorizados en sectores y subsectores. Para las escuelas (Sector B: tranquilidad y ruido moderado), se establecen límites entre 55 y 65 decibeles para la noche y el día, respectivamente. El objetivo principal es evaluar la emisión de ruido de las aulas en la I.E. José María Córdoba a través de una aplicación móvil que actualmente se está desarrollando en App Inventor. Esta aplicación captura información de ruido en dB y envía los datos para ser graficados en ThingSpeak, una plataforma de Internet de las cosas (IoT), que permite identificar el valor de emisión de ruido de las aulas según la edad de los estudiantes y la hora del día en que se toman las muestras.

Los datos recolectados hasta ahora han mostrado que los estudiantes de sexto grado son quienes más sobrepasan los niveles permitidos en la regulación (65 decibeles). Al final, estos datos se entregan a las autoridades escolares, quienes deben generar estrategias que contribuyan a mejorar el ambiente de aprendizaje y el rendimiento académico. Se observa que el Internet de las cosas ofrece oportunidades de herramientas y conocimientos en el área escolar a bajo costo y desempeña un papel clave en el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje.

Palabras Claves: Lucha contra el ruido, programación, contaminación sonora, acústica.

Abstract: The resolution 0627 of 2006 from the Ministry of Environment regulates the emission of noise in decibels in spaces categorized into sectors and subsectors. For schools (Sector B: tranquility and moderate noise), the limits are established between 55 and 65 decibels for night and day, respectively. The main objective is to evaluate the noise emission of the classrooms in I.E. José María Córdoba through a mobile app currently being developed in App Inventor. This app captures noise information in dB and sends the data to be graphed on ThingSpeak, an Internet of Things (IoT) platform, which allows identifying the noise emission value of the classrooms based on the students' age and the time of day when the samples are taken.

The data collected so far has shown that the sixth-grade students exceed the permissible levels in the regulation (65 decibels) the most. At the end, this data is delivered to the school authorities who must generate strategies that contribute to improving the learning environment and academic performance. It is observed that the Internet of Things offers opportunities for tools and knowledge in the school area at a low cost and plays a key role in enhancing teaching and learning.

Keywords: Noise pollution control, programming, noise pollution, acoustics.

Introducción

Según la resolución 0627 del 2006 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial (MAVDT), los colegios del país se encuentran catalogados en el sector B (tranquilidad y ruido moderado), lo que indica que el valor de emisión de ruido en decibeles no debe superar los 65 decibeles (dB) durante el día y 55 dB durante la noche.

[1] “La exposición constante al ruido puede generar en los estudiantes y docentes, irritabilidad, falta de concentración, la pérdida de audición producida en los niños por el ruido dificulta el proceso de adquisición del lenguaje” [2]. La exposición regular al ruido en las aulas afecta al rendimiento académico en áreas como la capacidad y comprensión lectora, la memoria a corto y largo plazo y la motivación. “En promedio, los resultados de pruebas normalizadas muestran que las puntuaciones de evaluación de niños expuestos a entornos de aprendizaje ruidosos son inferiores, lo cual puede afectar a su desarrollo académico y profesional a largo plazo; Se han comprobado que el ruido de tráfico (dentro y fuera de una sala de clases) produce aumentos en la presión sanguínea (sistólica y diastólica)” [2]. Por ende, se desarrolla una aplicación móvil en App Inventor (programación por bloques) que hace uso de la extensión del sonómetro de celular y que captura los niveles de ruido en decibeles emitidos en los salones de clase de la I. E. José María basándose en la resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente. Los datos se toman en lapsos de 15 minutos por grupo, dos veces a la semana, y se clasifican según el grado y la hora del día en el que se toman las muestras. Se utiliza ThingSpeak, una plataforma de Internet de las cosas (IoT) que permite recoger y almacenar datos de sensores en la nube, así como desarrollar aplicaciones IoT. ThingSpeak también ofrece aplicaciones que permiten analizar y visualizar los datos en MATLAB y actuar

sobre ellos [11]. Los datos recolectados se segmentan por grupos de estudio y se generan gráficas que muestran cuál grado genera la mayor contaminación auditiva. Al finalizar el estudio, se correlaciona los datos obtenidos con el rendimiento a académico del grupo para determinar si el ruido es un factor que afecta el óptimo desarrollo de las actividades académicas de los estudiantes de la institución.

Metodología

1. Investigación preliminar: Realizar una revisión bibliográfica sobre los efectos del ruido en el aprendizaje y la salud de los estudiantes y población en general: se realiza revisión de textos e informes emitidos por la OMS relacionados con exposición prolongada al ruido y sus efectos en la salud humana y en el desempeño académico de estudiantes.

Establecer como punto de referencia para límites de ruido permitido la resolución 0627 de 2006 del MAVDT, la cual establece máximos permitidos de exposición a ruido según el sector. Ver tabla 1.

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Tabla 1. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A)

2. Desarrollo de la aplicación:

la programación se desarrolla haciendo uso de la herramienta App Inventor 2, la cual permite a estudiantes crear aplicaciones móviles por medio de programación por bloques. Para utilizar la plataforma de programación de MIT App Inventor 2 es necesario tener una cuenta de Google, un ordenador con conexión a Internet, y, Opcionalmente, un dispositivo Android. Las aplicaciones producidas en App Inventor 2 funcionan en cualquier celular con sistema operativo Android. Además, se hace uso de la extensión de sonómetro del equipo para capturar niveles de ruido en decibeles y se establecen rangos de medición según la resolución 0627 de 2006, la cual establece categorías según el sector donde se emita el sonido:

Sector A: Tranquilidad y silencio (hospitales, bibliotecas, librerías, sanatorios, hasta 55 dB)

Sector B: Tranquilidad y ruido moderado (zonas residenciales, universidades, colegios, centros de estudio, hasta 65 dB)

Sector C: ruido intermedio restringido (zonas industriales, zonas comerciales, parques mecánicos, hasta 80 dB)

Sector D: Zona urbana o rural de tranquilidad y ruido moderado (residencia suburbana, zona rural destinada a explotación agropecuaria, zona de descanso, hasta 55 dB en campo).



Fig. 1. Interfaz principal App móvil

3. Pruebas en entorno controlado: se realizan pruebas en entornos diferentes a los salones para identificar funcionamiento y las fallas de la app y poder corregirlas antes de las pruebas en tiempo real. Se tiene en cuenta que los smartphones suelen emplear micrófonos de tipo MEMS (pequeños sistemas microelectrónicos), de calidad suficiente para un uso doméstico que, por concepto, no llegan a las exigencias de un micrófono profesional. Por lo tanto, su capacidad de ancho de banda útil normalmente parte desde unos 50 Hz, lo que no cubriría todo el espectro de audición humana, que parte desde los 16 Hz aproximadamente.

4. Toma de muestras de sonido: se seleccionan grupos de estudio según la edad y la hora del día para hacer segmentación. Se tomaron tres muestras en el salón seleccionado por grado (sexto, séptimo, octavo, noveno, décimo y once), de modo que se evidencie la diferencia que hay entre la toma de muestras a primeras horas o después de los descansos y tener unos datos más reales según el comportamiento de los estudiantes.

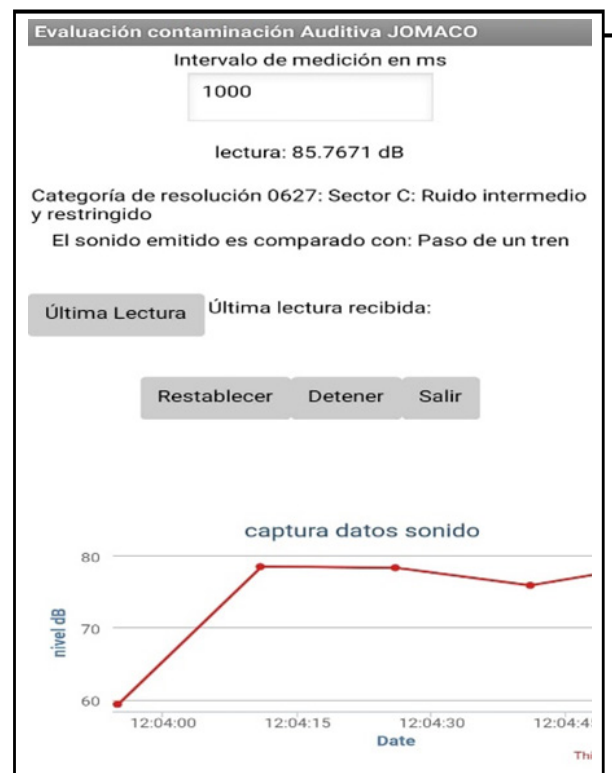


Fig. 2. Gráfica de captura de datos App móvil



Se dispone de un espacio asignado por el docente de la clase y se realiza una toma de muestras de no más de 15 minutos para no interferir en las clases. La medición permite comprar con qué categoría de la resolución 0627 de 2006 se encuentra el grupo en dicho momento y cuanto sobrepasa el límite permitido para instituciones educativas que es de 65 dB. Se registraron los datos en archivos físicos para tener control de salones muestreados. Ver fig. 4.

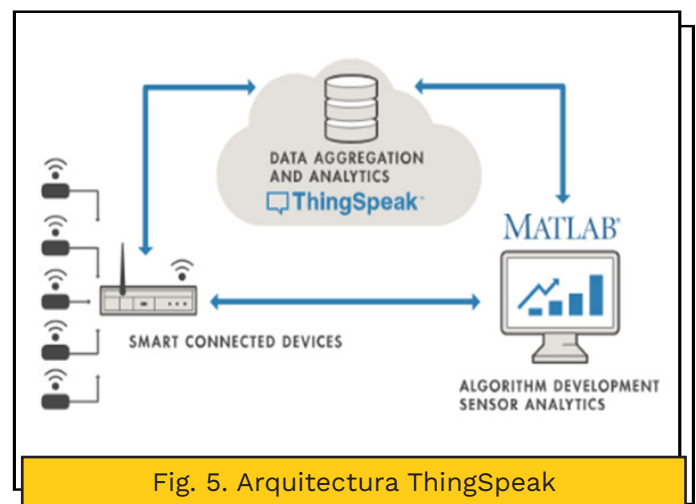
SENA - TECNOACADEMIA ITINERANTE DEL META - Sdel CIENCIATEC			
EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AUDITIVA EN SALONES DE CLASE DE LA I.E. JOMACO, SEGÚN LEGISLACIÓN COLOMBIANA (JOMACO)			
HORARIO	GRADO	RANGO DE EDADES	VALORES EN dB CAPTURADOS
1° Y 2° HORA	6°		81.84809 dB
			79.67872 dB
			81.60109 dB
			80.78987 dB
			81.16187 dB
3° Y 4° HORA	6°		80.19046 dB
			81.95634 dB
			79.18665 dB
			81.7305 dB
			80.85487 dB
5° Y 6° HORA	6°		81.84196 dB
			80.9791 dB
			80.45563 dB
			71.98 dB
			80.92176 dB

Fig. 4. Registro de horarios y grupos de muestra

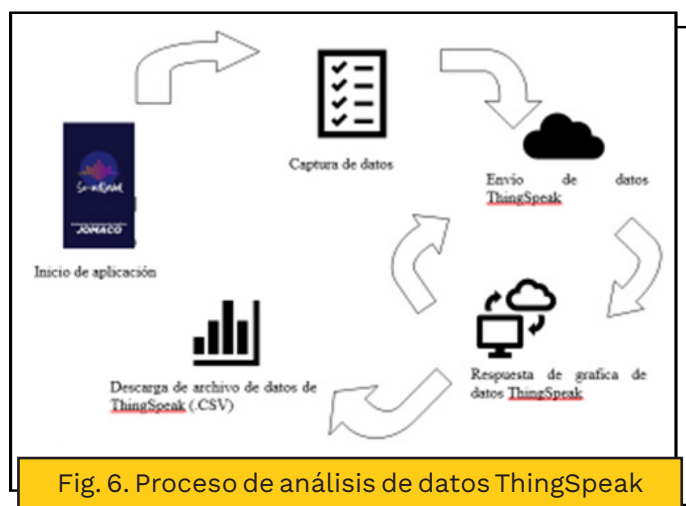
Tabla 2. Ejemplo de tabulación y categorización de tomas de ruido por grados.

Hora de clase	Promedio edad	grado	valor dB	promedio Ruido	Categoría 0627
1 Y 2	12	6°	81,848	81,11556	C
			79,678		
			82,601		
			80,289		
			81,1618		
3 Y 4	12	6°	80,19	80,7813	C
			81,956		
			79,186		
			81,7205		
			80,854		
5 y 6	12	6°	81,841	81,2352	C
			85,979		
			85,455		
			71,98		
			80,921		

5. Registro de datos: los datos obtenidos se envían por medio de la herramienta IoT (internet de las cosas) ThingSpeak. La cual grafica cada 15 segundos el dato que se envía desde la aplicación, así mismo se devuelve dicha gráfica a la aplicación para ser visualizada en tiempo real, desde la página de ThingSpeak se descarga un archivo .CSV el cual registra la fecha, hora y valores en decibeles enviados desde la aplicación a la página.



6. Análisis de datos: descargando el archivo .CSV se realiza estudio de muestra, gráfica de tendencias, estadísticas y visualización de casos con de los niveles de ruido son mayores de lo permitido.



7. Correlación con rendimiento académico: al finalizar el año escolar se deben entregar resultados de estudio a directivas de la institución donde se evidencie que grupos o salones generan más cantidad de ruido. Son las directivas y cuerpo docente quienes correlacionen esos datos con el desempeño académico de dicho grupo y tomen medidas de mitigación de la contaminación sonora en las aulas de clase.

8. Evaluación y mejoras de app: durante la implementación de la app se detectan fallas o posibles mejoras que se ajustan a futuro para que la app sea más eficiente, como la implementación de bases de datos local para visualizar los históricos de datos por grupos de estudio. También se estudia la posibilidad de hacer modificaciones para que sea utilizada en ambientes o instituciones diferentes y que se pueda realizar el ingreso de datos por institución. Se reconocen limitaciones con respecto al sonómetro de los smartphones, ya que el micrófono MEMS tiene un rango de medición y captura de sonido inferior a micrófonos profesionales y responde linealmente hasta una entrada acústica máxima de 120 dB.

Teniendo en cuenta los objetivos que se plantearon al inicio del estudio del presente proyecto, se tienen los siguientes resultados:

- Se desarrolló una aplicación en App Inventor, la cual hace uso de extensión del sonómetro integrado en el celular para captar niveles de sonido en decibeles (dB), dentro del desarrollo se hizo uso de la herramienta hingSpeak (IoT), la cual registra los datos obtenidos y los grafica para posteriormente generar archivo .CSV con históricos de datos.

- En el desarrollo de la aplicación se establecieron límites permitidos en la resolución 0627 y la relación con los sectores y subsectores, de forma que se pueda identificar en tiempo real con qué sector es comparada la emisión de ruido que se tiene y así saber cuánto se sobrepasa del límite permitido para instituciones educativas.

- Se obtuvieron datos de ruido de los salones según su emisión sonora y se determina que, a la fecha, los grados sextos tienen mayor exposición a ruido. Generando valores relacionados hasta de 80 dB, siendo comparado con el ruido emitido en zonas industriales, muy por encima de lo permitido en la resolución y que a largo plazo puede generar problemas de salud física y mental a los estudiantes y docentes expuestos a esta contaminación auditiva. Se toman muestras en tres horarios diferentes y se realiza un promedio para que los datos recolectados sean más precisos porque a ciertas horas de la mañana puede emitirse menos ruido que en horas cercanas al medio día que es cuando los estudiantes están a la espera de la terminación de la jornada escolar. Ver tabla 3.

Tabla 3. Promedios de ruido por grado según hora de clase

PROMEDIO RUIDO EN dB POR GRADO SEGÚN HORAS DE CLASE						
HORA DE CLASE	GRADO 6°	GRADO 7°	GRADO 8°	GRADO 9°	GRADO 10°	GRADO 11°
1 Y 2	81,11556	76,917	78,268166	74,281238	66,75602	75,850614
3 Y 4	80,7813	79,94848	78,76697	75,24163	77,7206	68,859124
5 Y 6	81,2352	78,34425	82,151778	80,528904	83,12072	74,345286

Grado sexto con mayor emisión de ruido, comparado con el ruido de una zona industrial.

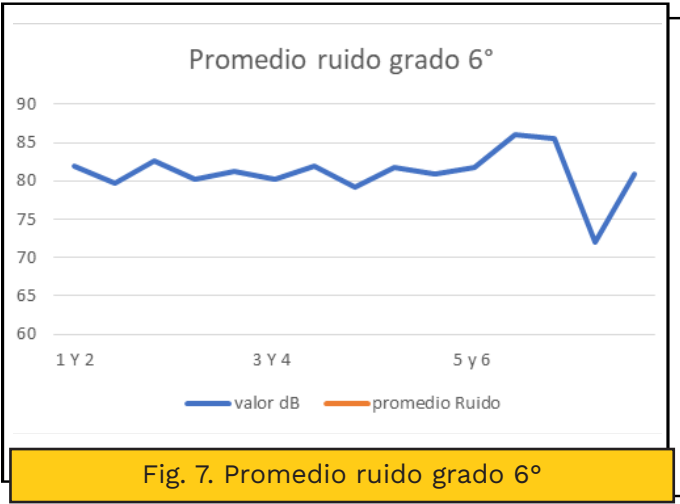


Fig. 7. Promedio ruido grado 6°

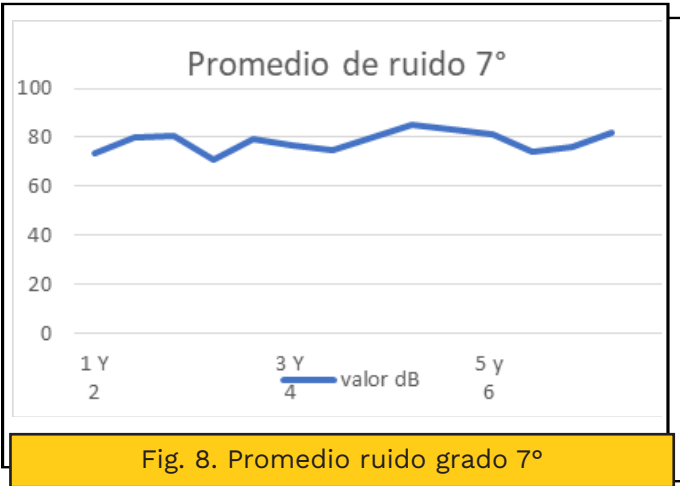


Fig. 8. Promedio ruido grado 7°

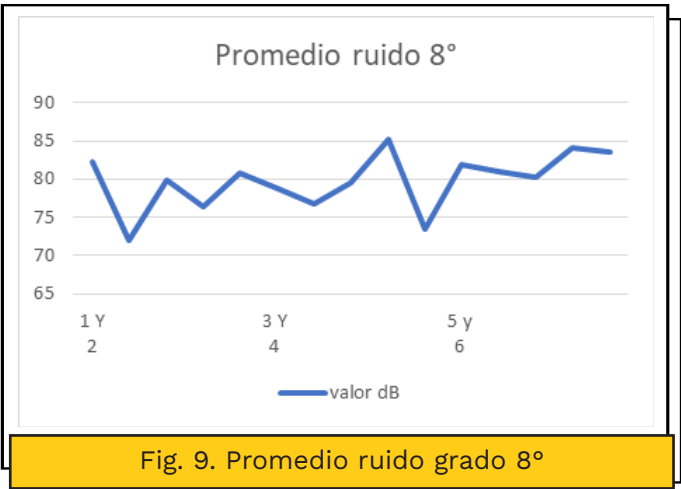


Fig. 9. Promedio ruido grado 8°

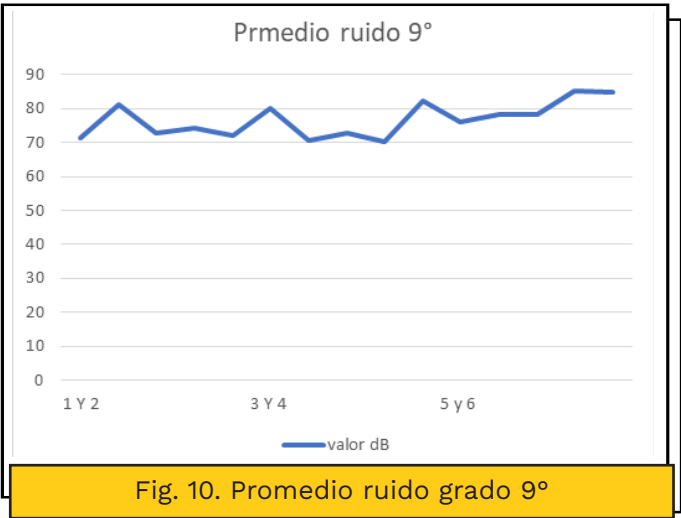


Fig. 10. Promedio ruido grado 9°

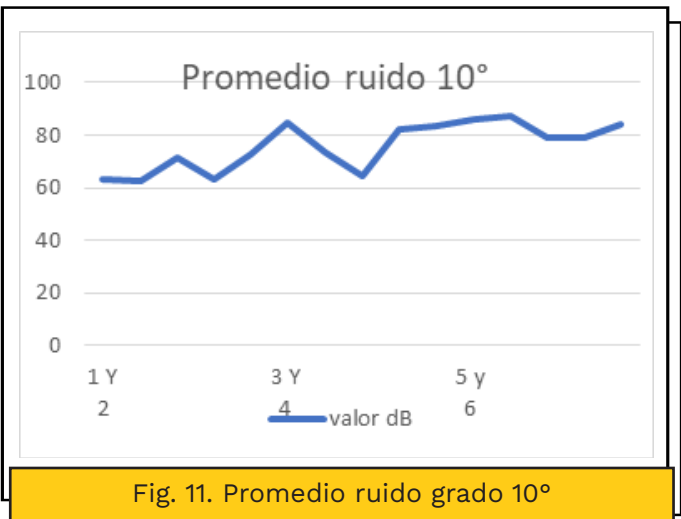
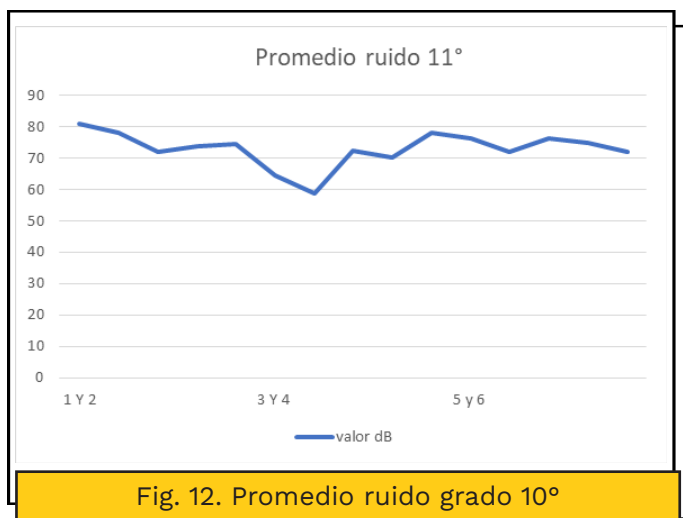


Fig. 11. Promedio ruido grado 10°



- Al realizar tomas de muestras de ruido en los salones y socializar con los estudiantes el motivo por el que se está realizando este estudio se brinda información importante que ellos pueden replicar con sus pares y entablar discusiones acerca de la contaminación sonora y sus efectos en la salud humana, de modo que se genere conciencia en la comunidad educativa.

Conclusiones

La puesta en marcha de esta aplicación aumenta la conciencia entre estudiantes y docentes sobre los efectos del ruido en el aprendizaje.

El proyecto demuestra que los niveles de ruido en los salones de clase pueden tener un impacto significativo en el ambiente educativo. La aplicación proporciona una herramienta valiosa para monitorear los niveles de ruido, lo que contribuye a crear un entorno de aprendizaje más efectivo y propicio para la concentración y el rendimiento académico al generar conciencia en la comunidad educativa de las implicaciones que tiene la exposición constante a contaminación auditiva.

Los datos recopilados permiten identificar tendencias y patrones de ruido, lo que puede llevar a estrategias más efectivas para gestionar el ambiente sonoro en las aulas, realizando intervenciones por parte

de cuerpo docente o autoridades locales para la mitigación de la contaminación auditiva.

Las aplicaciones móviles pueden desempeñar un papel clave en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje al proporcionar herramientas innovadoras para la gestión del aula.

Si bien el proyecto presenta resultados importantes, también se reconoce el potencial de mejoras futuras para que su implementación sea más amplia y pueda usarse no solo dentro de la institución educativa, sino en diferentes centros y sectores catalogados en la norma de la resolución 0627.

Aunque las aplicaciones móviles que utilizan los instrumentos internos de los celulares pueden generar soluciones a corto plazo y de forma local, se debe tener en cuenta que para proyectos macro y donde se requieran lecturas de presión sonora de rangos más altos, la eficacia de estas no será la mejor debido a las características de los instrumentos.

Agradecimientos

Agradecemos a los docentes de la I. E. José María Córdoba y al personal docente de la Tecnoacademia por permitirnos llevar a cabo esta investigación, la cual ha llenado de grandes satisfacciones, experiencias y nuevos conocimientos nuestras vidas. Esperamos que nuestro trabajo pueda ser de gran contribución a nuestra institución, sus estudiantes y docentes.

Referencias

- [1] Organización mundial de la salud, «Pan american Health Organization,» 2021. [En línea]. Available: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55067/9789275324677_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 2023].
- [2] Y. D. L. Oliva, «University of chile,» 2009. [En línea]. Available: https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/aq-lucic_y/pdfAmont/aq-lucic_y.pdf.
- [3] A. Soles y M. Rincón , «Estudio de los niveles de ruido ambiental en la sede centro de la universidad Libre seccional Barranquilla,» 2018. [En línea]. Available: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/23771/1140873301.pdf?sequence=1>.
- [4] R. M. E. I. C. G. L. S. d. O. Diana Suárez López, «Diseño de una herramienta de,» 2017. [En línea].
- [5] D. Suarez, R. Morales, I. Cordero y L. Schreiner, «Diseño de una herramienta de medición de ruidos basados en tecnologías Arduino-Raspberry PI,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n1/1909-0455-pml-12-01-00081.pdf>.
- [6] W. Gutierrez , D. Diaz, T. Ruiz y J. Flores, «Evaluación de la contaminación acústica en dos centros de educación inicial en la ciudad de bluefields,» 2020. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7852483>.
- [7] M. Palacios y J. Cifuentes, «Implementación de una estación para la medición de intensidad de la presión sonora en el área metropolitana de la ciudad de popayán con alarma visual y transmisión de datos a la plataforma web del sistema de información ambiental corporativo de la CRC.,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uniautonoma.edu.co/bitstream/handle/123456789/365/T%20E-M%20059%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [8] D. Charris y C. Rivera, «Desarrollo de una app que incentive el interes de los estudiantes de grado sexto en el área de tecnología e informática y fortalezca sus conocimientos en el uso seguro de las redes sociales,» Bucaramanga, 2021.
- [9] K. Rivera , «Implementación de un prototipo domótico para el control automático de iluminación y sonido mediante un dispositivo móvil y comandos de voz con la tarjeta Arduino,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/26181/1/M-ESPEL-ENT-0389.pdf>.
- [10] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, «<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-0627-de-2006.pdf>,» 07 ABRIL 2006. [En línea].
- [11] «Aprendiendo Arduino,» [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/thingspeak/>.

