

Estudio bibliográfico sobre la contaminación acústica en la ciudad de Portoviejo utilizando distintas herramientas de IOT

Literature study on noise pollution in the city of Portoviejo using different IOT tools

Sebastián Humberto Mejía Cedeño 0009-0001-0691-2831

Universidad Técnica de Manabí Ecuador
sebastianjulio09@gmail.com

Cómo Citar:

Mejía Cedeño, S. H. (2024). Estudio bibliográfico sobre la contaminación acústica en la ciudad de Portoviejo utilizando distintas herramientas de IOT. Tesla Revista Científica, 4(1), e309.
<https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e309>

Recibido: 2024-01-10

Revisado: 2024-01-18 al 2023-02-10

Corregido: 2024-02-23

Aceptado: 2024-02-29

Publicado: 2024-03-04

TESLA

Revista Científica

ISSN: 2796-9320



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

Resumen

El ruido es ahora uno de los mayores contaminantes ambientales y las agencias gubernamentales también se centran en encontrar soluciones para reducirlo. Los métodos tradicionales de control del ruido se basan en costosos equipos electrónicos que se limitan a una monitorización constante y en tiempo real. En los últimos años se han propuesto diversas estrategias basadas en Internet de las cosas (IoT) para abordar este problema, proporcionando sensores de bajo costo, recopilando y almacenando datos en tiempo real para mejorar los procesos de toma de decisiones. El objetivo de este artículo es realizar una revisión bibliográfica para saber cuáles son las herramientas necesarias para medir los niveles de ruido que existen dentro de la ciudad de Portoviejo. Utilizando la metodología PRISMA, una revisión sistemática de fuentes primarias. El desarrollo de esta investigación es importante pues permite un análisis y una descripción de herramientas IoT para la medición de ruido, la contaminación acústica que se produce. Además, contribuye dentro del campo académico pues no existen estudios específicos dentro de la ciudad de Portoviejo. Los artículos estudiados enmarcan la necesidad de la tecnología para el monitoreo de contaminación auditiva.

Palabra clave: IoT, Portoviejo, contaminación auditiva, acústica, prisma

Abstract

This iNoise is now one of the biggest environmental pollutants and government agencies are also focusing on finding solutions to reduce it. Traditional noise control methods are based on expensive electronic equipment that is limited to constant, real-time monitoring. In recent years, various Internet of Things (IoT) strategies have been proposed to address this problem, providing low-cost sensors and collecting and storing data in real time to improve decision-making processes. The objective of the article is to carry out a bibliographic review to know what tools are necessary to measure the noise levels that exist within the city of Portoviejo. Using the PRISMA method as a methodology, that is, a systematic review within primary sources such as journals. The development of this research is important as it allows an analysis and description of IoT tools for measuring noise and therefore the noise pollution that is produced. Furthermore, it contributes within the academic field since there are no specific studies within the object of study (Portoviejo). The articles studied frame the need for technology to monitor noise pollution.

Keywords: IoT, Portoviejo, pollution, hearing.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica, también conocida como ruido ambiental, es la propagación del ruido con impactos variables sobre la vida humana [1]. La Organización Mundial de la Salud reconoce el ruido como uno de los principales peligros ambientales para la salud física y mental [2]. Además, una elevada exposición al ruido por tiempos prolongados puede generar altos niveles de estrés, efectos cardiovasculares y una mayor incidencia de enfermedad coronaria entre otros [3].

Por otro lado, algunas de las principales fuentes de ruido en las áreas residenciales incluyen música alta, transporte (tráfico vehicular, ferrocarril, aviones, etc.), mantenimiento del césped, industria de la construcción, generadores eléctricos, explosiones, entre otros [3]. Adicionalmente, la mala planificación

urbana puede dar lugar a un aumento de la contaminación acústica, como por ejemplo el caso de los edificios industriales a lado de los edificios residenciales.

El problema central es la falta de mediciones de ruido utilizando metodologías tecnológicas. Cabe destacar que no existen estudios de tipo bibliográfico que aborden este tema dentro del contexto de análisis de este trabajo, es decir, no se ha incluido un análisis de información que ponga a relucir el uso de este tipo de herramientas en Portoviejo, por lo que este trabajo será el primero a tomar como referencia para la ciudad. Las fuentes de ruido no son constantes y su percepción depende de muchos factores. Varios indicadores del nivel de ruido equivalente durante el día y durante la noche han sido desarrollados alrededor del mundo [2].

La contaminación acústica es un peligro constante para la salud del hombre y su efecto es acumulativo e irreversible con el correr de los años. Esta contaminación representa sonidos producidos por todo tipo de actividad (tráfico de vehículos, sonido de motores, música en espectáculos, pitos de autos, etc.), representando en su conjunto una gran cantidad de niveles sonoros en el ambiente que llegan a captar todas las personas que están inmiscuidas alrededor de estas, ocasionando una molestia acumulativa principalmente en la audición [4].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), es uno de los factores ambientales que provoca más problemas de salud. Solo en Europa, según la Agencia Europa del Medio Ambiente (AEMA), causa al año 16.600 muertes prematuras y más de 72.000 hospitalizaciones [3]. Mientras que, en el Ecuador, según datos de la Secretaría del Ambiente la emisión de ruido supera con facilidad los 65 decibeles en el día y 55 en la noche. Factores como el comercio, el tráfico o los centros de diversión son algunas de las fuentes de contaminación auditiva.

Ahora bien, en la ciudad de Portoviejo uno de los factores más representativos que ocasiona gran impacto de ruido ambiental es la congestión vehicular, debido al incremento permanente del parque automotor que experimentó un 21.82% de aumento [4]. Cabe mencionar que la característica comercial que tiene la ciudad obligando a la gente a concentrarse en el casco central, donde sus calles angostas y mínima cantidad de estacionamientos, son razones que han presionado para incrementar la contaminación acústica por los problemas de movilidad. En especial dentro del área urbana céntrica, en este caso dentro del centro de la ciudad alrededor del parque central de la misma.

La exposición prolongada al ruido puede afectar de distintas formas a la salud, produciendo molestias, trastornos del sueño, efectos perjudiciales en los sistemas cardiovascular y metabólico, y deficiencias cognitivas en los niños. La sensibilización, la planificación y el control son herramientas clave para enfrentar este problema [5]. Específicamente, este trabajo se enfoca en los sistemas de control urbano; se aplicará una revisión bibliográfica que permita recopilar información sobre las herramientas IoT utilizadas para la medición del ruido.

En el presente artículo científico se muestra una revisión bibliográfica sobre las herramientas necesarias para medir los niveles de ruido que existen dentro de la ciudad de Portoviejo. Utilizando como

metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis) [6], es decir, una revisión sistemática dentro de fuentes primarias como revistas. El desarrollo de esta investigación es importante pues permite un análisis y una descripción de herramientas IoT para la medición de ruido y por ende la contaminación acústica que se produce. Además, contribuye dentro del campo académico pues no existen estudios específicos dentro del área de estudio que es la ciudad de Portoviejo.

La contaminación acústica es un tema que se viene estudiando de forma profunda por su implicación en la salud y dentro de la innovación tecnológica. Para contextualizar el presente anteproyecto se toman en cuenta trabajos previos que permitan entender de mejor manera el proceso y tener su fundamento. Iniciando por el trabajo de Suárez [7], donde se presenta el diseño de una herramienta de medición de ruido basada en el uso de plataformas tipo SBC (Single Board Computer) tales como Arduino y Raspberry PI. La herramienta propuesta no permite el monitoreo remoto de los datos, ni tampoco cuenta con un módulo para el análisis de los datos capturados.

Dentro del mismo contexto está el de Hernández y Barriere [8], donde se presenta el desarrollo de un sistema para la monitorización de parámetros ambientales en unidades de cuidados intensivos neonatales. El sistema propuesto fue construido haciendo uso de la plataforma de hardware libre y un conjunto de sensores compatibles con esta plataforma, los cuales permiten medir los parámetros de temperatura, humedad, intensidad luminosa e intensidad sonora. Dicho sistema no permite la lectura remota de los datos, así como tampoco cuenta con las funcionalidades de almacenamiento y análisis mediante algoritmos de machine learning.

Según Leiva e Higuera [9], se presenta un sistema IoT para la monitorización de ruido en entornos cerrados, el cual fue construido haciendo uso de la plataforma Arduino y los sensores de ruido ky-038. Los datos capturados por la plataforma Arduino son convertidos a la escala de decibelios y enviados mediante el puerto serial a un computador donde los datos son visualizados. El sistema no cuenta con la posibilidad de realizar la monitorización remota en tiempo real de los niveles de ruido obtenidos a partir de los sensores, ni tampoco permite el almacenamiento y procesamiento de los datos mediante algoritmos de analítica.

Para Khan y Ketzel [2], el ruido es un contaminante medioambiental de primer orden con efectos nocivos sobre la salud de la población y su calidad de vida. "La exposición prolongada a un nivel elevado de ruidos tiene graves consecuencias sobre la salud de las personas, sobre su integridad física y moral y su conducta social" [5], habiéndose concretado las inmisiones de ruidos procedentes de una sala de fiestas, en riesgo de grave perjuicio para la salud de las personas.

Según Torres [4], las causas de la contaminación acústica son diversas y vienen derivadas de la propia actividad humana:

- La industria, es lo que genera una mayor contaminación acústica debido a que produce ruidos a grandes escalas y esto supone que la población esté sometida a unos niveles de contaminación peligrosos.

- El tráfico, ya que el ruido que generan los vehículos por el motor y la fricción como consecuencia del contacto del vehículo con el suelo y el aire. Esto supone que sobre todo en las grandes ciudades sea un factor importante de contaminación debido a la gran cantidad de personas que utilizan vehículos.
- El tránsito aéreo, los aviones también generan una gran cantidad de ruido contaminante debido a la velocidad del aire y a los motores que estos usan.
- Las obras públicas y construcciones, sobre todo en las grandes ciudades el ruido de las obras es algo muy común y aunque lo consideremos como algo ya normal en nuestra sociedad debemos de tener cuidado con ello, el ruido generado por este tipo de actividad puede llegar a ser peligroso pues genera emisiones de ruido considerables.

Asimismo, el artículo de Chanchí et al., [9], donde partiendo de las limitaciones que pueden tener los dispositivos de medición de nivel de ruido, en cuanto al almacenamiento, la monitorización en tiempo real y el análisis de los datos capturados, propone un sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido, el cual se articula dentro de la arquitectura convencional de IoT y pretende servir de referencia para ser usado en auditorías acústicas. El sistema propuesto es una alternativa a los problemas de los equipos de medición convencionales, de tal modo que permite solventar el almacenamiento limitado, da soporte al seguimiento remoto y posibilita la aplicación de algoritmos de aprendizaje supervisado y no supervisado.

Bajo el mismo contexto, Peña, en su artículo se basa en realizar un diseño de red Campus para el monitoreo ambiental en el Parque Centenario de Guayaquil, utilizando sensores, equipo Arduino, una placa Raspberry 4 y la plataforma Ubidots [10]. La problemática fue recolectar mediante un prototipo la información sobre la contaminación acústica generada por diferentes factores, y subirla a la plataforma Ubidots para su posterior análisis.

El nivel de intensidad acústica, que se presentaba actualmente en diferentes puntos dentro del Parque, varía entre 58 dB a 98 dB. Entre las variables más comunes se encuentran los generados por las bocinas de vehículos, buses y de sirenas de ambulancias, lo que nos indica que existen niveles altos de ruido que pueden provocar problemas de salud a corto o largo plazo según la OMS.

Otro referente importante es el trabajo realizado por Montoya [11], en esta investigación, se han desarrollado varios casos de uso de una red de sensores acústicos mediante campañas de medición de larga duración. En concreto, se presentan tres experimentos de evaluación: interior de un coche durante desplazamiento in itinere, exterior de una urbanización y campus universitario. Para ello, se han diseñado y desplegado una serie de nodos acústicos mediante la aplicación de una metodología de diseño de redes propuesta para el ámbito de la contaminación acústica en concordancia con las legislaciones vigentes. Estas campañas han permitido la monitorización, en diferentes entornos urbanos, del campo acústico y un posterior análisis de la molestia acústica en los ciudadanos.

Para conseguir evaluar la molestia acústica, en esta tesis se propone la utilización de parámetros psico acústicos, como la sonoridad, combinados con índices acústicos más tradicionales. Los nodos

acústicos utilizados son capaces de capturar el sonido, y, a través del algoritmo de procesamiento, calcular los parámetros psicoacústicos, tanto monoaurales como binaurales, ofreciendo información más cercana a la sensación de molestia en las personas que los índices acústicos aplicados habitualmente. Los nodos acústicos utilizados, han sido mejorados en los trabajos de esta tesis para permitir campañas de medición de manera remota y automática.

Mediante el módulo de comunicaciones añadido, los parámetros obtenidos por los nodos son enviados a una plataforma software, donde son almacenados para su posterior análisis. La instalación de un grupo de nodos acústicos en una zona específica permite la aplicación de análisis estadístico espacial. En concreto, se propone el método de Kriging para realizar interpolación espacial de los datos acústicos. Además, al realizar campañas de larga duración, se han podido aplicar métodos de análisis estadístico de las series temporales, que han ofrecido otro punto de vista en la comprensión del entorno acústico. Estos análisis se complementan con encuestas subjetivas a los ciudadanos mediante una aplicación móvil desarrollada, permitiendo tomar decisiones más rápidas y completas en comparación con la metodología tradicional de creación de mapas de ruido.

La conciencia, la planificación y el control son herramientas importantes para hacer frente a este problema. El enfoque de investigación es específicamente en los sistemas de control de la ciudad [12]. Las fuentes de ruido no son constantes y cómo se percibe el ruido depende de muchos factores. Se ha informado que se han desarrollado varios índices en todo el mundo que indican niveles de ruido equivalentes durante el día y la noche. Los sistemas de monitoreo de ruido, que a menudo se usan junto con los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, suelen ser costosos y tienen altos costos de mantenimiento, lo que los hace comunes en las grandes ciudades.

Sin embargo, en las ciudades de los países en desarrollo, los sistemas de medición suelen ser ad hoc, tienen una capacidad de almacenamiento limitada, se operan manualmente y no están conectados a redes de monitoreo en tiempo real [13]. Para ello, durante la última década se ha desarrollado una nueva generación de sensores inalámbricos comerciales que se considera una herramienta de monitorización válida para evaluar el ruido del tráfico de vehículos. La precisión de la medición suele ser menor, pero el costo es significativamente menor. Esto permitirá la creación de redes de medición capilar conectables a centros de control, análisis y visualización de datos en tiempo real, generación de sistemas de alarma y alerta temprana y un mejor control de la contaminación acústica en áreas urbanas.

2. METODOLOGÍA O MATERIALES Y METODOS

2.1. Enfoque de la investigación

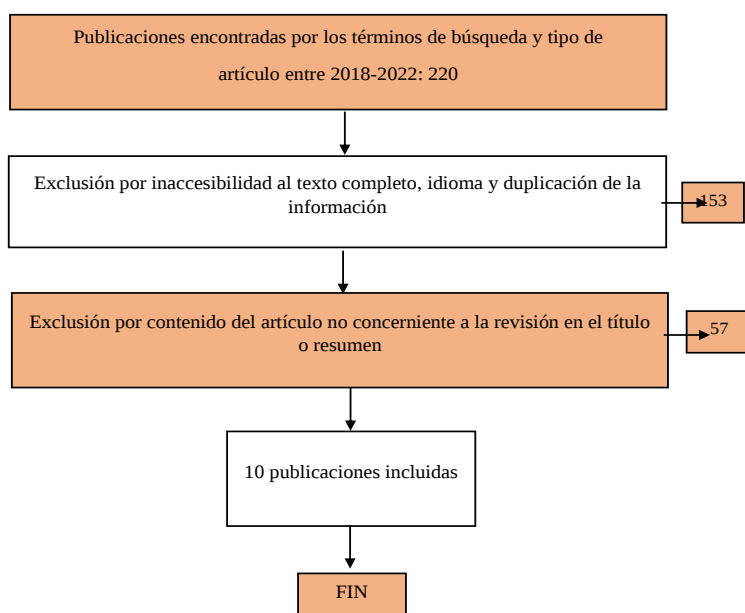
El presente trabajo se desarrolló desde un enfoque metodológico de diseño narrativo, con alcance descriptivo. El método para documentar esta investigación con base a una revisión bibliográfica fue PRISMA sobre temas especializados en IoT y sensores de ruido a nivel nacional e internacional; utilizando criterios de inclusión, en este caso aquellos artículos dentro del periodo 2018-2022 relacionados con la temática. Los mismos que fueron encontrados mediante la búsqueda autónoma en bases de datos como:

Scopus, Index y Scielo. Además, se utilizaron gestores bibliográficos para organizar y almacenar documentos en el estilo Vancouver.

2.2. Unidades de análisis

Se realizó una búsqueda de literatura preliminar en Google Académico con base en la búsqueda por palabras clave, de los resultados obtenidos se escogieron los artículos que cumplieran con los criterios antes mencionados, estos contienen información acerca del contexto de la problemática. A continuación, se describen categorizados de acuerdo a los grupos de control y las palabras claves contenidas en cada uno de los textos analizados. Se revisaron 10 artículos en total; los escogidos se clasificaron de acuerdo al check list del método PRISMA (ver figura 1).

Figura 1. *Flujograma con la búsqueda, selección y exclusión de artículos*

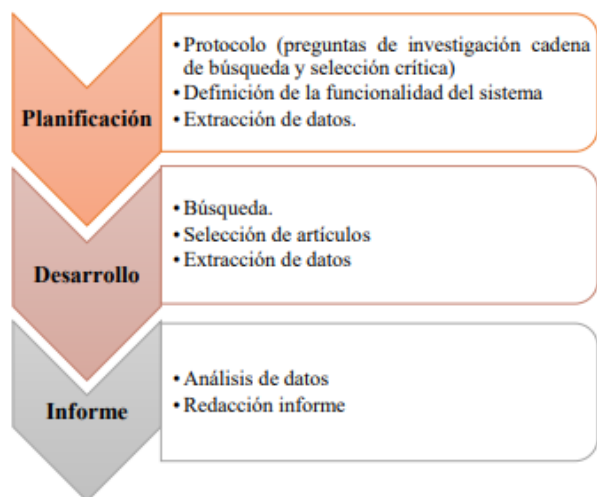


Nota. Elaboración propia

2.3. Técnicas de recolección

Entre las técnicas de recolección, constan las señaladas a continuación (ver figura 2).

Figura 2. *Esquema del proceso de revisión*



Nota. Elaboración propia

2.4. Procesamiento y análisis de la información

Planificación de la revisión

Se preparó el protocolo a seguir a lo largo de la revisión. En primer lugar, se determinaron las palabras clave PICOC (IoT, Portoviejo, ruido, contaminación, sistema de monitoreo) para la búsqueda. Estos términos se muestran en la Tabla 1. Se utilizó una lista de palabras clave, en lugar de sinónimos. Se definieron las preguntas de investigación (PI), que se enumeran a continuación:

- **P1:** ¿Qué dispositivos existen para considerar el sistema de monitorización de contaminación inteligente?
- **P2:** ¿Qué tipo de tecnología de transmisión se usa?
- **P3:** ¿Qué tipo de funciones tienen estos sistemas y/o dispositivos IoT?
- **P4:** ¿Son estos sistemas y/o dispositivos portátiles o móviles?

Con las palabras clave enumeradas en la Tabla 1, se elaboró una cadena de búsqueda base: ("IoT" OR "contaminación" OR "ciudad" OR "sistema de monitoreo" OR "Portoviejo").

Tabla 1. Palabras clave PICOC

Término	Palabras clave
IoT	Sistemas de monitoreo, aparatos, equipos, intervención, sistemas inteligentes
Ruido	Contaminación, niveles, sectores
Ciudad	Portoviejo, urbano

Nota. Elaboración propia

Los criterios de inclusión y exclusión se muestran en la Tabla 2 estos buscan recuperar trabajos de revistas y congresos, publicados desde 2018 hasta diciembre del 2022, en inglés o español; deben tener al menos un resumen escrito en inglés. Los criterios de exclusión se centran en descartar publicaciones incompletas, no accesibles, o no novedosas, así como que versen sobre temáticas diferentes a las previstas.

Tabla 2. Criterios de selección

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Aquellos artículos dentro del periodo 2018-2022 relacionados con la temática	Sin resumen en inglés Duplicados Contenido no accesible Idioma diferente al inglés y/o español

Nota. Elaboración propia

Para determinar la suficiencia de los artículos seleccionados, se definen tres preguntas de evaluación de la calidad (PEC).

- **PEC1:** ¿Son trabajos prácticos de implementación?
- **PEC2:** ¿Los sistemas propuestos son replicables?
- **PEC3:** ¿Los documentos exponen información precisa?

La Tabla 3 muestra la ponderación que se ha tenido en cuenta para la inclusión de los diferentes estudios. Un artículo se considera apto para el SLR si obtiene al menos 1 puntos en esta evaluación.

Tabla 3. Puntuación (ponderación)

Criterio	Puntos
Sí	1.0
No	0.5
Parcial	0.5

Nota. Elaboración propia

Tabla 4. *Extracción de datos*

Descripción	Tipo	PI	
Referencia	Texto	P1	-
Contaminación Portoviejo	Texto	P2	-
Herramientas IoT	Texto	P3	-
IoT para monitorear la ciudad	Texto	P4	-

Nota. Elaboración propia

- **Realización de la revisión**

Para la revisión, se seleccionaron cinco bases de datos científicas para la búsqueda: Scopus, Index, Scielo y motores de búsqueda como Google Académico, PudMed. Además de la cadena de búsqueda base definida anteriormente, en cada base de datos fue necesario ajustar algunos parámetros de búsqueda (por ejemplo, rango de años o tipo de publicación). Una vez realizada la búsqueda en cada base de datos, se determinó una primera selección de artículos según los criterios de selección indicados en la tabla 2. A continuación, se aplicaron las PEC a los artículos escogidos que fue tomada como la segunda selección en la que se extrajo datos de los artículos que obtuvieron al menos 1 punto en la evaluación de la calidad.

Presentación de la revisión

Con los datos extraídos de la última selección de información, se realizaron algunos análisis, estos abarcan tanto las tecnologías como los sistemas IoT y se muestran en la siguiente sección. Una vez realizados los análisis, se procede a redactar el informe, es decir, el presente documento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al proceso mencionado y con la información necesaria se presentan matrices de análisis.

Selección de artículos y extracción de la información

Los resultados de la búsqueda en las bases de datos se muestran en la tabla 5. Se encontró un total de 220 artículos. Para cada base de datos se indica el número de artículos recuperados y seleccionados. La primera selección se basó en criterios de inclusión y exclusión. La segunda selección se basó en la evaluación de la calidad. Tras aplicar los criterios de selección, se seleccionaron 57 artículos que cumplían dichos criterios. A continuación, se aplicó el PI a estos artículos, quedando sólo 10 artículos seleccionados para el estudio que si cumplían con todas las PEC.

Tabla 5. *Artículos recuperados*

Base de datos	Cantidad	1era Selección	2da Selección
Scielo	100	26	3
Scopus	70	17	5
Latindex	50	14	2

Nota. Elaboración propia

Los datos extraídos se resumen en la Tabla 6, donde la columna que corresponde a cada PI también está descrita acorde a lo que se buscaba.

Tabla 6. *Datos de los artículos*

N	Autor P1	Título	País	Año	P2	P4
1	Solórzano y Osejos [15]	Contaminación acústica y su incidencia en la salud de habitantes de la ciudad de Portoviejo – Ecuador	Ecuador	2023	Observación directa	Se evidenciaron que el 60% de los encuestados de la avenida Manabí conocen sobre la contaminación acústica y su influencia en la salud humana, así como la mayor fuente generadora de ruido, los niveles acústicos se determinaron que en

N	Autor P1	Título	País	Año	P2	P4
						el mes de agosto se registró un 97,6 decibelio dB (A) por encima del límite máximo permisible, la propuesta de campaña municipal se enfocó en monitorear el nivel acústico y su incidencia en la salud de los habitantes de la avenida Manabí de la ciudad Portoviejo.
2	Chanchí, Ospina y Saba [16]	Sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido	Ecuador	2020	Práctica	Este artículo propone como aporte un sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido, el cual se articula dentro de la arquitectura convencional de IoT y pretende servir de referencia para ser usado en auditorias acústicas.
3	Chango [17]	Sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental para el casco central de la ciudad de Ambato	Ecuador	2018	Prototipo	Sensores de sonido especializados para análisis de ambiente exteriores y la visualización de estos en una interfaz web desde el Departamento de Gestión Ambiental.
4	Vera, Vásquez, Cevallos, Sánchez y Lucio [18]	Contaminación acústica en la parroquia "12 de marzo" del cantón Portoviejo	Ecuador	2023	Campo	A través de la encuesta que le hicimos a las personas que viven y transitan por el lugar, con un 16,6% como resultado obtenido está que el nivel de ruido que se percibe en la zona es un 5 esto nos dice que se encuentra en una molestia media, en los cual da a entender que no hay ni mucha contaminación ni alta contaminación.
5	González et al., [19]	Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT	España	2020	Revisión bibliográfica	El objetivo principal de este informe es proporcionar un marco de trabajo inicial que permita a los investigadores iniciarse rápidamente en la materia, y al mismo tiempo, enfatizar la importancia de la identificación y desarrollo de aplicaciones. El trabajo concluye recomendando especial atención al modelado de sistemas IoT, a los protocolos de aplicación de tiempo real, y a la computación fog.
6	Moreira, Corrales y Chiriboga [21]	Intensidad sonora producida por los ruidos generados en el sector de la avenida Urbina. Portoviejo, Manabí, Ecuador.	Ecuador	2017	Revisión bibliográfica	El presente estudio tiene como objetivo el analizar la intensidad sonora producida por los ruidos generados en el sector de la avenida Urbina comprendida entre la avenida Alajuela y calle Eloy Alfaro de la ciudad de Portoviejo de la provincia de Manabí en el mes de diciembre del 2016 mediante la determinación de los niveles acústicos alcanzados en el área de estudio para evidenciar el cumplimiento de las normativas de la ordenanza municipal que prevé la contaminación del ruido. Para la ejecución de esta investigación se utilizó el método de investigación científica exploratoria y la

N	Autor P1	Título	País	Año	P2	P4
						observación científica, donde pudimos detectar las fuentes sonoras directas, lo que corresponde a un estudio o análisis de campo. Como conclusión, la comunidad portovejense no tiene un conocimiento claro de los efectos que ocasiona el estar en constante exposición con altos decibeles sonoros de acuerdo a lo que establece la OMS (Organización Mundial de la Salud) sobre los niveles permisibles que el ser humano puede soportar.
7	Flores y Cossio [22]	Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión Sistemática de la Literatura	México	2021	Revisión sistemática	Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura para conocer el estado actual del IoT, aunque no pretende abarcar todos los temas existentes del IoT en la actualidad, sino que intenta dar respuesta con base a los trabajos publicados y por medio de la revisión de los mismos, obtener un entendimiento sobre la utilización del IoT a manera descriptiva por medio de los puntos siguientes a investigar: las aplicaciones que se desarrollan, los enfoques que se tiene y cuáles son las propuestas planteadas por los expertos sobre el tema sin dejar de lado las tendencias actuales de la utilización del IoT en la sociedad, la industria, y las empresas.
8	Salazar y Silvestre [23]	Internet de las Cosas	España	2017	Revisión bibliográfica	Se introducen los conceptos básicos sobre la IoT. Seguidamente se presentan nociones básicas sobre el protocolo de internet IPv6 que es el más utilizado en el entorno de la IoT y se describen las principales aplicaciones, el estado actual del mercado y las tecnologías que permiten la existencia de la IoT. Finalmente se analizan los retos de futuro que se consideran más importantes.
9	Murata, Santos y Portella [24]	Sistema ciber-físico en la nube para monitoreo de contaminación acústica urbana bajo plataforma IoT	Brasil	2020	Práctica	El presente trabajo expone el diseño de un sistema ciberfísico de monitoreo acústico que podrá ser implementado en la ciudad de Lima y tendrá la función de informar y advertir a los usuarios cuando los niveles de ruido puedan afectar a la salud de los peatones. El trabajo abarca el diseño del sistema físico que consta de Nodos Sensores y Gateways; el diseño de una arquitectura de software que permita la recolección, análisis y muestra de datos; asegurar la escalabilidad del sistema; y finalmente el desarrollo de un

N	Autor P1	Título	País	Año	P2	P4
						prototipo para comprobar la conexión entre los sistemas físico y ciber y la correcta lectura de datos del sensor de sonido seleccionado.
10	Sánchez y Ponce [25]	Diseño de una Red de Sensores Inalámbricos para el monitoreo de niveles de ruido en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil	Ecuador	2021	Práctica	Para el presente proyecto se realizó una inspección analítica, donde se encontró la presencia de un nivel alto de contaminación acústica, que provoca interrupciones en las diversas actividades diarias que se realizan en la Carrera de Ingeniería de Sistemas y Networking; aprovechando que, la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, es parte de un Proyecto FCI, que incentiva el desarrollo de proyectos de Sistemas de medición de contaminación acústica en ambientes de aprendizaje, donde se ejecutó el diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN), que tenga como objetivo general medir los niveles de ruido en esta institución universitaria. En el desarrollo del nodo se utilizó un microcontrolador OpenSource de tipo ESP8266, que se encuentra interconectado con un sensor que mide los niveles de ruido en decibelios; este le envía la información que captura en el entorno donde se encuentra, para que el microcontrolador procese, esa información y por medio de comunicaciones inalámbricas (Wireless, Wifi) lo reenvíe hacia una plataforma denominada ThingSpeak, servidor de almacenamiento que se destina para que los datos enviados por los nodos sean visualizados y almacenados

Nota. Elaboración propia

Discusiones:

Para Chanchi [16], IoT es un campo en manifiesta expansión, la revolución previa en tecnología de comunicaciones impulsada por la telefonía celular influyó en forma determinante en este proceso, desde las primeras aplicaciones M2M. El aumento en la complejidad de las tecnologías subyacentes hace posible la creación de aplicaciones novedosas con mayor valor añadido. Mientras que, González et al., [19], consideran que, los dispositivos IoT ya no son sólo pequeñas piezas de hardware con capacidad de comunicación programadas en código ensamblador, sino que han evolucionado hacia dispositivos donde la complejidad debe, necesariamente, manejarse mediante más y más niveles de abstracción.

Según Chango [17], la ventaja de este sistema es que permite el aprovechamiento de la precisión de los dispositivos comerciales de medición de niveles de ruido o también conocidos como sonómetros. Lo

anterior, gracias a las prestaciones provistas por la librería Bleak de Python, la cual permite acceder a los datos de los servicios y características de los dispositivos abiertos y comerciales. Resultó fundamental para cada caso la interpretación de la trama de datos hexadecimales capturados a partir de estos dispositivos.

Las herramientas y tecnologías escogidas en el desarrollo del sistema demostraron ser adecuadas para dar cumplimiento a los requisitos y/o funcionalidades de cada una de las cuatro capas de la arquitectura IoT. A pesar de lo anterior, dado que en el presente caso se hizo uso de una solución híbrida que combina el lenguaje Python con el lenguaje Java, otra de las posibles opciones es usar por completo el lenguaje Python para el desarrollo teniendo en cuenta la librería scikit-learn para el análisis de datos y la librería matplotlib para la visualización de los datos.

La prueba de verificación desarrollada permitió observar que, durante la prueba realizada en un edificio residencial de la ciudad de Cartagena, se obtuvieron valores superiores levemente a la recomendación de la OMS de 55dBA en horas nocturnas. Aunque la prueba tuvo por objetivo verificar la funcionalidad del sistema, a partir de los resultados se puede evidenciar la utilidad en la conducción de estudios de auditoria acústica en diferentes sectores de una ciudad y en diferentes horas del día.

A diferencia de la aplicación de propuestas o planes de acción que influyan en la población de la ciudad de Portoviejo, deben basarse de criterios e indicadores que se relacionen con la contaminación acústica y su incidencia en la salud, desde el control y monitoreo hasta la aplicación de programas de educación ambiental sin dejar a lado la participación ciudadana y los actores gubernamentales con la finalidad de mitigar los impactos ambientales que puede generar la contaminación acústica.

En comparación con Lagonigro et al., [12]; Ögren et al., [18] destaca que el ruido ambiental es una gran preocupación y tiene relación con la inadecuada planificación urbana e incluso instituciones de la salud por el riesgo que puede ocasionar en la salud humana, mientras que hay opciones o métodos para mitigar el ruido sin perjuicios a la salud humana, como la resistencia de absorción que tienen los materiales de construcción e incluso implementación de sistemas anti ruido para mitigar los impactos en la exposición acústico. En concordancia con los estudios de Osejos-Merino et al., [15] argumenta que parte de las propuestas de mitigación y control deben de estar enfocadas en la educación ambiental y la participación ciudadana influyendo en actitudes positivas mitigando la contaminación acústica.

Dentro de los artículos indexados en bases de datos de alto impacto, y con las cuatro preguntas de investigación incluidas sobre el nivel propuesto, el alcance de la protección contra el ruido ambiental, elementos técnicos, limitaciones y vacíos actuales en temas de ruido ambiental y la definición de un sistema IoT. Las etapas establecidas del proceso de revisión, como la capacidad de monitorear y analizar los niveles de ruido, identificar términos clave, ubicación de documentos, evaluar y seleccionar documentos, organizar y finalmente resumir la revisión de la literatura.

4. CONCLUSIONES

Este estudio consideró la propuesta de soluciones tecnológicas basadas en IoT para el control del ruido ambiental, clasificación de soluciones de sistemas de monitoreo de ruido ambiental, sensores

inalámbricos y optimización de su implementación. Además, se consideró el monitoreo del ruido ambiental. Se consideraron soluciones de sistemas para determinar las capas cubiertas y los elementos utilizados en IoT.

Los autores reconocen la utilidad del mapa de ruido, para determinar la exposición de la población al ruido ambiental, para así adoptar los planes de acción necesarios para prevenir y reducir el ruido ambiental, en particular cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana.

Lo que está claro es que correcta elección de la tecnología de transferencia de datos es parte esencial de un proceso adecuado de creación de prototipos de redes de sensores, ya que esta elección requiere un enfoque más preciso para la selección de herramientas de código abierto, así como el uso de software y software libre el hardware proporciona una alta libertad de selección, también una extensa documentación en la web, facilita enormemente el desarrollo del diseño.

CONFLICTO DE INTERESES

No existió ningún conflicto de intereses en la investigación

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://credit.niso.org/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

Participar activamente en:	Autor 1.
Conceptualización	X
Análisis formal	X
Adquisición de fondos	X
Investigación	X
Metodología	X
Administración del proyecto	X
Recursos	X
Redacción –borrador original	X
Redacción –revisión y edición	X
La discusión de los resultados	X
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.	X

REFERENCIAS

- [1] M. Basner, «Auditory and non-auditory effects of noise on health,» *Lancet*, 2014.
- [2] J. Khan y M. Ketzel, «Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques,» *Science of the total environment*, 2018.
- [3] P. Ruparel, M. Bright y K. Murphy, «Is fMRI “noise” really noise? Resting state nuisance regressors remove variance with network structure,» *Neuroimage*, 2015.
- [4] A. Torres, «El ruido y su incidencia,» PUCE, 2016.
- [5] M. Shakya, «Advances and challenges in metatranscriptomic Analysis,» *Frontiers*, 2019.
- [6] M. Page y J. McKenzie, «Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas,» *Revista Española de Cardiología*, vol. 74, nº 9, pp. 790-799, 2021.
- [7] D. Suárez, «Diseño de una herramienta de medición de ruidos basados en tecnologías Arduino-Raspberry PI1,» *Producción + Limpia*, vol. 12, nº 1, pp. 81-87, 2017.
- [8] L. Hernández y L. Barriere, «Diseño de un Monitor de Parámetros Ambientales para Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales,» *XL Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*, pp. 95-98, 2017.
- [9] O. Leiva y G. Higuera, «Monitoreo de ruido en sitios cerrados,» *Visión electrónica*, pp. 1-21, 2019.
- [10] G. Chanchí, M. Ospina y M. Saba, «Sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido,» *Revista Espacios*, pp. 1-12, 2020.

- [11] J. Peña, «Diseño de red de campus con alta contaminación de ruido en el parque Centenario de Guayaquil,» Guayaquil, 2021.
- [12] J. Montoya, «Análisis y evaluación de ambientes acústicos mediante el uso de redes inalámbricas de sensores,» Murcia, 2021.
- [13] K. Shakya, P. Kremer y K. Henderson, «Mobile monitoring of air and noise pollution in Philadelphia neighborhoods during summer 2017,» *Enviromental Pollution* , 2019.
- [14] C. Sieber y M. Ragetti, «Comparison of sensitivity and annoyance to road traffic and community noise between a South African and a Swiss population sample.,» *Environmental Pollution*, 2018.
- [15] O. Leiva y G. Higuera, «Monitoreo de ruido en sitios cerrados,» *Visión electrónica*, pp. 1-21, 2019.
- [16] J. Solórzano y M. Osejos, «Contaminación acústica y su incidencia en la salud de habitantes de la ciudad de Portoviejo – Ecuador,» *Polo del conocimiento*, vol. 8, n° 7, pp. 1-19, 2023.
- [17] G. Chanchí, M. Ospina y M. Saba, «Sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido,» *Revist Espacios*, vol. 41, n° 50, pp. 1-12, 2020.
- [18] C. Chango, «Sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental para el casco central de la ciudad de Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [19] L. Vera, L. Vásquez, J. Cevallos, V. Sánchez y L. Lucio, «Contaminación acústica en la parroquia "12 de marzo" del cantón Portoviejo,» *Revista UNESUM* , vol. 7, n° 1, 2023.
- [20] L. González, S. Osiris, D. Laguía, E. Gesto y H. Karim, «Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT,» *Dialnet*, vol. 12, n° 3, pp. 1-33, 2020.
- [21] E. Moreira, S. Corrales y S. Chiriboga, «Intensidad sonora producida por los ruidos generados en el sector de la avenida Urbina, Portoviejo,» *Revista San Gregorio*, vol. 1, n° 19, pp. 1390-7247, 2017.
- [22] F. Flores y E. Cossio, «Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión Sistemática de la Literatura,» *Academia Journals*, vol. 13, n° 9, pp. 1-10, 2021.
- [23] J. Salazar y S. Silvestre, «Internet de las Cosas,» *TechPedia*, vol. 1, n° 22, pp. 1-34, 2017.
- [24] R. Murata, F. Santos y J. Portella, «Sistema ciber-físico en la nube para monitoreo de contaminación acústica urbana bajo plataforma IoT,» *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, vol. 2, n° 37, pp. 91-103, 2020.
- [25] J. Sánchez y R. Ponce, «Diseño de una Red de Sensores Inalámbricos para el monitoreo de niveles de ruido en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil,» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2021.
- [26] P. López, Métodos de investigación, España: Gran Hill, 2002.