

Docente: Hugo Vega Huerta

**Autores: Barazorda Medrano Pedro Emanuel, Quiroz Ardiles Sergio,
Ostos Torres Deysi Analí**

Monitoreo de la calidad del aire mediante el uso de Arduino

1. Introducción

1.1. Contexto

Se han llevado a cabo pocos estudios en ciudades intermedias de América Latina, incluyendo algunas en Perú, para determinar sus niveles de contaminación atmosférica. A través de un análisis de la contaminación urbana, se demuestra que la calidad del aire en ciudades intermedias peruanas podría ser un problema de origen antropogénico, especialmente durante los meses de otoño e invierno. Esto podría explicarse en gran medida debido al uso generalizado de la madera como combustible para la calefacción residencial dentro de las áreas urbanas peruanas.

La concentración de material particulado en el aire en la Universidad Nacional de San Marcos de Lima Perú, se determina empleando un nuevo método de muestreo pasivo para polvo sedimentable; los resultados se comparan con los Límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), siendo la máxima concentración de material particulado sedimentable (MPS) en el aire de $0.5\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$. En el monitoreo ambiental se ubicaron 23 puntos de medición, obteniéndose los resultados siguientes: La velocidad promedio del viento en la estación meteorológica ubicada en el DAIMF es de $3,25\text{ m/s}$, la dirección del viento es de $\text{N}20^\circ\text{E}$. El punto de mayor concentración se ubica en la loza deportiva de la Facultad de Química ($1.45\text{mg}/\text{cm}^2/\text{mes}$); en el comedor

provisional de estudiantes, se obtuvo en promedio $0.86\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes, superior al LMP en 172%; en la Avenidas Venezuela y Colonial se encontró en promedio $1.45\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes y $0.8\text{mg}/\text{cm}^2$ /mes; valores superiores al LMP en 290% y 160%, respectivamente

En el estudio se utiliza el método pasivo con frascos que contienen papel tipo filtro y se mide la contaminación del aire según la organización Mundial de la Salud (OMS), tomando como valores referenciales para Polvos Sedimentables (PS) o Polvo Atmosférico Sedimentable es: $0.5\text{ mg}/\text{cm}^2$ /mes o su equivalente $5\text{ Ton}/\text{km}^2$ /mes.

1.2. Problema

Para abordar esta problemática en Perú, sería necesario implementar regulaciones. Por ejemplo, establecer estrategias para reducir el tráfico vehicular en el centro de las ciudades peruanas y prohibir el uso de vehículos contaminantes, como los autobuses antiguos que aún están en circulación. Estas acciones podrían promover el desarrollo sostenible en ciudades intermedias de Perú, evitando así los graves problemas de contaminación que se encuentran en las grandes urbes del país.

En cuanto al monitoreo de la contaminación atmosférica en Perú, sería fundamental implementar sistemas similares a los descritos en el estudio, utilizando monitores de material particulado respirable (PM10) para evaluar la calidad del aire en diferentes áreas urbanas peruanas, teniendo en cuenta tanto las fuentes fijas como móviles de contaminantes. Este monitoreo constante permitiría una mejor comprensión de los niveles de contaminación y facilita la implementación de medidas adecuadas para abordar este problema en Perú.

2. Descripción del sistema

2.1. Componentes:

- **Arduino Nano:** Es una placa pequeña, completa y compatible con placas de pruebas basada en ATmega328. Carece de un conector de alimentación de CC y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar.
- **Sensor DHT22:** El sensor de temperatura y humedad DHT22 utiliza un termistor para medir la temperatura y un sensor de humedad capacitivo para medir la humedad. Tiene una interfaz digital de un solo cable.
- **Display LCD1602:** Permite mostrar texto, números y caracteres, además hacer debugging o correcciones, además permite la corrección de errores sobre todo cuando se trabaja con sensores y procesamiento de datos. El LCD1602 posee 2 filas y 16 columnas de dígitos alfanuméricos. Para conectar la pantalla LCD al Arduino/PIC se necesitan 6 pines: 2 de control y 4 de datos.
- **Sensor MQ7:** El sensor MQ-7 permite medir gas de Monóxido de Carbono (CO), ideal para detectar concentraciones dañinas de CO en el aire. El sensor MQ-7 puede detectar concentraciones en el rango de 20 a 2000 ppm. El módulo posee una salida analógica que proviene del divisor de voltaje que forma el sensor y una resistencia de carga. También posee una salida digital regulable por un potenciómetro, esta salida tiene un led indicador.

2.2. Funcionamiento

- Observa los datos recopilados en Visual Studio Code y analiza las tendencias y variaciones.
- Utiliza herramientas de análisis de datos si es necesario para identificar patrones o anomalías.
- Basándote en los datos recopilados, propón soluciones medioambientales o medidas correctivas si se detectan problemas.

3. Beneficios y utilidad del sistema

3.1. Mejora en la toma de decisiones

a) Información precisa y actualizada:

El sistema proporciona datos en tiempo real sobre la calidad del aire, permitiendo a las autoridades tomar decisiones informadas y oportunas para mejorar la calidad del aire.

Los datos históricos permiten analizar tendencias y patrones de la contaminación, facilitando la planificación de estrategias a largo plazo.

b) Eficacia en la gestión ambiental:

Permite identificar zonas con mayor índice de contaminación y enfocar los esfuerzos de control y mitigación en áreas críticas.

Facilita la evaluación del impacto de las medidas de control de la contaminación, permitiendo ajustarlas y optimizarlas según sea necesario.

c) Empoderamiento ciudadano:

Brinda a la población información precisa sobre la calidad del aire en su entorno, permitiéndoles tomar decisiones informadas sobre su salud y bienestar.

Promueve la participación ciudadana en la gestión ambiental, incentivando acciones individuales y colectivas para mejorar la calidad del aire.

3.2. Protección del medio ambiente

a) Reducción de la contaminación:

El sistema permite identificar las principales fuentes de contaminación y tomar medidas para controlarlas y reducirlas.

La información del sistema puede ser utilizada para desarrollar políticas públicas que promuevan la adopción de tecnologías limpias y prácticas sostenibles.

b) Monitoreo continuo:

El sistema permite un monitoreo constante de la calidad del aire, permitiendo detectar y prevenir episodios de contaminación.

La información del sistema puede ser utilizada para activar alertas tempranas y proteger a la población de los efectos nocivos de la contaminación.

c) Investigación y desarrollo:

Los datos del sistema pueden ser utilizados para realizar investigaciones sobre la calidad del aire y sus efectos en el medio ambiente y la salud.

La información del sistema puede ser utilizada para desarrollar nuevas tecnologías para la medición, control y reducción de la contaminación del aire.

4. Implementación del sistema

El proyecto de medición y registro de datos relacionados con la calidad del aire se llevó a cabo en un entorno urbano altamente transitado, caracterizado por la presencia de diversos factores contaminantes. La ubicación seleccionada fue estratégica, considerando la exposición significativa de la población a condiciones ambientales adversas.

4.1. Equipamiento y Sensores Utilizados:

Para la implementación del sistema, se emplearon sensores de alta precisión para medir la temperatura, humedad y concentraciones de CO₂. Estos dispositivos, distribuidos estratégicamente en la zona de estudio, garantizan la obtención de datos representativos y confiables. La elección de sensores de calidad no solo asegura mediciones precisas, sino también una mayor durabilidad y resistencia a condiciones climáticas adversas.

4.2. Interfaz de Usuario Dinámica:

La interfaz de usuario desarrollada permite acceder y visualizar en tiempo real los datos recopilados. Se diseñó de manera intuitiva para facilitar su uso tanto a expertos en el tema como a la comunidad en general. Gráficos interactivos, tablas y mapas proporcionan una representación clara y comprensible de las condiciones ambientales, fomentando la participación activa de la población.

4.3. Análisis de Datos:

El sistema incluye algoritmos avanzados de análisis de datos que permiten identificar tendencias, patrones y anomalías. Esto no solo facilita la detección temprana de problemas ambientales, sino que también posibilita la toma de decisiones informada para abordar

posibles riesgos. Además, se implementaron alertas automáticas que informan a los responsables y a la comunidad sobre condiciones fuera de los límites establecidos.

4.4. Integración de Tecnologías Emergentes:

La implementación del sistema no se limitó a la recopilación y análisis de datos tradicionales. Se incorporaron tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, para mejorar la precisión de las predicciones y optimizar la eficiencia del sistema con el tiempo.

4.5. Dimensión Educativa y de Concientización:

Como parte integral del proyecto, se realizaron actividades educativas y de concientización. Talleres, charlas y material informativo fueron desarrollados para sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de monitorear la calidad del aire. La participación activa de la población se fomenta, promoviendo así una responsabilidad compartida en la preservación del medio ambiente.

5. Desafíos y Soluciones:

5.1 Desafío de Calibración:

Uno de los desafíos iniciales fue garantizar la calibración adecuada de los sensores para obtener mediciones precisas. Este obstáculo se superó mediante un riguroso proceso de calibración y verificación regular, respaldado por protocolos estándar reconocidos internacionalmente.

5.2 Integración de Datos en Tiempo Real:

La integración y transmisión de datos en tiempo real presentaron desafíos tecnológicos. Se implementó una infraestructura robusta de comunicación y se optimizó la capacidad de procesamiento para asegurar la entrega oportuna y confiable de datos a la interfaz de usuario.

5.3 Participación Comunitaria:

Fomentar la participación activa de la comunidad y su comprensión sobre la importancia de los datos recolectados fue un desafío social. Se abordó mediante estrategias de divulgación, estableciendo colaboraciones con instituciones educativas y organizaciones locales para maximizar el impacto de las iniciativas de concientización.

5.4 Mantenimiento Continuo:

Garantizar el mantenimiento continuo del sistema para evitar la degradación de la calidad de las mediciones fue esencial. Se estableció un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, respaldado por acuerdos de colaboración con empresas especializadas en tecnologías

5.5. Conclusiones

El proyecto no solo logró implementar con éxito un sistema avanzado de medición y registro de datos relacionados con la calidad del aire, sino que también demostró el potencial transformador de la tecnología cuando se combina con la participación comunitaria y la educación ambiental. Esta iniciativa sirve como un modelo integral para futuros proyectos similares, destacando la importancia de abordar no solo los aspectos técnicos, sino también los sociales y educativos para lograr un impacto duradero en la calidad del aire y la conciencia ambiental.

6. Conclusiones

El sistema de monitoreo ofrece ventajas significativas al proporcionar información en tiempo real sobre la calidad del aire, permitiendo decisiones informadas y estrategias de gestión ambiental efectivas. Además, empodera a la comunidad y contribuye a la reducción de la contaminación.

6.1. Impacto Futuro:

El impacto futuro se reflejará en una mejora continua de la calidad del aire, reducción de enfermedades relacionadas con la contaminación y avances en tecnologías sostenibles. La implementación a mayor escala puede generar conciencia ambiental a nivel nacional e inspirar políticas más sólidas.

6.2. Llamado a la Acción:

Se insta a las autoridades a considerar la implementación de sistemas similares de monitoreo ambiental, así como a adoptar medidas regulatorias y estrategias sostenibles para abordar la contaminación atmosférica en ciudades intermedias. La colaboración entre entidades gubernamentales, la sociedad civil y el sector privado es esencial para garantizar un futuro más limpio y saludable para todos.

7. Bibliografía

Castro, J., & Abad, R. G. (2015). Medición de los niveles de contaminación de CO y CO₂, a través de un sistema electrónico basado en PLC's, para el monitoreo de la calidad del aire en la Universidad Católica de Cuenca, Sede Azogues. *Revista interamericana de ambiente y turismo*, 10(2), 217–224. <https://doi.org/10.4067/RIATVOL10ISS2PP217-22418-235X>

de Salud Ambiental (SESA), S. E. (s/f). *Vista de Calidad del aire: contaminación industrial como factor de riesgo de enfermedades respiratorias agudas en niños*. Diffundit.com. Recuperado el 29 de febrero de 2024, de <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1076/997>

Diana Janeth Lancheros Cuesta, Boris Galvis, Jorge Pachón. (2017). Dispositivo electrónico portable para la medición de la contaminación del aire. *Ingenio Magno*, 8, 8–18. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6881751.pdf>

Ezequiel, C. M. (2016, 16 diciembre). Sistema de monitoreo de la calidad del aire integrado a IoT. <https://rdu.iua.edu.ar/handle/123456789/1126>

Paz Penagos, H., Moreno Sánchez, A. A., & Poveda Zafra, J. N. (2022). Air quality measurement using an IoT network: A case study. *Ingeniería*, 26(3), 401–418. <https://doi.org/10.14483/23448393.17589>

Tutor, C. M. A. J., & Asesor, C. A. J. I. (2019, 27 marzo). Repositorio Institucional, UNAN-León: Creación de una estación de monitoreo ambiental utilizando microcontrolador Arduino Yun y sensores electroquímicos para la realización de mediciones de monóxido de carbono, ozono y material particulado de 2.5 y 10um, presentes en el aire en la ciudad de León, con capacidad de enviar datos a través de una red para su posterior consulta en un sitio web especializado, durante el período noviembre 2017 - marzo 2018.

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/6813>