

# Ensamble de una estación meteorológica con sensores para monitorear parámetros ambientales.

## Assembly of a meteorological station with sensors to monitor environmental parameters.

Jorge Enrique Díaz-Pinzón<sup>1</sup>, Jorge Rodríguez-González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia

<sup>2</sup>Secretaría de Educación de Soacha, Soacha - Colombia

ORCID: <sup>1</sup>[0000-0002-8870-7769](https://orcid.org/0000-0002-8870-7769), <sup>2</sup>[0009-0002-9027-5923](https://orcid.org/0009-0002-9027-5923)

Recibido: 17 de julio de 2024.

Aceptado: 23 de noviembre de 2024.

Publicado: 01 de enero de 2025.

**Resumen-** Introducción: Los sensores de monitoreo ambiental permiten medir la calidad del aire, la temperatura y humedad relativa. Todos los sistemas y estrategias de monitoreo de sensores tienen un fundamento y una justificación en el centro de datos que ayudan a determinar el estado actual del medio ambiente o identificar tendencias en los parámetros ambientales. Objetivo: Ensamblar una estación meteorológica portátil con sensores donde los usuarios pueden obtener información meteorológica real programado con Arduino en la Institución Educativa General Santander del municipio de Soacha, Cundinamarca. Metodología: explicar el desarrollo de un sistema de monitorización remota de variables ambientales mediante una red inalámbrica que conecta una red de sensores y permite la monitorización y control en tiempo real de parámetros ambientales. Resultados: se evidenció con los datos obtenidos de la estación meteorológica relacionado con la temperatura exterior e interior en las aulas de clase datos que van desde los 24 o C hasta los 29 o C. Esto corrobora que de acuerdo con la Norma Técnica 4595; los estudiantes y los docentes se encuentran por fuera de la zona confortable que va desde los 18 o C hasta los 24 o C. Conclusiones: la investigación resumió las condiciones ambientales actuales y los problemas existentes en las aulas de clase, con la integración de los sensores con el sistema, se pudo lograr el monitoreo y computo del nivel de temperatura, humedad en la atmósfera, calidad del aire y el monóxido de carbono en las aulas de clase, además, brindar alternativas viables que contribuyan al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la educación y al mejoramiento de la calidad de vida de las personas que integran la comunidad educativa.

**Palabras clave:** estación meteorológica, Arduino, sensores, redes inalámbricas, análisis de datos.

**Abstract—** Environmental monitoring sensors allow to measure air quality, temperature, and relative humidity. All sensor monitoring systems and strategies have a foundation and justification in the data center that help determine the current state of the environment or identify trends in environmental parameters. Objective: Assemble a portable weather station with sensors where users can obtain real weather information programmed with Arduino at the General Santander Educational Institution in the municipality of Soacha, Cundinamarca. Methodology: explain the development of a remote monitoring system for environmental variables through a wireless network that connects a network of sensors and allows real-time monitoring and control of environmental parameters. Results: it was evidenced with the data obtained from the meteorological station related to the exterior and interior temperature in the classrooms, data ranging from 24 oC to 29 oC. This corroborates that according to Technical Standard 4595; the students and teachers are outside the comfortable zone that goes from 18 oC to 24 oC. Conclusions: the research summarized the current environmental conditions and existing problems in classrooms, with the integration of sensors With the system, it was possible to monitor and compute the level of temperature, humidity in the atmosphere, air quality and carbon monoxide in the classrooms, in addition, provide viable alternatives that contribute to sustainable development and improvement of the education and the improvement of the quality of life of the people that make up the educational community.

**Keywords:** weather station, Arduino, sensors, wireless networks, data analysis.

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [jediazp@unal.edu.co](mailto:jediazp@unal.edu.co) (Jorge Enrique Díaz Pinzón).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Como citar este artículo: J. E. Díaz-Pinzón y J. Rodríguez-González, "Ensamble de una estación meteorológica con sensores para monitorear parámetros ambientales", *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 13, no. 1, pp. 52-59 2025, doi: [10.15649/2346030X.3443](https://doi.org/10.15649/2346030X.3443)

## I. INTRODUCCIÓN

Según Saul [1], el monitoreo ambiental ayuda a preservar al público y al medio ambiente de contaminantes tóxicos y patógenos. Se utiliza para obtener estudios de impacto ambiental, así como para crear las circunstancias en las que las actividades humanas implican un riesgo de efectos nocivos sobre el medio natural.

Los sensores de monitoreo ambiental permiten medir la calidad del aire, la pureza del agua y la composición del suelo. Todos los sistemas y estrategias de monitoreo de sensores tienen razones y justificaciones en un centro de datos que los ayudan a instaurar el estado actual de un entorno o establecer tendencias en los parámetros ambientales [1].

El sistema de monitoreo del medio ambiente atmosférico es un sistema automático de medición y control con instrumentos de monitoreo automático como núcleo. El sistema de monitoreo del medio ambiente atmosférico basado en una red de sensores inalámbricos está diseñado para hacer frente a las deficiencias del equipo de monitoreo del medio ambiente atmosférico existente [2]. Tomando las ventajas de los dos métodos de monitoreo del ambiente atmosférico, cumple efectivamente con las necesidades del departamento de monitoreo ambiental. El personal de monitoreo ambiental solo necesita organizar nodos de sensores en el sitio propenso a eventos de contaminación ambiental atmosférica, para que puedan monitorear la concentración de varios gases contaminantes en el sitio de emergencias de contaminación en tiempo real, a fin de proporcionar una fuerte garantía técnica para la oportuna disposición de emergencias por contaminación ambiental atmosférica [3]. El sistema de monitoreo del ambiente atmosférico basado en un sensor inalámbrico ha recibido una gran atención y desarrollo en los últimos años. En los últimos años, ha habido muchos avances en la investigación de aplicaciones de un sistema de monitoreo del medio ambiente atmosférico, algunos de los cuales son los siguientes [4].

Una estación meteorológica automatizada es un instrumento que mide y registra parámetros meteorológicos usando sensores sin intervención de los humanos. Los parámetros medidos pueden ser almacenado en un registrador de datos incorporado o puede ser transmitido a una ubicación remota a través de un enlace de comunicación. Si los datos se almacenan en un registrador de datos, los datos registrados deben descargarse físicamente a una computadora en un momento posterior para su posterior procesamiento [5].

Por lo tanto, el sistema de comunicación es un elemento esencial en una estación meteorológica automatizada. Hoy, clima automatizado. Las estaciones están disponibles como productos comerciales con una variedad de instalaciones y opciones [6-8]. Aunque el clima automatizado las estaciones se pueden construir e implementar en partes remotas de Sri Lanka para reducir el costo de mantenimiento de las estaciones meteorológicas, hasta hace poco, no se ha dado mucho énfasis a la construcción y el uso de tales instrumentos a nivel local. Clima automatizado estaciones se han desarrollado en las universidades mediante la interfaz sensores de monitoreo de parámetros meteorológicos para registradores de datos de microcomputadora/disponibles en el mercado con dispositivos de comunicación o a través de puertos seriales y paralelos para obtener copias impresas de los datos meteorológicos [9-15]. Recientemente, el La Universidad de Colombo desarrolló un clima automatizado estación con facilidad de comunicación USB y una función de datos instalación de registro. El sistema utilizó comunicación por cable para transferir datos a la estación de monitoreo a través de la computadora interfaz USB incorporada [16].

## II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Factores meteorológicos como la temperatura, la humedad inciden directa o indirectamente en el desempeño de los estudiantes de la Institución Educativa General Santander del municipio de Soacha, un ejemplo de ello es que se han encontrado temperaturas dentro del aula de clase entre 22 °C y 30 °C, ahora, los cambios de temperatura en un entorno educativo afectan directamente la capacidad de los estudiantes para concentrarse, absorber y retener información. De acuerdo con la NTC-4595 sobre Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares en su capítulo 8.3 sobre Comodidad Higrotérmica, la zona comfortable la ubicamos en el rango entre 18°C a 24°C [17], lo cual inferimos que comparadas con las mediciones dentro de las aulas de clase de la Institución Educativa sobrepasan la zona comfortable. A raíz de la problemática surgió la necesidad de ensamblar una estación meteorológica que nos permita tener una visión real en el aula de clase y llevar un registro de datos que nos faculte dar solución a la problemática que se presenta en la Institución Educativa, usar la tecnología como un medio para la medición en tiempo real, la recopilación y el almacenamiento de datos, los mecanismos de monitoreo y el almacenamiento local de datos.

## III. METODOLOGÍA O PROCEDIMIENTOS

En la última década, las redes inalámbricas de sensores han sido probablemente uno de los desarrollos más importantes con una gran cantidad de aplicaciones útiles [18]. Por ello, el objetivo de este trabajo es ensamblar una estación meteorológica con sensores para monitorear parámetros ambientales mediante una red inalámbrica que conecta una red de sensores y permite la monitorización y control en tiempo real de parámetros ambientales en las aulas de clase de la I.E. General Santander del municipio de Soacha, Cundinamarca.

### *Fases de la implementación*

En la tabla 1 se aprecia las diferentes fases del planteamiento de la experiencia se definieron unas fases las cuáles vamos a esbozar a continuación:


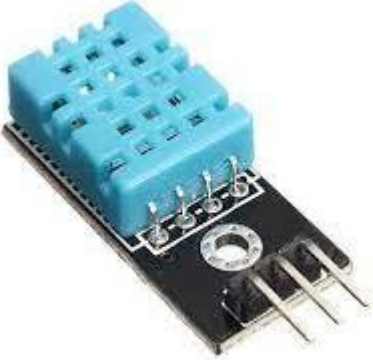


Tabla 1: Fases y descripción del ensamble de la estación meteorológica.

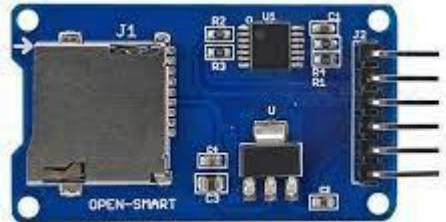
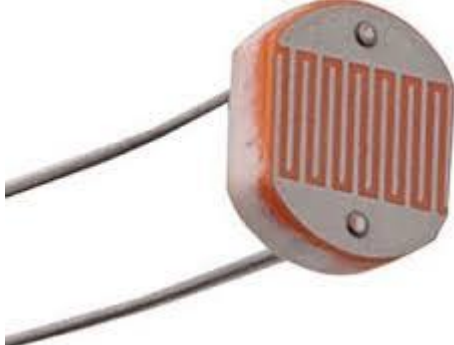
Fase	Descripción
Búsqueda de documentos y bibliografías sobre el proyecto	Junto con los estudiantes buscamos información que pudiera ayudar a visualizar e identificar los primeros pasos del proyecto. Decidir qué entorno de programación usar o programe tareas para completar.
Aprendizaje de los conceptos básicos de Arduino	Ilustración de los conceptos básicos de la programación de Arduino y su entorno de desarrollo.
Selección de equipos	Investigar qué sensores y módulos son los más adecuados y rentables para satisfacer las necesidades críticas de experiencia
Compra de equipamiento	Adquisición de sensores para este proyecto.
Diseño y montaje	Se realizó el montaje y conexiones, especificando la conexión entre el Arduino y el sensor.
Implementación de librería y código Arduino	Implementamos el código necesario para recibir datos del sensor en el Arduino y transmitir a través del computador o Bluetooth
Chequeo del sistema	Implementamos el código necesario para recibir datos del sensor en el Arduino y transmitir a través del computador o Bluetooth: Comprobamos que el sistema funciona correctamente

Fuente: Escribano [20].

En la tabla 2 se observa los recursos de hardware, el nodo sensor es básicamente una unidad de adquisición de datos. Es el encargado de recopilar los datos de las variables ambientales como temperatura ambiental (exterior e interior), humedad relativa, monóxido de carbono y calidad del aire.

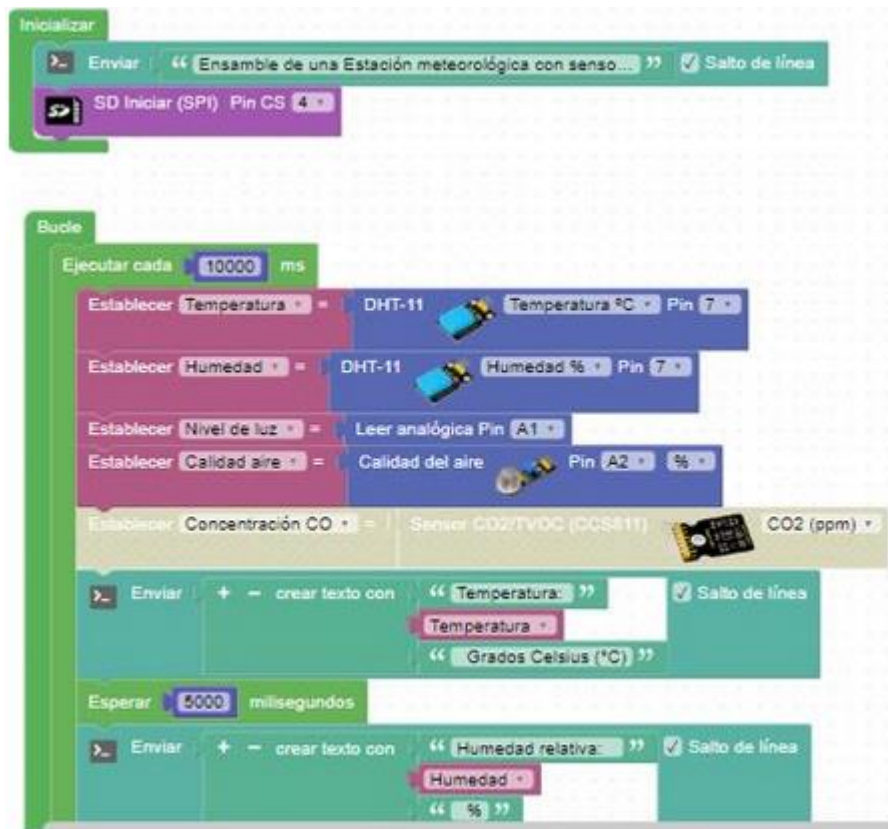
Tabla 2: Recursos de Hardware.

Nombre	Imagen	Descripción del recurso
Placa Arduino UNO		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microcontrolador: ATmega328P.</li> <li>• Velocidad de reloj: 16 MHz.</li> <li>• Voltaje de trabajo: 5V.</li> <li>• Voltaje de entrada: 7,5 a 12 voltios.</li> <li>• Pinout: 14 pines digitales (6 PWM) y 6 pines analógicos.</li> <li>• 1 puerto serie por hardware.</li> <li>• Memoria: 32 KB Flash (0,5 para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom.</li> </ul>
Módulo Digital de Sensor DHT11 de temperatura y humedad		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de Operación: 3V - 5V DC.</li> <li>• Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C.</li> <li>• Precisión de medición de temperatura: ±2.0 °C.</li> <li>• Resolución Temperatura: 0.1°C.</li> <li>• Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.</li> <li>• Precisión de medición de humedad: 4% RH.</li> <li>• Resolución Humedad: 1% RH.</li> <li>• Tiempo de sensado: 2 seg.</li> </ul>
Sensor de calidad del aire MQ 135		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de operación: 5V DC.</li> <li>• Corriente de operación: 150mA.</li> <li>• Potencia de consumo: 800mW.</li> <li>• Tiempo de precalentamiento: 20 segundos.</li> <li>• Resistencia de carga: Potenciometro (Ajustable)</li> <li>• Detección de partes por millón: 10ppm~1000ppm.</li> </ul> <p>Concentración detectable: Amoniaco, sulfuro, benceno, humo</p>
Sensor de Monóxido de Carbono (CO)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje de Operación: 5V DC.</li> <li>• Voltaje de Calentamiento: 5V (alto) y 1.4V (bajo)</li> <li>• Resistencia de carga: regulable.</li> <li>• Resistencia de calentamiento: 33 Ohm.</li> <li>• Tiempo de Calentamiento: 60s (alto) 90s (bajo)</li> <li>• Consumo de Resistencia: aprox. 350mW.</li> </ul> <p>Concentración de Oxígeno: 21%</p>

<p>Módulo MicroSD card adapter</p>		<p>Voltaje de Operación: 4.5V ~ 5.5V.                  Voltaje en la Interfaz SPI: 3.3V ~ 5V.                  Corriente de Operación: 200 uA ~ 200 mA.</p>
<p>Fotorresistencia LDR</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo: GL5516.</li> <li>• Voltaje máximo: 150 V.</li> <li>• Consumo máximo de energía: 100 mV.</li> <li>• Tiempo de respuesta: 30 ms.</li> <li>• Diámetro de la cabeza: 5 mm.</li> <li>• Longitud: 3,5 cm.</li> </ul>

Fuente: Fernández [19].

En la figura 1 se aprecia la creación de la aplicación está construida utilizando el lenguaje de desarrollo de aplicaciones Android, que se basa en la programación de bloques. Basado en un lenguaje de programación inspirado en un lenguaje de procesamiento, proporciona un lenguaje muy familiar para los demás al tiempo que conserva los patrones de programación, ya sea que se formen variables, bucles, bloques lógicos, etc. [20].





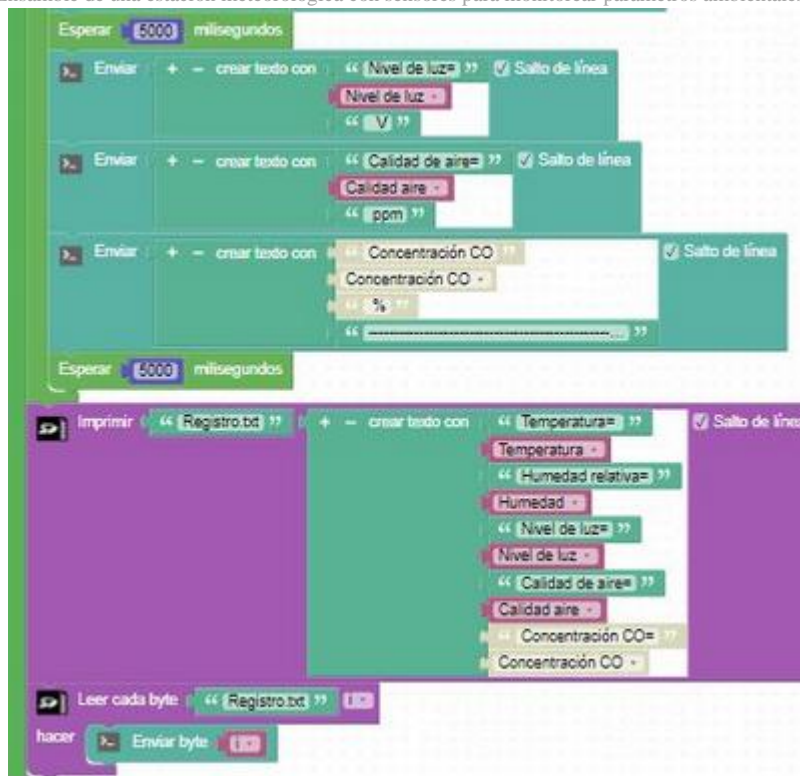


Figura 1: Programa en Arduino UNO de la Estación Meteorológica.  
Fuente: Elaboración propia.

#### IV. RESULTADOS

El Arduino del nodo sensor está programado para recibir los datos de cada sensor y procesarlas de la misma manera para enviar los datos al centro de monitoreo. La función principal de la interfaz de usuario es monitorear las variables ambientales del sistema en tiempo real, actualizar y mostrar gráficamente los valores medidos de cada nodo sensor [18].

En la figura 2 se describen los avances del proyecto que se está desarrollando con la I.E. General Santander, de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo el cual esta implementada en las aulas de clase, y en la figura 3 se aprecia la interfaz del usuario.

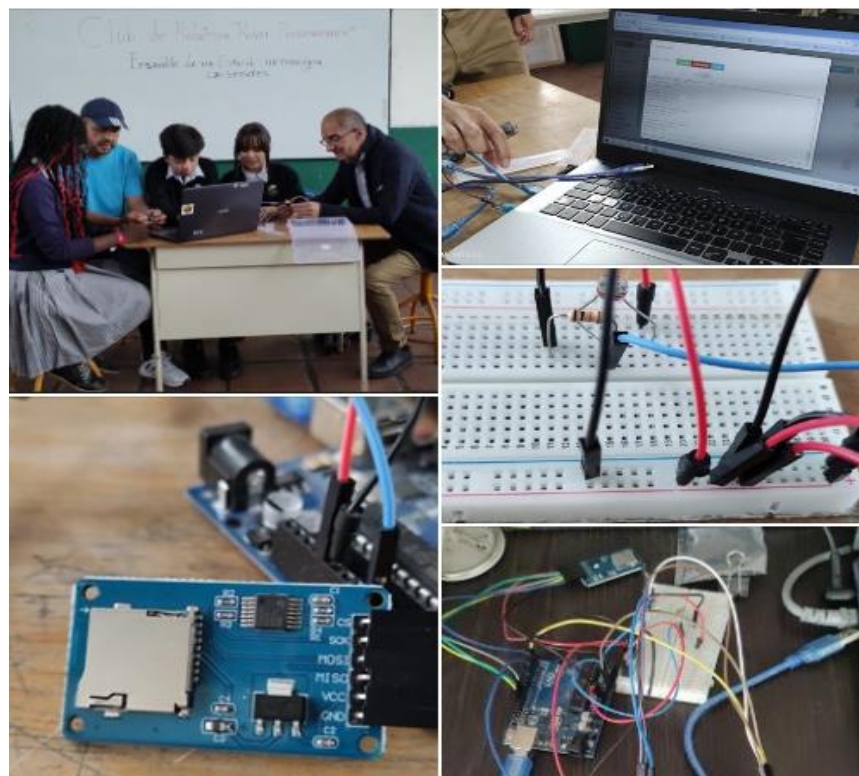


Figura 2: Estación meteorológica con sensores para el monitoreo de parámetros ambientales.  
Fuente: Elaboración propia.

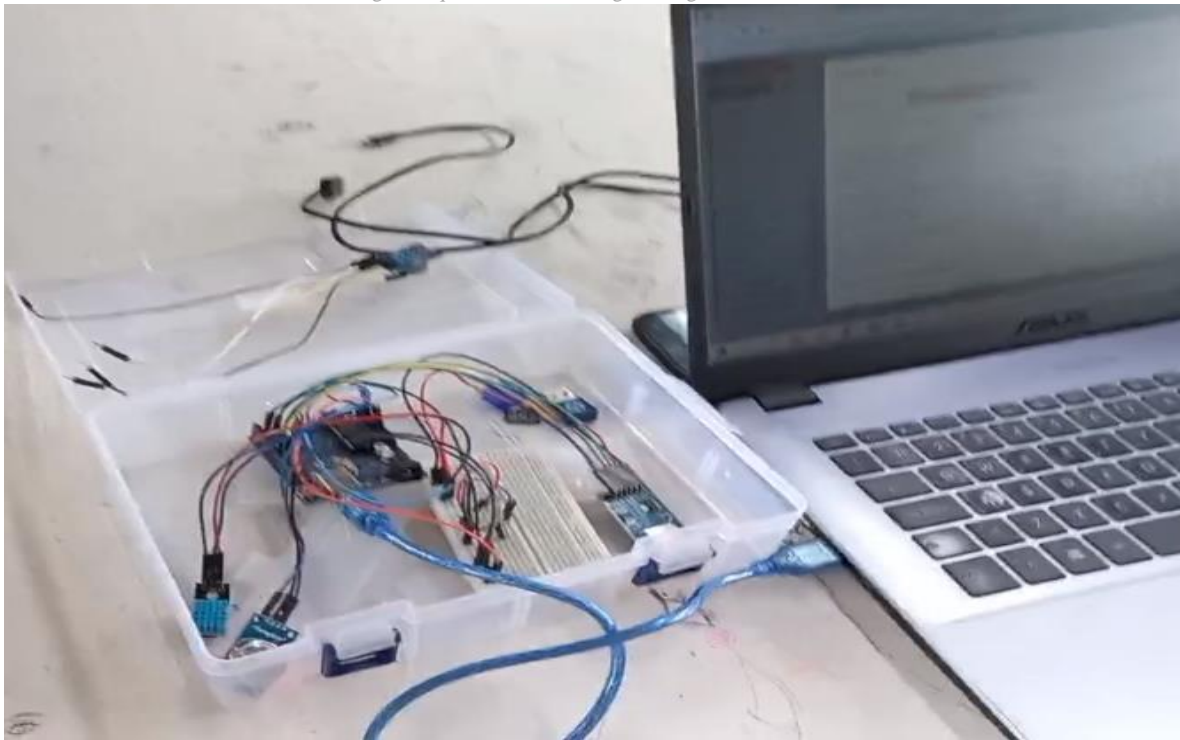


Figura 3. Interfaz del usuario.  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se evidencia los datos obtenidos de la estación meteorológica relacionado con la temperatura exterior e interior en las aulas de clase durante las fechas del 8 al 10 de mayo de 2023. En la temperatura dentro del aula se observan datos que van desde los 24 o C hasta los 29 oC. Esto corrobora que de acuerdo con la Norma Técnica 4595, los estudiantes y los docentes se encuentran por fuera de la zona comfortable que va desde los 18 oC hasta los 24 oC.

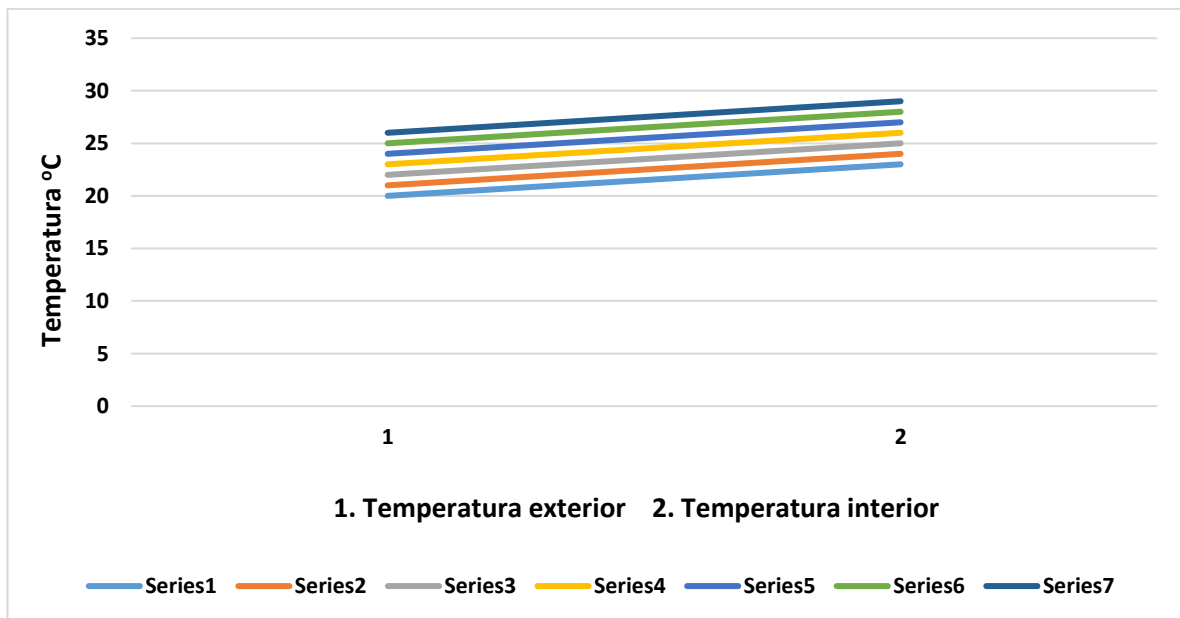


Figura 4: Temperatura exterior e interior en las aulas de clase.  
Fuente: Elaboración propia.

## V. PROYECCIÓN

Se proyecta con la experiencia, implementar la estación meteorológica en las otras sedes de la institución educativa, y en otras instituciones del municipio de Soacha-Cundinamarca. Además, ubicar otro sensor para medir ruido. También poder llegar a realizar estudios de investigación relacionado con: correlación de los picos de enfermedades respiratorias con la humedad presente en el ambiente, incidencia de la luminosidad presente en las aulas en relación con la visión de los estudiantes y el agudamiento de problemas visuales en detrimento de su rendimiento escolar, temperatura vs aparición de IRAS (Infecciones Respiratorias Agudas) y calidad del aire y su incidencia en la aparición de síndromes emocionales (ansia, depresión, euforia, tristeza, falta de concentración etc.).

Este trabajo resume las condiciones ambientales actuales y los problemas existentes en las aulas de clase y señala la necesidad de construir el sistema de monitoreo correspondiente, se presenta y simula un esquema de diseño de un sistema de monitoreo del ambiente atmosférico basado en sensores inalámbricos.

Además, es de vital importancia el análisis de calidad de la información obtenida de los sensores de la estación meteorológica. En la actualidad, la mayor parte del trabajo científico se dedica cada vez más al desarrollo de sensores y sistemas de estaciones meteorológicas eficientes y fiables [21].

Se planea también la utilización de la Arquitectura Bioclimática para construir de manera consistente y apegada a las condiciones climáticas naturales del sitio. Promover la recuperación y el uso de los recursos disponibles en un proceso racional y bien [22]. La Arquitectura Bioclimática se caracteriza por tener como fundamento principal, el aprovechamiento del clima en beneficio del propio proyecto, para ofrecer a los habitantes el confort que necesitan, además defiende el uso eficiente y racional de los recursos disponibles localmente para mitigar el impacto ambiental que la construcción puede tener a nivel regional [23] y [24].

## VI. CONCLUSIONES

Este trabajo resumió las condiciones ambientales actuales y los problemas existentes en las aulas de clase la I.E. General Santander del municipio de Soacha, Cundinamarca y señaló la necesidad de ensamblar una estación meteorológica con sensores para monitorear parámetros atmosféricos correspondientes. Se presentó un esquema de diseño de un sistema de monitoreo del ambiente atmosférico basado en sensores inalámbricos y control meteorológico utilizado para el control de los dispositivos, así como la supervisión de los parámetros ambientales. Los sensores se han integrado con el sistema para monitorear y computar el nivel de temperatura, humedad en la atmósfera, calidad del aire y el monóxido de carbono en las aulas de clase, además, brindar alternativas viables que contribuyan al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la educación y al mejoramiento de la calidad de vida de las personas que integran la comunidad educativa.

El confort ambiental se enseña específicamente en tres materias de diseño donde se combinan la teoría y la práctica del diseño. Una disciplina de física aplicada y clases introductorias de diseño preparan a los estudiantes para la discusión de problemas de comodidad. Los estudios de diseño restantes esperan que los estudiantes combinen sus conocimientos de confort ambiental como una síntesis para resolver problemas más complejos [25] y [26].

## VII. REFERENCIAS

- [1] Saul, L. 2018. Environmental Sensors for Environmental Monitoring. [Internet]. Disponible en: <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=1273>.
- [2] Y. Xu, W. Xue, J. Wang, Y. Lei, ZL Ye y ZH Ren, "Desarrollo y perspectiva de la teoría de la capacidad del entorno atmosférico y el método de contabilidad", Investigación de Ciencias Ambientales, vol. 31, núm. 11, págs. 1835–1840, 2018.
- [3] Q. Zheng, "Diseño y aplicación de monitoreo de ruido en áreas residenciales basado en sensores inalámbricos", International Journal of Online Engineering, vol. 13, núm. 7, págs. 14 a 18, 2017.
- [4] Zhenqiang Feng, "Optimization and Simulation of Atmospheric Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor", Journal of Sensors, vol. 2021, Article ID 7714355, 10 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/7714355>.
- [5] Susmitha, P. Sowmyabala, G. Design and Implementation of Weather Monitoring and Controlling System. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Vol.97 (3), July 2014.
- [6] Kang, J. and Park S. "Integrated comfort sensing system on indoor climate" Sensors and Actuators. 2000. 302- 307.
- [7] Moghavvemi M. and Tan. S. "A reliable and economically feasible remote sensing system for temperature and relative humidity measurement". Sensors and Actuators. 2005. 181-185.
- [8] Campbell Scientific, Data loggers, Sensors and Weather stations, <http://www.campbellsci.co.uk>.
- [9] Visala, Automatic weather stations, <http://www.vaisala.com/en/products>.
- [10] Prodata, Affordable automatic weather stations, <http://www.weatherstations.co.uk>.
- [11] Sparks L. & Sumner G., "Microcomputer Based Weather Station Monitoring System", Journal of Microcomputer Applications, 7, pp. 233-24, 1984.
- [12] Dorman, CE Técnicas de observación tempranas y recientes para la niebla. En Niebla Marina: Desafíos y Avances en Observaciones, Modelado y Pronóstico; Koračin, D., Dorman, C., Eds.; Springer: Cham, Suiza, 2017.
- [13] Ilčev, SD Estaciones terrestres meteorológicas. en aplicaciones de observación meteorológica mundial por satélite (GSMO); Springer: Cham, Suiza, 2019.
- [14] Olchowik, W. Simulación de sistemas con colectores solares en relación con los datos meteorológicos brutos. Toro. Mil. Universidad Tecnología 2017, 66, 37–54.
- [15] Sarkar, I.; Pal, B.; Datta, A.; Roy, S. Estación meteorológica portátil basada en Wi-Fi para monitorear la temperatura, la humedad relativa, la presión, la precipitación, la velocidad y la dirección del viento. en Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Desarrollo Sostenible; Tuba, M., Akashe, S., Joshi, A., Eds.; Springer: Singapur, 2020.
- [16] Bagiorgas H.S, Margarita N. A, Patentalaki. A, Konofaos. N, Dmetrios P, Matthopoulos & Mihalakakou G., "The Design Installation and Operation of A Fully Computerised, Automatic Weather Station for High Quality Meteorological Measurements", Fresenius Environmental Bulletin, 16–8, pp.948- 962. 2007.
- [17] Norma Técnica Colombiana NTC 4595 Ingeniería Civil y Arquitectura Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares. [Internet]. Disponible en : [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-96894\\_Archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-96894_Archivo_pdf.pdf).
- [18] Ossa, S.I. Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos. Revista Vector, 12: 51-60.
- [19] Fernández, T. ARDUINO Libro de proyectos. [Internet]. Disponible en: <https://candy-ho.com/Drivers/librodeproyectosdearduinostarterkit-151212174250.pdf>.
- [20] Escribano, J. "Implementación de una estación meteorológica con Arduino. 2016. [Internet]. Disponible en : <https://bit.ly/43minU5>.

- [21] Stawowy, M. Olchowik, W. Rosinski, A. Dabrowski, T. El análisis y modelado de la calidad de la información adquirida de los sensores de la estación meteorológica. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13040693>.
- [22] García, J. Fuentes, V. (2000), Arquitectura y medio ambiente en la Ciudad de México; UAM. Unidad Azcapotzalco, 143 págs. México.
- [23] Tovar, M. García, J. (2014). Educational Program for Promoting the Application of Bioclimatic and Sustainable Architecture in Elementary Schools. En línea. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214014507>.
- [24] Watson, D. Bioclimatic Design. In Sustainable Built Environments; Loftness, V., Haase, D., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2013.
- [25] Kowaltowski, D. Labaki, L. Pina, Gutierrez, G and Gomes da Silva, V. (2005). The challenges of teaching bioclimatic architectural design. En línea: Disponible en: [https://www.aivc.org/sites/default/files/members\\_area/medias/pdf/Inive/palenc/2005/Kowaltowski.pdf](https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/Inive/palenc/2005/Kowaltowski.pdf).
- [26] Tucci, F. (2021). Bioclimatic Approaches and Environmental Design. Strategies, Criteria and Requirements for an Evolution of Experimentations. En línea. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-59328-5\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-59328-5_4).