

DOI: 10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.229-240

URL: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1109>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIAMUC

ISSN: 2588-0748

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 3310 Tecnología Industrial

PAGINAS: 229-240



Sistema de monitoreo de higiene en baños utilizando tecnologías de la Industria 4.0

Hygiene monitoring system in bathrooms using Industry 4.0 technologies

Sistema de monitorização da higiene nas casas de banho utilizando tecnologias da Indústria 4.0

**Jairo Geovanny Veintimilla Andrade¹; Miguel Ángel Veintimilla Andrade²;
Nury Marisol Aguilar Cambisaca³**

RECIBIDO: 23/02/2023 **ACEPTADO:** 12/03/2023 **PUBLICADO:** 15/05/2023

1. Magíster en Administración de Empresas con Mención en Telecomunicaciones; Ingeniero en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial en Telecomunicaciones; Universidad de Guayaquil, Ecuador; jairo.veintimillaa@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-7319-3443>
2. Diploma Superior en Pedagogía Universitaria; Magíster en Administración de Empresas con Mención en Telecomunicaciones; Ingeniero en Telecomunicaciones con Mención en Gestión Empresarial en Telecomunicaciones; Universidad de Guayaquil, Ecuador; miguel.veintimillaa@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0001-6741-9349>
3. Ingeniera en Telemática; Universidad de Guayaquil, Ecuador; nury.aguilarca@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0000-8154-2001>

CORRESPONDENCIA

Jairo Geovanny Veintimilla Andrade
jairo.veintimillaa@ug.edu.ec

Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo se centra en desarrollar un prototipo de sistema de red de sensores inalámbricos (WSN) para supervisar aspectos que inciden en la higiene de baños públicos, siguiendo las tecnologías propias de la Industria 4.0. Comúnmente, los baños en espacios públicos e instituciones no cuentan con sistemas de detección de condiciones higiénicas en tiempo real que controlen niveles de humedad, temperatura y gases presentes. Se plantea como objetivo general el desarrollo de un prototipo de sistema de monitoreo de condiciones de higiene en sanitarios, y se hace uso de una metodología de estudio con un enfoque cualitativo y cuantitativo por medio del uso de instrumentos como encuestas y entrevistas. El prototipo incluye el uso de un sensor MQ-135, capaz de medir niveles de sustancias como amoníaco (NH₃), CO₂ y sulfuros, entre otros gases; el sensor DTH11, que detecta simultáneamente niveles de temperatura y humedad; y el microcontrolador NodeMCU con módulo WiFi estándar 802.11 b/g/n integrado para transmitir y mostrar datos en la plataforma IoT Thingspeak. Esta combinación de elementos facilitará la implementación de acciones correctivas en los baños.

Palabras clave: Sensor, Internet de las Cosas, Higiene, Sistema Inteligente, Prototipo.

ABSTRACT

This work focuses on developing a wireless sensor network (WSN) system prototype to monitor aspects affecting the hygiene of public restrooms, following the technologies of Industry 4.0. Typically, restrooms in public spaces and institutions do not have real-time hygiene detection systems that control humidity, temperature, and gas levels. The overall objective is to develop a prototype system for monitoring hygiene conditions in restrooms, using a study methodology with a qualitative and quantitative approach through the use of instruments such as surveys and interviews. The prototype includes the use of an MQ-135 sensor, capable of measuring levels of substances such as ammonia (NH₃), CO₂, and sulfides, among other gases; the DTH11 sensor, which simultaneously detects temperature and humidity levels; and the NodeMCU microcontroller with integrated 802.11 b/g/n standard WiFi module to transmit and display data on the Thingspeak IoT platform. This combination of elements will facilitate the implementation of corrective actions in restrooms.

Keywords: Sensor, Internet of Things, Hygiene, Intelligent System, Prototype.

RESUMO

Este trabalho centra-se no desenvolvimento de um protótipo de um sistema de rede de sensores sem fios (RSSF) para monitorizar aspectos que afectam a higiene das casas de banho públicas, seguindo as tecnologias da Indústria 4.0. As casas de banho públicas em espaços públicos e instituições não dispõem habitualmente de sistemas de deteção das condições de higiene em tempo real que controlem os níveis de humidade, temperatura e gases presentes. O objetivo geral é desenvolver um protótipo de sistema de monitorização das condições higiénicas em casas de banho, utilizando uma metodologia de estudo com uma abordagem qualitativa e quantitativa através da utilização de instrumentos como inquéritos e entrevistas. O protótipo inclui a utilização de um sensor MQ-135, capaz de medir os níveis de substâncias como amoníaco (NH₃), CO₂ e sulfuretos, entre outros gases; o sensor DTH11, que detecta simultaneamente os níveis de temperatura e humidade; e o microcontrolador NodeMCU com módulo WiFi padrão 802.11 b/g/n integrado para transmitir e apresentar os dados na plataforma IoT Thingspeak. Esta combinação de elementos facilitará a implementação de acções correctivas nas casas de banho.

Palavras-chave: Sensor, Internet das Coisas, Higiene, Sistema Inteligente, Protótipo.

Introducción

El presente trabajo aborda la necesidad de desarrollar sistema de monitoreo de higiene en baños, utilizando tecnologías de la Industria 4.0. La calidad del aire en espacios cerrados o con escasa ventilación puede afectar el rendimiento y bienestar de las personas debido a la exposición a altas concentraciones de CO₂. El dióxido de carbono puede generar agotamiento, asfixia y náuseas al superar los 800 ppm. Es así como ambientes cerrados con poca luz natural pueden propiciar la condensación y la proliferación de gérmenes, debido a la dependencia de estos en la humedad y temperatura de las superficies, aumentando el riesgo de contraer enfermedades. Se estima que el 86% de las personas prefieren evitar el uso de baños públicos.

Es imperante mejorar el ambiente de habitaciones de baños los cuales necesitan condiciones higiénicas adecuadas y oportunas, y avanzar hacia ideas como la de entornos inteligentes mediante la implementación de tecnologías de la Industria 4.0, por lo que se propone un prototipo de sistema de monitoreo de la calidad del aire, temperatura, humedad y niveles de CO₂ en baños de cualquier institución o establecimiento, con el fin de garantizar el bienestar y la salud de los usuarios.

Objetivo

Desarrollar un prototipo de monitoreo de condiciones de higiene en baños.

Para el mismo, se pretendo hacer uso de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 para mejorar la eficiencia y precisión del monitoreo.

Alcance

Se plantea una red de sensores interconectados (en línea con la Industria 4.0) en espacios de aseo como baños, con el objetivo de monitorear variables ambientales que influyen en la higiene de estos. Cada nodo final incorpora diversos sensores que pueden evaluar aspectos como calidad del

aire, humedad, temperatura y otras variables relevantes en el contexto del estudio. Se incorpora el uso de módulos WiFi, basados en el estándar IEEE 802.11 b/g/n estableciendo conexión con un gateway para transmitir los datos recolectados hacia una plataforma IoT, integrándose así con las tendencias de la Cuarta Revolución Industrial.

Justificación

Es esencial que los baños de cualquier lugar cuenten con una buena calidad de aire, ya que su impacto en la salud de los usuarios puede causar náuseas, dolor de cabeza, fatiga y congestión nasal. Además, altas concentraciones de CO₂ pueden provocar vómitos, pérdida de conocimiento e incluso la muerte. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2022) señala que, en espacios cerrados y concurridos, existen factores ambientales imperceptibles para las personas, que al exponerse constantemente pueden generar síntomas como náuseas, fatiga, congestión nasal e irritaciones, entre otros. Según Maira Taborda (2020), un aspecto crucial en la calidad del aire de instituciones o establecimientos en general es el impacto del ambiente interior en el bienestar de las personas. El control de agentes internos como la temperatura y humedad es fundamental para lograr un confort térmico adecuado. Para una gestión efectiva de la calidad del aire, es necesario considerar que la temperatura y humedad en espacios cerrados son algunos de los principales agentes ambientales a monitorear para mantener una óptima calidad del aire en baños de cualquier instalación.

Antecedentes

Dentro del contexto de sistemas de monitoreo de ambiente, se pueden mencionar diversas investigaciones y desarrollos previos. Gualpa Morán (2018) diseñó un prototipo para monitorear la calidad del aire, capaz de detectar partículas de polvo y transmitir la información a un microcontrolador para visualizarse en una pantalla LCD. Este sistema puede integrarse en una red

de sensores inalámbricos (WSN) y aprovechar las tecnologías inalámbricas para conectar varios nodos en una misma red.

Por su parte, Soledispa Jonathan (2020) analizó niveles muy altos de CO₂ en aulas de clases utilizando el sensor MQ-135. Según su estudio, las personas experimentan molestias leves en un rango de 200 a 800 ppm, malestares graves entre 800 y 1000 ppm y niveles superiores pueden ser letales. El umbral límite para una exposición de 8 horas es de 30 ppm, por lo que el sensor debe programarse para emitir una alerta antes de llegar a dicho umbral.

Cárdenas Sánchez (2019) desarrolló una red de sensores inalámbricos para monitorear variables agroecológicas en cultivos bajo invernadero. El sistema detecta y mide humedad, temperatura e iluminación en espacios abiertos, utilizando un NodeMcu ESP8266 como nodo coordinador para el envío de datos y visualización a través de una interfaz IoT. Este trabajo sugiere

la importancia de adaptar esta tecnología a espacios cerrados e incluir sensores de CO₂ para monitorear la calidad del aire en estos entornos. Finalmente, Sepúlveda Bustos (2020) diseñó un sistema de monitoreo basado en redes de sensores inalámbricos para medir variables aplicadas a la arquitectura bioclimática. El estudio incluye sensores de humedad, temperatura y luz que almacenan datos en una memoria y los transmiten a la nube, donde se presentan mediante una plataforma IoT. Los resultados demuestran que el módulo sensor DHT11 es efectivo y adaptable para medir variables de temperatura y humedad relativa.

Elementos contaminantes en aire

La OMS indica que muchas personas respiran aire contaminado debido a partículas dañinas provenientes de calefacción, industrias y transporte, lo que afecta negativamente la salud humana. Entre los contaminantes más comunes se encuentran:

Tabla 1. Principales contaminantes en aire

Contaminante	Descripción	Fuentes principales	Efectos en la salud
Monóxido de carbono (CO)	Gas incoloro	Combustión incompleta: petróleo, gas, carbón, gasolina, madera	Afecta la calidad del aire y salud respiratoria
Dióxido de azufre (SO ₂)	Gas incoloro	Minería, quema de combustibles	Daño a las vías respiratorias, dependiendo de la exposición y concentración
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Compuesto de nitrógeno y oxígeno	Industrias, calefacción de carbón	Formación de nuevos contaminantes, afecta la salud y enfermedades respiratorias
Partículas sedimentables	Cuerpos sólidos dispersos en la atmósfera	Actividades humanas, volcanes	Variados, según el tipo de partícula
Radón	Gas noble incoloro, insípido e inodoro	Roca, suelo, ladrillos	Riesgo de cáncer de pulmón, entre otros
Partículas PM10	Partículas líquidas o sólidas dispersas en la atmósfera	Industrias, construcciones, transporte	Problemas respiratorios y enfermedades relacionadas

Fuente: Adaptado de (Agricultura. El cultivo del maíz. 1a parte., s. f.).

Condiciones higiénicas en baños

Los valores aceptables en contaminantes comunes para garantizar condiciones higiénicas y seguridad de las personas en am-

bientes cerrados como baños son como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Valores aceptables para contaminantes en baños

Contaminante	Valor aceptable	Unidad	Fuente
Amoníaco (NH3)	25	ppm	OSHA
Dióxido de azufre (SO2)	20	µg/m ³	OMS
Monóxido de carbono (CO)	9 (8 horas) / 35 (1 hora)	ppm	EPA
Temperatura	20 - 25	°C (68 - 77°F)	Generalmente aceptado
Humedad	40 - 60	% (relativa)	Generalmente aceptado

Fuente: Adaptado de (Agricultura. El cultivo del maíz. 1a parte., s. f.).

Metodología y técnicas de investigación

Este proyecto empleó una investigación mixta para recopilar datos necesarios en el diseño de investigación, combinando enfoques cualitativos y cuantitativos. Se realizó entrevistas y un análisis de datos para evaluar las perspectivas de los usuarios sobre el mantenimiento de los baños a través de una encuesta. Para esto, se seleccionó un baño de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil como espacio físico modelo para la implementación de los nodos.

El marco metodológico incluyó el método bibliográfico, que implica una selección rigurosa de información relevante y actualizada. El método deductivo, validando el estudio a través de resultados y conclusiones lógicas. El método de campo realizando encuestas para obtener información sobre el conocimiento de los usuarios acerca de la calidad del aire en interiores y finalmente, el método experimental para observar y evaluar el pro-

totipo de red y sus funcionalidades, identificar errores y trabajar con una plataforma IoT para presentar los datos recopilados.

Población y muestra

Como población se tomó a los estudiantes de la Carrera de Telemática de la Facultad de Ingeniería Industrial, los cuales son usuarios de los baños sobre los cuales se propone la red de sensores de monitoreo. Sobre los mismos se genera una muestra para inferir conclusiones sobre el grupo completo de representativa, reflejando diferencias y similitudes en población.



Tabla 3. Población y muestra de estudiantes Carrera de Telemática de la Facultad de Ingeniería Industrial

	Muestra	
Personal total estudiantil	845	100%
Total de la muestra	264.23	100%

Fuente: Información tomada de la presente investigación. Elaborado por: Aguilar Cambisaca Nury.

Resultados de encuestas y entrevista

En base a las conclusiones obtenidas de la entrevista, se puede inferir que la implementación de un sistema de monitoreo ambiental en los baños mediante una red de sensores distribuidos es una solución importante y necesaria. Este sistema permitiría mejorar las condiciones higiénicas, controlar la proliferación de bacterias y contribuir a la salud de los usuarios. La falta de cooperación de los estudiantes y los factores ambientales externos influyen en la degradación de las condiciones higiénicas de los baños, por lo que un sistema inteligente de monitoreo permitiría optimizar la limpieza y el mantenimiento de las áreas. Además, la implementación de este tipo de sistemas promovería una mayor conciencia y responsabilidad por parte de los estudiantes para cuidar adecuadamente las instalaciones. La adopción de un enfoque de Industria 4.0, que integra la Internet de las cosas (IoT), y el análisis de datos en tiempo real, permitiría optimizar la limpieza y el mantenimiento de las áreas mediante un monitoreo constante y una respuesta rápida a las necesidades de las instalaciones.

Por otro lado, la encuesta revela que un 97,7% de los estudiantes de la facultad de Ingeniería Industrial ha utilizado los baños. La mayoría (76,2%) está de acuerdo en dar la misma atención a los baños que a otras áreas estudiantiles y docentes en términos tecnológicos. Además, un 73,8% considera importante monitorear la calidad del aire en

los baños y un 68,2% apoya la implementación de dispositivos que detecten variables ambientales como humedad, temperatura y CO₂. En cuanto a la integración de una red de sensores inalámbricos, un 53,4% de los encuestados está de acuerdo con la implementación de dicho sistema. Por último, un 76,9% de los estudiantes encuentra aceptable el uso de una plataforma IoT para visualizar en tiempo real la información recopilada. Estos resultados muestran el interés en la integración de tecnologías innovadoras en la Facultad para mejorar las condiciones de los baños y promover un entorno más saludable.

Requerimientos de la red de sensores

Para desarrollar una red inalámbrica compatible con sitios web y plataformas IoT, se debe emplear tecnología que permita el acceso y visualización de datos desde cualquier lugar y adaptarse a diferentes espacios. Es esencial considerar costos, utilizando software y hardware de código abierto y económico. Además, se requiere una plataforma IoT como gateway para verificar la visualización de datos, determinar el número de nodos sensores según las áreas y asegurar la detección de factores ambientales que afecten espacios cerrados.

Requerimientos de usuario

En cuanto a los requerimientos del usuario, el diseño de la red debe adaptarse a las dimensiones de cada baño en el área de implementación. El sistema debe ser intuitivo, permitiendo la interacción sencilla y el ac-

ceso fácil a la plataforma IoT, donde se recopilan los datos del monitoreo. Las visualizaciones de las variables obtenidas por los nodos sensores deben mostrarse en tiempo real en las ubicaciones donde se instalarán estos dispositivos, teniendo en cuenta las dimensiones de 30 m² en los baños.

Requerimiento del sistema

En relación con los requerimientos del sistema, se necesita un programa que controle los circuitos electrónicos de los dispositivos, como un IDE de desarrollo de código abierto. La ejecución del código debe ser secuencial y simple para ocupar el menor espacio posible en la memoria. El sistema debe ser capaz de conectarse de forma

inalámbrica a un enrutador o dispositivo proveedor de internet y ser compatible con los componentes electrónicos para no verse afectado por el firmware en el microcontrolador. Como es mostrado en el apartado bibliográfico y gracias a los resultados de las encuestas y entrevistas, se toma como variables a ser censadas: NH₃(amoníaco), SO₂, CO, humedad y temperatura.

Características tecnológicas

Para la elaboración del sistema de monitoreo se hizo la una selección de elementos que contemplan: tecnología inalámbrica, microcontrolador y sensores. Adicional se hizo uso de un buzzer activo con el fin de alarmar el exceso de umbral de alguna variable.

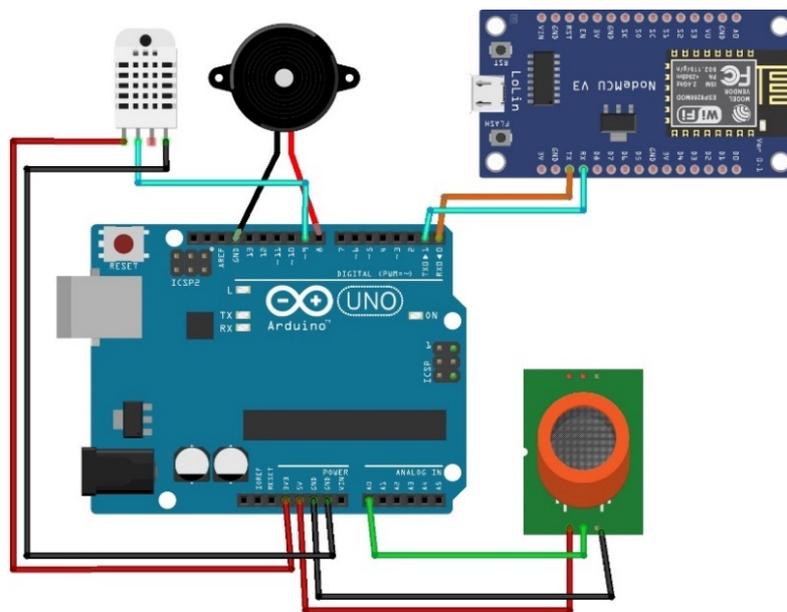


Figura 1. Diseño del sistema realizado en fritzing. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Aguilar Cambisaca Nury Marisol.

Tecnología inalámbrica

La tecnología 802.11 b/g/n, al operar en la banda de 2.4 GHz, brinda amplio alcance y capacidad para múltiples nodos, siendo ideal para este proyecto. Su rango se ajusta a las áreas seleccionadas, permitiendo

transmisión eficiente de información a dispositivos. Además, su funcionamiento sencillo y la posibilidad de agregar más nodos, junto con la conexión de diversos dispositivos sin sobrecargar la red, resultan en un diseño óptimo del prototipo.

Tabla 4. Características técnicas tecnología 802.11 b/g/n

Tecnología	Duración de batería	Voltaje IN / Corriente OUT	Cobertura (m)	Velocidad de transmisión	Capacidad de red
802.11 b/g/n	1 día	5V / 350 mA	100 m	54 Mbps	32

Fuente: Información tomada de la presente investigación. Elaborado por: Veintimilla Andrade Jairo

Microcontroladores NodeMCU y Arduino uno

Se seleccionó el NodeMCU8266 debido a que cuenta con un convertidor USB-serial CH-340G más moderno. Además, hay una

vasta documentación disponible sobre este dispositivo que facilita su integración con otros módulos, y admite protocolos I2C y SPI como métodos de comunicación adicionales.

Tabla 5. Características técnicas microcontrolador NodeMCU ESP8266 v3

Modelo	Convertidor USB	Memoria	Entradas/salidas	V _{in}
ESP8266 v3	CH340	4MB	1/9	5V

Fuente: Información tomada de la presente investigación. Elaborado por: Veintimilla Andrade Jairo

Adicional a esto, se hace uso de una placa Arduino Uno ya que, en un sistema de monitoreo de gases, la placa es necesaria debido a sus múltiples pines de entrada/salida y la capacidad de comunicarse con sensores de gases específicos. Su compatibilidad con una amplia variedad de módulos y sensores facilita la versatilidad del diseño del sistema. En el caso de ambas placas se hace uso del IDE (Integrated Development Environment) de Arduino.

Sensores

El MQ-135 ofrece un rango de medición comparable al sensor previamente mencionado y tiene la capacidad de detectar una mayor cantidad de contaminantes que podrían hallarse en los baños. Además, su

precio es más asequible, lo que lo hace adecuado para diversas pruebas de laboratorio o sistemas de monitoreo. Por lo tanto, este sensor es la opción más adecuada en términos de compatibilidad para el proyecto actual.

Tabla 6. Características técnicas sensores MQ-135 y DHT11

Modelo	Voltaje	Sustancia	Vida útil	Rango de detección
MQ-135	5V	NH3(amoníaco), SO2, CO.	5 años	10ppm a 1000ppm
DHT11	5V	Temperatura y humedad	5 años	Temperatura: 0 °C – 50 °C Humedad: 20% - 80%

Fuente: Información tomada de la presente investigación. Elaborado por: Veintimilla Andra-de Jairo

Plataforma IoT

Se hizo uso de ThingSpeak como plataforma IoT ya que es una opción ideal para un sistema de monitoreo de gases en baños debido a que combina la capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real, con la facilidad de integración en dispositivos y sistemas de la Industria 4.0. Ofrece funcionalidades de análisis de datos y procesamiento, lo que permite implementar algoritmos y tomar decisiones basadas en datos en tiempo real y contempla una gran compatibilidad con Arduino y otros microprocesadores.

Representación del esquema de sistema

Los módulos sensores desempeñan la función principal de obtener lecturas relacionadas con las variables de las condiciones higiénicas. Estos datos son enviados al microcontrolador, donde se almacenan y se verifica si cumplen o no con las condiciones establecidas. En función de esto, se ejecutará una acción mediante la decisión programada. Una vez que el nodo sensor haya recolectado los datos, estos se transmitirán en tiempo real a la plataforma IoT. Allí, se podrán visualizar gráficamente los valores obtenidos al instante, además de llevar un registro en un período determinado. De esta manera, se podrá actuar con base en el historial generado.

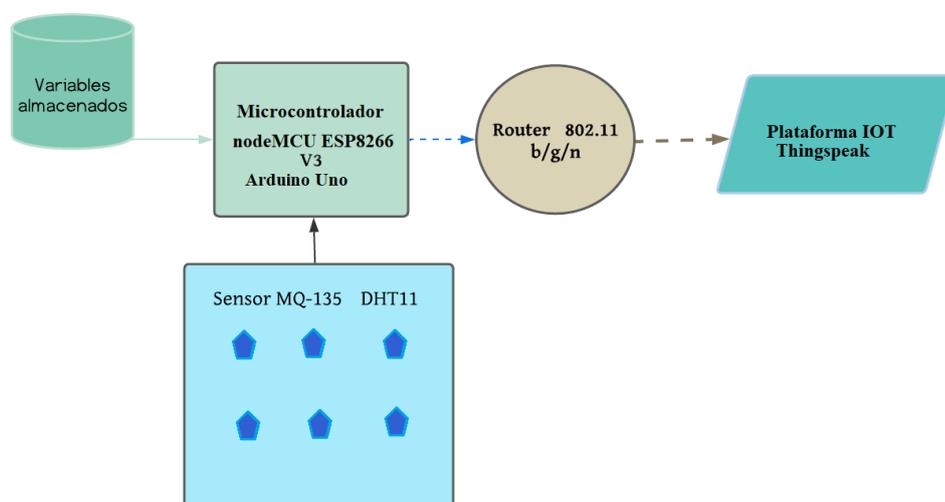


Figura 2. Esquema del sistema. Información tomada de la investigación directa
Elaboración: Aguilar Cambisaca Nury Marisol

Interpretación de datos

Para comprender la información transmitida desde el Arduino al NodeMCU y, posteriormente, a la plataforma IoT, se describe la sim-

bología y definición de la entrada que recibe el microcontrolador.

Tabla 7. Variables enviadas del nodeMCU a la plataforma Thinspeak

Datos para muestra			
Simbología	Definición	Microcontrolador	Valor promedio
H	Humedad	Arduino uno	72-78 normal
T	Temperatura	Arduino uno	27-32 normal
G	Dato analógico	Arduino uno	15-35 normal
P	PPM estándar	Arduino uno	0.34 – 2.0 normal
C	PPM mejorada	Arduino uno	0.21 – 1.30 normal
V	Voltaje	Arduino uno	0.07 – 0.20 normal
B	<u>Buzzer</u>	Arduino uno	0 normal
I	Intensidad de señal wifi	<u>NodeMCU</u>	-38 / -60 normal

Fuente: Información tomada de la presente investigación. Elaborado por: Aguilar Cambisaca Nury

Diseño de red

En todos los niveles del edificio principal de la Facultad de Ingeniería Industrial, la estructura es similar, particularmente en la disposición de los baños y los enrutadores. Cada nodo sensor se instala en los baños

de los diferentes pisos, conectándose a los puntos de acceso a Internet más cercanos. La fuerza de las señales de las redes WiFi en los baños, cuando hay una persona presente, presenta un promedio de -35 dBm. Este nivel es adecuado para operar en una frecuencia de 2.4 GHz.



Figura 3. Diseño del piso 1 en el edificio de la facultad de Ingeniería Industrial. Información tomada de la investigación directa.

Elaboración: Aguilar Cambisaca Nury Marisol.

Pruebas de funcionamiento

Los datos recopilados por el Arduino se visualizan localmente en el monitor serie del entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino mientras que los widgets de ThingS-

peak, permiten observar los datos pertenecientes al NodeMCU ESP8266, que incluyen humedad, temperatura, lectura analógica del gas y concentración en partes por millón (ppm) estándar como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Lecturas de las primeras variables en thigspeak. Información tomada de la investigación directa

Elaboración: Elaborado por Aguilar Cambisaca Nury Marisol.

Conclusión

En el marco de la Industria 4.0, se ha empleado el microprocesador nodeMCU ESP8266, el cual tras instalarle adecuadamente las librerías de IDE de Arduino logró establecer una comunicación eficiente entre el nodo sensor y la plataforma IoT.

La decisión de optar por dos placas corresponde a las ventajas de cada una. Mientras que la placa Arduino Uno es bastante versátil y permitió procesar la información de los sensores de una manera precisa, el NodeMCU facilitó el envío de los datos separándolos en variables y transmitiéndolos a ThingSpeak por medio de los pines Rx y Tx.

La amplia cobertura de la red y accesibilidad, facilitó la incorporación de dispositivos de monitoreo inteligente.

La información recopilada se puede visualizar desde cualquier lugar del mundo mediante la página web o la aplicación móvil de la plataforma IoT. Esto demuestra el potencial de la Industria 4.0 en la mejora de las condiciones higiénicas en los baños y la prevención de problemas de salud asociados.

Bibliografía

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2021). Monóxido de carbono (CO) Contaminación del aire. Recuperado de <https://www.epa.gov/co-pollution/table-historical-carbon-monoxide-co-national-air-quality-standards-naaqs>

Bainotti, m. A. (2020). Diagnóstico de la calidad del aire interior en el ámbito universitario de la UPC-CAMPUS SUD. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/376270/IAC_UPC-TFM-MAIRA_TABORDA-2020-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Barrio Vera, L., & Fajardo Torres, K. (Marzo de 2020). Diseño e implementación de un prototipo de red de sensores inalámbricos o WSN WIRELESS SENSOR NETWORK para controlar la temperatura de ambientes industriales. 125. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48785/1/B-CINT-PTG-N.%20487%20Barrio%20Vera%20Luisa%20Lisbeth%20.%20Fajardo%20Torres%20Kaina%20Antonella.pdf>

Cárdenas Sánchez, W. (11 de Enero de 2020). Diseño e implementación de un prototipo usando una red de sensores inalámbricos para un Sistema de monitoreo. 124. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19378/1/UPS-GT003008.pdf>

Darío, G. M. (2018). Diseño de un prototipo de monitoreo de la. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40636/1/TESIS%20COMPLETA%20DARIO%20GUALPA.pdf>

EPA. (2022). Por qué la calidad del aire de los interiores es importante para las escuelas. <https://espanol.epa.gov/cai/por-que-la-calidad-del-aire-de-los-interiores-es-importante-para-las-escuelas>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). Directrices de la OMS sobre la calidad del aire: Dióxido de azufre (SO₂). Recuperado de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

OSHA. (n.d.). Anexo A a la Norma 1910.1000 - Tabla Z-1 - Límites de exposición permisibles para contaminantes del aire en el lugar de trabajo. Recuperado de <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000TABLEZ1>

Sepúlveda, D. F. (2020). Sistema de monitoreo, basado en redes de sensores inalámbricos, para la medición de variables de interés aplicado a la arquitectura bioclimática. <https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21901/2020DanielSepulveda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Soledispa Villegas, T. J. (Julio de 2020). Análisis de niveles muy altos de co₂ en las aulas de clases mediante el sensor MQ-135. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/58211/1/JONATHAN%20TOMAS%20SOLEDISPA%20VILLEGAS.pdf>

Tejeda Martínez, A. (2018). La humedad en la atmósfera Bases físicas, instrumentos y aplicaciones. Colima, México: Sistema Editorial Electrónico PR. http://www.uco.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-humedad-en-la-atmosfera_466.pdf

Torres Rodríguez, G. (Marzo de 2020). Diseño e implementación de un prototipo de alerta que detecte la fuga de gas metano en una vivienda y activación de mecanismos de protección. 113. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48804/1/B-CINT-PTG-N.500%20Torres%20Rodríguez%20Gilson%20Roberto.pdf>

Unidas, Naciones. (2020). La humedad afecta la posibilidad de contagio de COVID-19, explica la OMS. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1483412>

Zambrano Leones, T. (Octubre de 2019). Diseño de una red lan WSN basada en tecnología zigbee para interconectar a la facultad de ingeniería industrial de la universidad de guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/54638/1/Tesis-Zambrano%20leones.pdf>



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.

CITAR ESTE ARTICULO:

Veintimilla Andrade, J. G., Veintimilla Andrade, M. Ángel, & Aguilar Cambisaca, N. M. (2023). Sistema de monitoreo de higiene en baños utilizando tecnologías de la Industria 4.0. RECIAMUC, 7(2), 229-240. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.229-240](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.229-240)