



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Sistema IoT para el monitoreo de variables ambientales en un ambiente laboral

IoT system for monitoring environmental variables in a work environment

Jefferson David Lozada Contreras, Instituto Superior Tecnológico Luis Tello, Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador

Alex David Bautista España, Instituto Superior Tecnológico Luis Tello, Esmeraldas, Esmeraldas

Maeli Roxana Mora Ibarra, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador

Samuel Ricardo Lozada Contreras, Unidad Educativa Fiscomisional Sagrado Corazón, Esmeraldas, Ecuador

*** Autor de Correspondencia:** Lozada Contreras Jefferson David, jdlozadal@gmail.com

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 25 Agosto 2023 | Aceptado: 28 Noviembre 2023 | Publicado online: 5 enero 2024

CITATION

Lozada-Contreras J., Mora-Ibarra M., Bautista-España A. y Lozada-Contreras S. Sistema IoT para el monitoreo de variables ambientales en un ambiente laboral. *Revista Social Fronteriza* 2024; 4(1): e41117. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(1\)117](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(1)117)

COPYRIGHT



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

RESUMEN

Hoy en día, la tecnología IoT está en auge a medida que los usuarios dependen cada vez más de ella, no sólo en electrodomésticos sino también en entornos laborales para identificar parámetros físicos. Una solución tecnológica ampliamente utilizada en la actualidad son los dispositivos y sistemas de IoT que aprovechan la conectividad y el acceso a Internet para proporcionar monitoreo, control, almacenamiento y visualización de datos utilizando plataformas de IoT. En este trabajo se propone un sistema IoT para el monitoreo de variables ambientales en el ambiente laboral de una sala docente del Instituto Superior Tecnológico Luis Tello de la Ciudad de Esmeraldas. Posteriormente, se utilizaron los softwares Arduino, Proteus y la plataforma Cayenne de myDevices para diseñar y simular el sistema de monitoreo de IoT. El sistema IoT está diseñado para medir y monitorear variables de temperatura y humedad, utilizando tecnología NODEMCU ESP32 y sensor DHT11. El artículo finalmente propone una solución de PCB y demuestra el buen rendimiento del sistema IoT para generar una base de datos de temperatura y humedad en una sala docente.

Palabras Clave: Sistema de monitoreo; Plataforma Cayenne; Internet de las cosas; Wi-Fi; ESP32

ABSTRACT

Today, IoT technology is booming as users increasingly rely on it, not only in home appliances but also in work environments to identify physical parameters. A widely used technology solution today is IoT devices and systems that leverage Internet connectivity and access to provide data monitoring, control, storage, and visualization using IoT platforms. In this work, an IoT system is proposed for monitoring environmental variables in the work environment of a teaching room at the Luis Tello Higher Technological Institute in the City of Esmeraldas. Subsequently, Arduino, Proteus and myDevices' Cayenne platform were used to design and simulate the IoT monitoring system. The IoT system is designed to measure and monitor temperature and humidity variables, using NODEMCU ESP32 technology and DHT11 sensor. The paper finally proposes a PCB solution and demonstrates the good performance of the IoT system to generate a temperature and humidity database in a teaching room.

Keywords: Monitoring system; Cayenne platform; Internet of things; Wifi; ESP32

1. Introduction

Uno de los temas que más se ha difundido durante la última década debido a las ventajas que supone la monitorización y automatización de diferentes sistemas es el Internet de las cosas (IoT). Los avances en ciencia y tecnología y el desarrollo en electrónica y comunicaciones han permitido a los humanos comunicarse de forma remota con personas u objetos en todos los sectores de la economía y la sociedad. Uno de los conceptos modernos de Internet es el llamado Internet de las Cosas, que permite el seguimiento y control de casi todo lo que se puede conectar a una red (Santana et al., 2020).

De acuerdo con la definición del UIT-T, Internet de las cosas puede entenderse como la infraestructura global de la sociedad de la información que permite el despliegue de servicios avanzados interconectando objetos físicos y virtuales utilizando tecnologías de información y comunicación interoperables (Chanchí et al., 2022). El monitoreo de variables ambientales se refiere a la gestión y regulación de los factores ambientales que afectan a un determinado lugar o área geográfica. Esto puede incluir la gestión de la calidad del aire, del agua y del suelo, así como el control de la emisión de contaminantes, la gestión de residuos y la protección de la biodiversidad y los ecosistemas (Rojas & Parra, 2003).

La Organización Internacional del Trabajo, indica que el estrés térmico debido al calentamiento global se convertirá en una condición común a medida que los antecedentes climáticos tiendan a aumentar en frecuencia e intensidad, planteando así riesgos para la salud ocupacional (OIT, 2019). Las características principales del sistema de monitoreo IoT radican en la obtención de datos ambientales de temperatura y humedad. Es por ello que el objetivo de este estudio es implementar sistemas IoT y de obtención de datos para monitorear variables ambientales, logrando el objetivo de obtener una base de datos e implementar tecnologías IoT para realizar seguimiento de las variables que influyen en un ambiente laboral durante la jornada de trabajo docente. Además, los datos que se obtienen del mismo se analizan, utilizando herramientas de visualización (plataforma IoT) en tiempo real. Finalmente se realiza un análisis que resalta las ventajas y desventajas de implementar la solución propuesta, brindando así los mejores resultados para el ambiente laboral en una sala docente.

2. Desarrollo

2.1. Internet de las cosas

En la actualidad una temática que ha tenido gran impacto en los últimos años debido a las ventajas de monitoreo y automatización de varios procesos en diferentes contextos de aplicación es internet de las cosas (IoT). De acuerdo con la ITU-T, IoT puede ser entendido como una infraestructura global para la sociedad de la información que permite el despliegue de servicios avanzados a través de la interconexión de objetos físicos y virtuales mediante el uso de tecnologías de la información y comunicación interoperables (Pannu & Kay, 2020).

En esta investigación se propone como aporte un sistema IoT para la monitorización de las variables

ambientales en un ambiente (Quiroga Montoya, Jaramillo Colorado, Campo Muñoz, & Chanchí Golondrino, 2017) laboral, el cual está articulado dentro de las cuatro capas de la arquitectura convencional de IoT (captura, almacenamiento, análisis y visualización) (Quiroga et al., 2017).

2.2. Sensor DHT11

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar la medida de una magnitud, llamada variable de instrumentación, y convertirla en una señal eléctrica que puede ser procesada, almacenada o transmitida de acuerdo a la finalidad definida por el usuario (Bröring, y otros, 2011).

2.3. Plataforma myDevices Cayenne

MyDevices Cayenne permite diseñar, crear prototipos y visualizar rápidamente soluciones de IoT. Se puede utilizar Cayenne como una herramienta para visualizar datos históricos y en tiempo real, enviados a través de The Things Network (Industries, 2023).

3. Metodología

3.1. Método aplicado

En el presente trabajo de investigación la metodología usada se fundamenta en un modelo en cascada de cuatro etapas como se muestra en la figura 1.

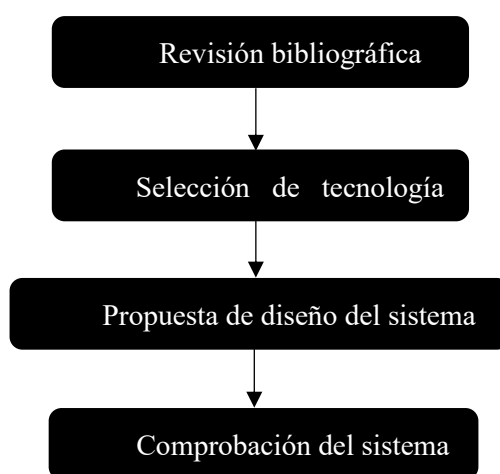


Figura 1. Metodología de investigación. Fuente propia.

En el desarrollo del sistema IoT para el monitoreo de variables ambientales en la primera etapa, se realizó la revisión bibliográfica mediante la investigación de estudios similares al tema presentado en el motor de búsqueda confiable Google Académico. Esto permitió en la segunda etapa seleccionar las herramientas y tecnología IoT para un sistema para monitoreo de variables ambientales. Posteriormente en la tercera etapa se

realizó una propuesta de diseño e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico de variables ambientales en los softwares Wondershare, Arduino y Plataforma myDevices de acuerdo a las normativas vigentes. Finalmente, en la cuarta etapa se comprobó el funcionamiento del sistema, mediante su puesta en marcha y se realizó la medición de datos de las variables ambientales con el sistema IoT desde la plataforma Cayenne de myDevices durante un lapso de ocho días de acuerdo al horario laboral de una sala docente, obteniendo una base de datos de parámetros de temperatura y humedad.

3.2. Estudios relacionados

En la investigación realizada, se encontró información relacionada a la temática propuesta, a continuación; se citan algunos trabajos:

- Diseño e implementación de una maqueta de un Sistema de Información Ambiental al ciudadano (González & Cabrera, 2022).
- Sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido (Chanchí et al., 2020).
- Implementación de un sistema de monitoreo y control con tecnología IoT para determinar el comportamiento de las variables ambientales en la avicultura (Herrera & Ortiz, 2022).
- Sistema de monitoreo de variables ambientales en cultivos de papa mediante IoT y energía solar fotovoltaica (León & Sánchez, 2020).
- Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas (Quiñones et al., 2017).

3.3. Propuesta de diseño del sistema IoT

La tecnología IoT es el eje principal de la propuesta de esta investigación, siendo aplicada a partir del uso complementario de la tecnología de NODMCU a través del software Arduino y la plataforma Cayenne. El Internet de las cosas se define:

Una red abierta e integral de objetos inteligentes que tienen la capacidad de autoorganizarse, compartir información, datos y recursos, reaccionando y actuando ante situaciones y cambios en el entorno (Madakam et al., 2015).

La arquitectura tecnológica del sistema IoT de monitoreo se presenta en la Figura 2, donde se observa las tecnologías y componentes que la conforman. Las tecnologías que intervienen son: sensor de temperatura y humedad DHT11 para obtención de los datos, tarjeta electrónica NODMCU ESP32 como middleware del sistema, router TpLink Archer C80 para salida hacia la red, plataforma Cayenne para almacenamiento,

visualización de datos y además como interfaz de aplicación para cliente final donde puede acceder desde un computador o un smatphone.

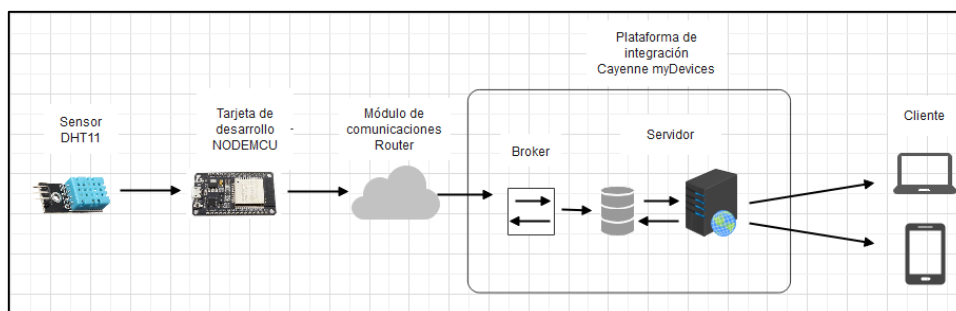


Figura 2. Arquitectura tecnológica del sistema IoT para monitoreo de variables ambientales. Fuente propia.

3.4. Esquemático del sistema

El esquemático del circuito fue diseñado y desarrollado en el software especializado Proteus versión 8.13, fue escogido porque facilita un bloque para la tarjeta ESP32 a través de una librería de libre acceso. Permite la realización de una PCB con el elemento antes mencionado. En la Figura 3 se observa el circuito, componentes y conexionado para la elaboración de este prototipo.

La tarjeta electrónica usada en este diseño es ESP32, es un único chip combinado de Wi-Fi y Bluetooth de 2,4 GHz diseñado con la tecnología TSMC de bajo consumo de 40 nm. Está diseñado para lograr la mejor potencia y rendimiento de RF, mostrando robustez, versatilidad y confiabilidad en una amplia variedad de aplicaciones y escenarios de energía (Espressif, 2023).

El sensor DHT11 para la medición de las variables de temperatura y humedad, cuenta con un complejo de sensores de temperatura y humedad con una salida de señal digital calibrada. Al utilizar la exclusiva técnica de adquisición de señales digitales y la tecnología de detección de temperatura y humedad, garantiza una alta confiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor incluye un componente de medición de humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC, y se conecta a un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento, ofreciendo excelente calidad, respuesta rápida, capacidad anti interferencia y rentabilidad (Mouser , 2023).

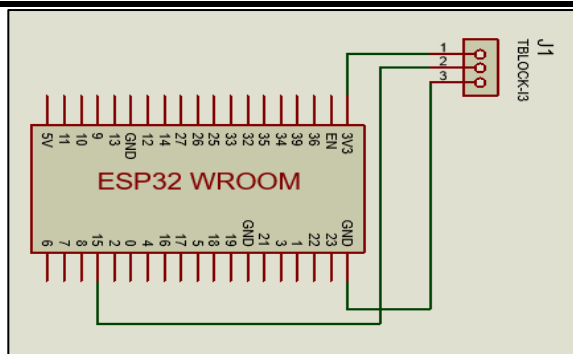


Figura 3. Esquemático del sistema IoT, simulado en PROTEUS v8.13. Fuente propia.

3.5. Implementación del sistema

Para la implementación y prueba del sistema se usaron los siguientes elementos: tarjeta ESP32, cable de alimentación, protoboard de 2 regletas, sensor DHT11 y cables Dupont. El conexionado de estos componentes en base al esquemático del sistema se observa en la Figura 4.

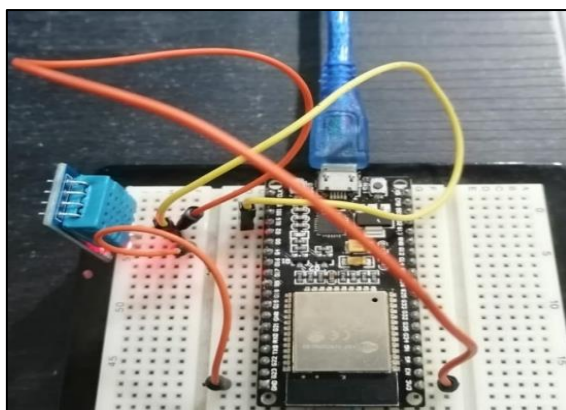


Figura 4. Implementación sistema de monitoreo IoT en protoboard. Fuente propia.

3.6. Comunicación inalámbrica Arduino – Cayenne myDevices

La plataforma Cayenne de myDevices, es una empresa de soluciones de IoT, proporciona todo el software, hardware, conectividad y servicios para ayudarlo a implementar y escalar rápidamente soluciones de sensores de IoT. Con más de 1000 sensores plug and play disponibles para crear infinitas soluciones de IoT, hemos acumulado el catálogo de dispositivos de IoT más extenso del mundo de más de 100 fabricantes de hardware (myDevices, 2023).

La comunicación inalámbrica entre Arduino - myDevices se implementó mediante el uso del protocolo Wi-Fi, la tarjeta electrónica NODEMCU ESP32, y una API MQTT de Cayenne de myDevices. La salida hacia la red se implementó a través de un router. En la Figura 5 se observa la configuración para la comunicación

inalámbrica a través de una API MQTT.

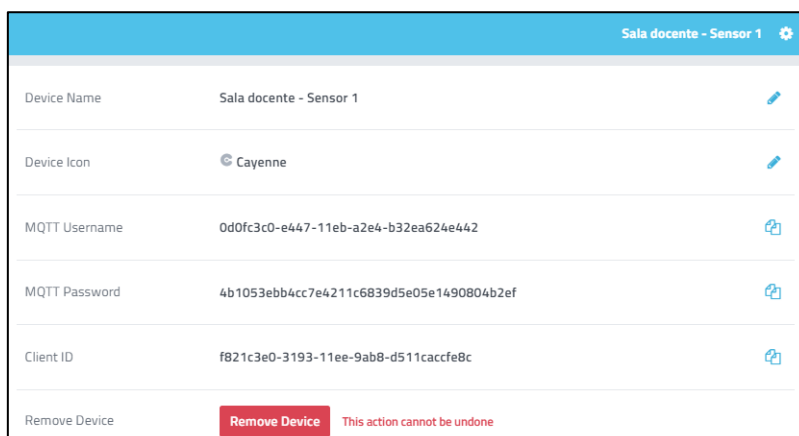


Figura 5. Comunicación inalámbrica Arduino – myDevices desde API MQTT . Fuente propia.

3.7. Sistema de monitoreo IoT en plataforma Cayenne myDevices

Para realizar el monitoreo de las variables ambientales, en la Figura 6 se visualiza desde la interfaz de la plataforma Cayenne, en el cual los parámetros de temperatura y humedad muestran sus valores en tiempo real. Cayenne ejecuta la medición cada segundo por configuración de plataforma.

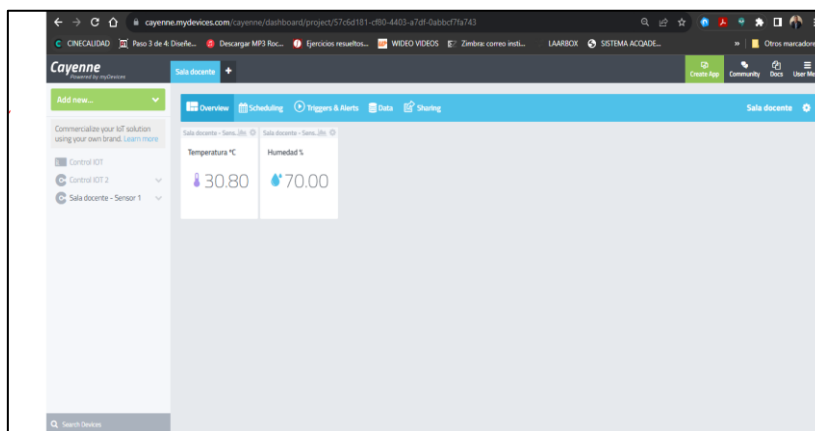


Figura 6. Sistema de monitoreo IoT en plataforma Cayenne para computador. Fuente propia.

En la Figura 7 presenta el monitoreo desde un smartphone, para lo cual el cliente o usuario debe acceder desde la siguiente dirección pública: <https://cayenne.mydevices.com/shared/64cafba52776391b0dd3b24f>.

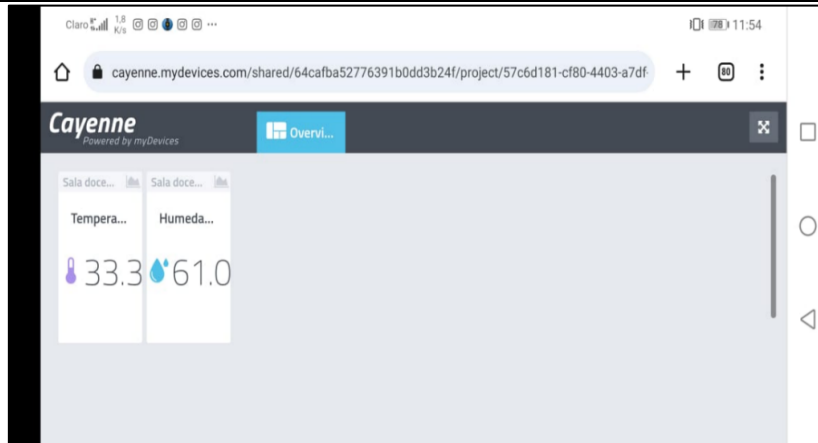


Figura 7. Sistema de monitoreo IoT visualizado desde un Smartphone. Fuente propia.

3.8. Propuesta de diseño de PCB

Se plantea la siguiente propuesta de diseño de PCB en el software Proteus, la Figura 8 presenta las extensiones y disposición de las pistas y componentes en una placa de dimensiones 50mm x 71 mm. Se pueden observar en el diseño PCB las capas: bottom copper, top silk, bottom silk y board Edge.

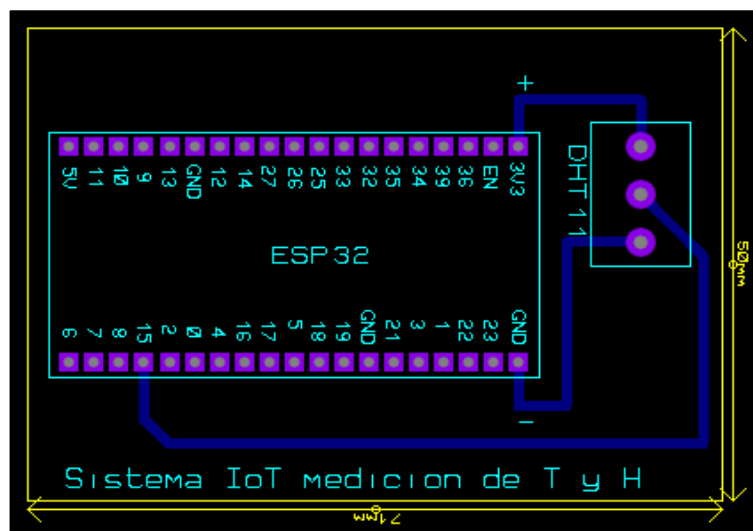


Figura 8. Diseño de PCB en Proteus v8.13. Fuente propia.

La Figura 9 presenta la visualización 3D de PCB para el sistema de monitoreo IoT de variables ambientales en una sala docente.

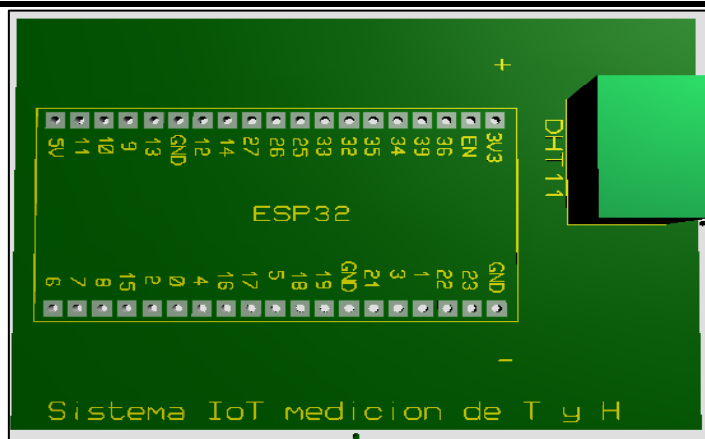


Figura 9. Visualización 3D de PCB. Fuente propia.

4. Resultados

La implementación del sistema IoT se desarrolló en la plataforma Cayenne de myDevices. En la Figura 10, el parámetro Timestamp detalla la fecha y hora en que fue tomada la medición de las variables ambientales, Device Name permite identificar el nombre del dispositivo de código abierto programable, Channel indica el canal de transmisión de los datos para cada una de las variables, Sensor Name muestra el nombre del sensor correspondiente al Widget al cual está anclado, Sensor ID permite identificar el ID del sensor y finalmente Values brinda información real de los valores medidos de temperatura y humedad.

Timestamp	Device Name	T	Channel	T	Sensor Name	T	Sensor ID	T	Data Type	T	Unit	Values
2023-09-12 6:57:03	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:57:03	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:57:02	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:57:02	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:57:01	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:57:01	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:57:00	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:57:00	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:29	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:29	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:28	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:28	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:27	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:27	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:26	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:26	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:25	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:25	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:24	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:24	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:23	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:23	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800
2023-09-12 6:56:22	Sala docente - Sensor 1	1			Humedad %		d99e4f0d-3196-11ee-8a05-0a7d3e0890d		Humedad %			69.000
2023-09-12 6:56:22	Sala docente - Sensor 1	0			Temperatura °C		3540c3d0-3196-11ee-8a08-4511caac9fc		Temperatura °C			29.800

Figura 10. Base de datos de variables de temperatura y humedad en una sala docente. Fuente propia.

En la imagen superior de la Figura 11 presenta las mediciones de temperatura de 29,8° humedad de 72% en tiempo real, mientras que; en la gráfica del medio se observa el comportamiento estadístico, fecha y hora de la temperatura de 29,80°. Finalmente, en la última gráfica se tiene el comportamiento estadístico, fecha y hora de la humedad de 72,00%.

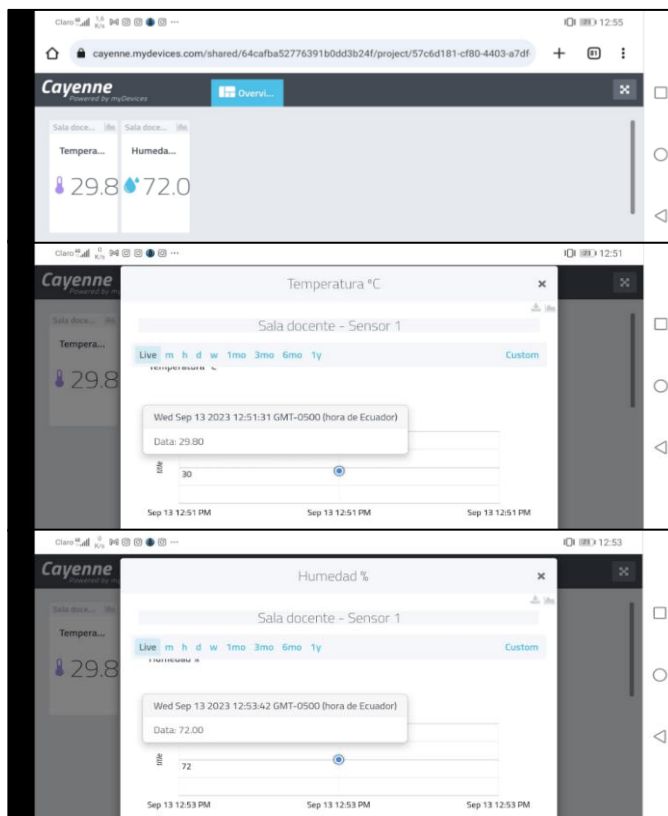


Figura 11. Monitoreo de variables de temperatura y humedad en una sala docente desde un smartphone. Fuente propia.

5. Discusión

La ejecución del sistema IoT para monitoreo de variables ambientales se sometió a funcionamiento, medición y almacenamiento de datos por un periodo de ocho días en un horario laboral de 14h00 a 21h00 en la sala docente del Instituto Superior Tecnológico Luis Tello. Permitiendo identificar los valores de temperatura y humedad durante la jornada laboral que desempeña el personal docente, asimismo de obtener una base de datos capturados durante cada segundo mientras el sistema IoT permaneciera energizado.

Una de las ventajas que brinda la implementación de este sistema, es el monitoreo de los parámetros ambientales tanto desde un computador como de un smartphone. Permitiendo tener acceso a los docentes y conocer los datos ambientales en tiempo real de la sala.

El sistema cuenta con una serie de notificaciones aparte del dispositivo de alarma. Posee notificaciones vía mensaje de texto y correo electrónico; la notificación visual está acompañada de una alarma sonora y visual por medio de la interfaz gráfica; estas se generan cuando el sistema detecta un valor inusual en cualquiera de las variables objeto de estudio (Aya et al., 2020).

6. Conclusiones

Para elegir la tecnología del sistema IoT, fue necesario la revisión de estudios similares al tema en el confiable motor de búsqueda Google Académico. La Arquitectura del sistema está fundamentada en software y hardware libre, tecnologías como NODEMCU ESP32 y Arduino que permitieron programar el equipo periférico y acondicionar el sensor DHT11 para la obtención de las variables físicas ambientales de temperatura y humedad.

Los principales criterios para realizar el diseño del sistema IoT de monitoreo fueron: a) disponer de un sensor DHT11 que permite medir temperatura y humedad y presentarlos mediante dos valores almacenados en variables independientes, b) Dispositivo periférico ESP32 programado con sintaxis de comunicación con la plataforma IoT con conectividad Wi-Fi, c) router como equipo de puerta de enlace, d) plataforma Cayenne para almacenamiento y visualización de datos.

El funcionamiento del sistema IoT trabaja de manera óptima mientras el prototipo se mantenga energizado y la plataforma Cayenne tenga una conexión estable a internet. El sistema realiza la captura de datos cada segundo, lo que permitió obtener una base de datos extensa durante ocho días laborables en horario de 14h00 a 21h00 en la sala docente del Instituto Superior Luis Tello. Obteniendo archivos tipo .csv que pueden ser tratados y utilizados en analítica de datos en futuras investigaciones para predecir el comportamiento de la temperatura en una sala docente o en un ambiente laboral donde se use el dispositivo IoT.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que este estudio no presenta conflictos de intereses y que por tanto, se ha seguido de forma ética los procesos adaptados por esta revista

Referencias Bibliográficas

- Chanchí Golondrino, G. E., Ospina Alarcón, M. A., & Saba, M. (2022). Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. *Revista Científica*, 258.
- Aya, P., Castelblanco, D., Marroquin, A., Moreno, J., Sarmiento, J., & Quiroga, D. (2020). SISTEMA DE MONITOREO REMOTO DE CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES EN LAS SALAS DE CIRUGÍA DE UNA CLÍNICA DE CUARTO NIVEL DE COMPLEJIDAD MEDIANTE EL USO DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT). *Encuentro Internacional de Educación de Ingeniería*, 1-9.
- Bröring, A., Echterhoff, J., Jirka, S., Simonis, I., Everding, T., Stasch, C., . . . Lemmens, R. (2011). New Generation Sensor Web Enablement. *MDPI*, 2654-2655. Obtenido de: <https://doi.org/10.3390/s110302652>
- Cadavid Gómez, B. E., & Palacio Fernández, J. A. (2019). Seguimiento remoto de variables ambientales en un secador solar, una apuesta IoT aplicada al agro. *Sostenibilidad, cultura y sociedad*, 231-250.
- Chanchí, G., Ospina, M., & Saba, M. (2020). Sistema IoT para la monitorización y análisis de niveles de ruido. *Revista Espacios*, 39-50.
- Espressif, S. (2023). *Espressif Systems*. Obtenido de Espressif Systems: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Fuentes, M., & Nilver, A. (2023). *Sistema IoT para el monitoreo de variables ambientales del cultivo de quinua, Puno 2023*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Garre Mallorquín, J. A. (2019). *Sistema de control en tiempo real para sensores inteligentes usando microcontroladores PIC : una aplicación para IoT*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- González, M., & Cabrera, A. (2022). Diseño e implementación. *Revista Cubana de transformación Digital*, 4-14.
- Herrera, J., & Ortiz, V. (2022). Implementación de un sistema de monitoreo y control con tecnología IoT para determinar el comportamiento de las variables ambientales en la avicultura. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 30-41.
- Industries, T. T. (2023). *The Things Network*. Obtenido de <https://www.thethingsnetwork.org/docs/applications/cayenne/>
- León, K., & Sánchez, O. (2020). • *Sistema de monitoreo de variables ambientales en cultivos de papa mediante IoT y energía solar fotovoltaica*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Scientific Research Open Access*, 164-173. Obtenido de Scientific Research Open Access.
- Martínez Moreno, F. J. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de alarma IoT basada en tecnologías Open Source*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Morte Gómez, A. D. (2023). *Mejora de la eficiencia energética y otros servicios en sala de reuniones mediante domótica e IoT*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Mouser, E. (2023). *Mouser Electronics*. Obtenido de Mouser Electronics: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>

- myDevices. (2023). *myDevices*. Obtenido de myDevices:
https://mydevices.com/about/?_ga=2.239340160.2063300455.1694546462-1529817940.1675869026
- Pannu , M., & Kay , I. (12 de Junio de 2020). Internet of Things: Analyzing the Impact on Businesses and Customers. *Springer Link*, 322-327. Obtenido de: https://doi.org/10.1007/978-3-030-20473-0_31
- OIT. (2019). *Organización Internacional del Trabajo*. Obtenido de Organización Internacional del Trabajo:
<https://www.ilo.org/global/lang-es/index.htm>
- Quiñones, M., González, V., Torres, R., & Jumbo, M. (2017). Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas. *Enfoque UTE*, 329-343.
- Quiroga Montoya, E., Jaramillo Colorado, S., Campo Muñoz, W., & Chanchí Golondrino, G. (2017). Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT. *Scielo Portugal*, 24, 39–56. Obtenido de: <https://doi.org/10.17013/risti.24.39-56>
- Ramírez Díaz, E. J., & Vergara Sierra, J. D. (2020). *Sistema de riego automatizado basado en iot utilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca la esperanza del municipio de Chinú-Córdoba*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Rojas, J., & Parra, O. (2003). *Research Gate*. Obtenido de Research Gate:
https://www.researchgate.net/publication/40883146_Conceptos_basicos_sobre_medio_ambiente_y_desarrollo_sustentable
- Santana, I., Cárdenas, A., Sosa, R., & Portal, J. (2020). Monitoreo de parámetros ambientales en casas de cultivo a través de aplicación IoT. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 54-55.