Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

Desarrollo de un sistema IoT para el monitoreo ambiental en líneas SMT con ESP32

Desarrollo de un sistema IoT para la monitorización ambiental en líneas SMT con ESP32
Desarrollo de un sistema IoT para la monitorización ambiental en líneas SMT con ESP32

Francisco Moreira Costa1 ,
Mario Sergio Cavalcante2
Fundación Centro de Análisis, Investigación e Innovación Tecnológica (FUCAPI) Apartado postal 15.064 – 91.501-970 – Manaus – AM – Brasil
francisco.moreira009@gmail.com
marioffcavalcante@gmail.com

Resumen. El control de las condiciones ambientales en las líneas de producción SMT (Tecnología de Montaje Superficial) es esencial para garantizar la calidad y fiabilidad de los productos electrónicos. Variables como la temperatura y la humedad afectan directamente a los procesos críticos y pueden provocar defectos, como soldaduras deficientes, oxidación y fallos funcionales. Este artículo presenta el desarrollo de un sistema de monitorización y control ambiental basado en el Internet de las Cosas (IoT), utilizando el SoC ESP32 (Sistema en un Chip) y el sensor digital DHT22 para medir la temperatura y la humedad. El sistema recopila datos de forma continua y los transmite a través de un intermediario a un servidor responsable de la visualización en tiempo real. Además, se implementaron mecanismos de alerta para indicar condiciones fuera de los umbrales predefinidos. Los resultados demuestran que la solución propuesta mejora la fiabilidad del proceso al permitir acciones preventivas y reducir los fallos relacionados con las condiciones ambientales.
Resumen. El control de las condiciones ambientales en las líneas de producción SMT (Tecnología de Montaje Superficial) es fundamental para garantizar la calidad y la fiabilidad de los productos electrónicos. Variables como la temperatura y la humedad influyen directamente en los procesos críticos, pudiendo provocar defectos de soldadura, oxidación y fallos funcionales. Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema de monitorización y control ambiental basado en el Internet de las Cosas (IoT), utilizando el SoC ESP32 (System-on-Chip) y el sensor digital DHT22 para la adquisición de datos de temperatura y humedad relativa. El sistema recopila datos de forma continua y los envía, a través de un intermediario, a un servidor encargado de la visualización en tiempo real. Además, se implementaron mecanismos de alerta para indicar condiciones fuera de los parámetros establecidos. Los resultados demuestran que la solución propuesta contribuye a aumentar la fiabilidad del proceso de producción, permitiendo acciones preventivas y reduciendo la incidencia de fallos derivados de las condiciones ambientales.

1. Introducción

Con el creciente uso de sistemas embebidos en la industria y la mayor difusión de

El concepto de Internet de las Cosas (IoT) en el contexto de la Industria 4.0.

Las soluciones basadas en dispositivos conectados están ganando prominencia en aplicaciones de

Monitorización y automatización. El concepto de IoT se refiere a la interconexión de dispositivos.

Capaz de recopilar e intercambiar datos a través de Internet, lo que permite nuevas aplicaciones en diversos campos.

sectores, incluido el sector industrial (ROSE; ELDRIDGE; CHAPIN, 2015; ATZORI; IERA;

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

MORABITO, 2010).

En este contexto, el ESP32 se ha consolidado como una alternativa versátil y de amplio uso.
Se utiliza tanto en implementaciones sencillas como en sistemas más complejos. Su facilidad de uso
facilidad de uso, naturaleza de código abierto , conectividad integrada a través de Wi-Fi y Bluetooth, y bajo consumo de recursos.
Sin embargo, su coste convierte a este dispositivo en una opción recurrente en los proyectos de IoT.
La versatilidad del ESP32 también se debe a su capacidad de integrarse con diferentes tipos.
de sensores, respaldados por un conjunto robusto de características de hardware, como múltiples
interfaces de comunicación (I2C, SPI y UART), convertidores analógico-digitales (ADC) y un
Un número significativo de GPIO. Estas características permiten la adquisición continua de datos.
Manteniendo una conexión de red estable. Conectividad inalámbrica nativa.
Elimina la necesidad de módulos externos, reduciendo la complejidad y el coste de la solución.
Estas características hacen que el ESP32 sea especialmente adecuado para aplicaciones de monitorización.
escenarios ambientales con baja demanda de datos, en los que el volumen de información
Se reduce la cantidad de datos transmitidos, como en la lectura periódica de los sensores de temperatura y humedad.
En la comunicación de datos, se utilizan ampliamente protocolos ligeros como MQTT.
Aplicaciones de IoT que permiten el intercambio eficiente de mensajes a través de un modelo.
publicar/suscribirse (LIGHT, 2017).
En el contexto de la fabricación de placas electrónicas mediante SMT (Tecnología de Montaje Superficial)
En el ámbito de la tecnología, el control de las condiciones ambientales es un factor crítico para garantizar la calidad.
del proceso de producción. Variables como la temperatura y la humedad influyen directamente en las etapas.
como la aplicación de pasta de soldadura y el proceso de reflujo, que pueden causar defectos como
Las uniones de soldadura frías, la oxidación y las fallas funcionales ocurren cuando los parámetros están fuera del rango ideal (LEA, 1997).
Dado este escenario, la ausencia de monitoreo continuo o la dependencia de mediciones
Los manuales pueden comprometer la fiabilidad del proceso, lo que dificulta su identificación.
Las desviaciones deben detectarse de manera oportuna. De este modo, el desarrollo de soluciones cobra relevancia.
Sistemas automatizados que permiten la monitorización en tiempo real de las condiciones ambientales.
En este contexto, este trabajo propone el desarrollo de un sistema de monitoreo para
Monitorización de temperatura y humedad basada en IoT, utilizando el ESP32, sensores ambientales y comunicación.
a través de un intermediario y almacenamiento en una base de datos. El sistema permite la visualización en
Monitorización en tiempo real de las variables, así como la generación de alertas en caso de que los valores se encuentren fuera de los rangos establecidos.
límites establecidos, lo que contribuye a mejorar la fiabilidad y la trazabilidad en
entorno productivo.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

2. Marco teórico

2.1. Industria 4.0 e IoT

El Internet de las Cosas (IoT) representa un paradigma tecnológico basado en la interconexión de dispositivos.
Dispositivos físicos capaces de recopilar, procesar y transmitir datos a través de Internet.
Estos dispositivos suelen estar equipados con sensores, actuadores y capacidades de comunicación.
lo que permite la integración con sistemas informáticos y la automatización de procesos.
Según Luigi Atzori, Antonio Iera y Giacomo Morabito (2010), IoT puede ser
entendido desde tres perspectivas principales: orientada a Internet, orientada a objetos y
Orientado hacia la semántica. En el contexto industrial, este concepto evoluciona hacia lo que se denomina Industrial.
Internet de las Cosas IIoT (IIoT), caracterizado por la aplicación de dispositivos conectados en entornos.
Productivo, con enfoque en el monitoreo, control y optimización de los procesos operativos.
En el contexto de la Industria 4.0, los sistemas basados en IoT permiten la monitorización continua de
variables operacionales, recopilación de datos en tiempo real y toma de decisiones basada en
Información más precisa y fiable. Entre sus principales aplicaciones se encuentran:
Mantenimiento predictivo, trazabilidad de la producción y monitoreo ambiental, contexto en
dentro de la cual se incluye este trabajo.

La arquitectura básica de los sistemas IoT generalmente se compone de tres capas principales:

- capa de percepción, responsable de recopilar datos a través de sensores y
dispositivos físicos;
- capa de red, responsable de transmitir la información recopilada;
- capa de aplicación, responsable del almacenamiento, procesamiento y
Visualización de datos.

El sistema propuesto en este trabajo se ajusta a esta arquitectura mediante el uso de sensores para la
Recopilación de datos ambientales, una red Wi-Fi para la transmisión de información y una aplicación.
Monitorización en tiempo real a través de la web.

2.2 Sistemas embebidos aplicados a la monitorización

Los sistemas embebidos son sistemas informáticos dedicados a realizar funciones específicas.
en dispositivos más grandes. A diferencia de las computadoras de uso general, tienen
Tienen recursos limitados y están diseñados para operar en contextos aislados (MARWEDEL, 2021).
El ESP32 es un SoC ampliamente utilizado en aplicaciones de IoT debido a las siguientes razones:

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

características:

- Módulo de conexión Wi-Fi/Bluetooth integrado;
- bajo consumo de energía;
- múltiples interfaces de comunicación;
- Bajo costo de implementación.

Desarrollado por Espressif Systems, el ESP32 cuenta con una arquitectura de doble núcleo de 32 bits y GPIO (entradas y salidas de propósito general). Configurable y compatible con protocolos de comunicación ampliamente utilizados en proyectos de automatización, como UART (Universal Asynchronous Transmisor-receptor, utilizado en la comunicación en serie con ordenadores y otros dispositivos. microcontroladores; SPI (Interfaz Periférica Serie), comúnmente utilizada en comunicación con pantallas y módulos de almacenamiento; e I2C (Inter-Integrated Circuit), ampliamente utilizado para la integración con sensores y periféricos. El dispositivo también incluye Los convertidores analógico-digitales (ADC) permiten la lectura de sensores analógicos, lo que facilita... Adecuado para aplicaciones de adquisición de datos y monitorización remota (ESPRESSIF) SISTEMAS, 2023).
Su aplicación en sistemas de monitoreo ambiental es común debido a su facilidad de uso. Integración con sensores y capacidad de comunicación en tiempo real.

2.1.3 Sensores de temperatura y humedad

Los sensores son dispositivos encargados de detectar magnitudes físicas en el entorno y convertirlas. en señales interpretables por sistemas informáticos. En aplicaciones de monitorización. Los sensores de control ambiental, temperatura y humedad son de uso generalizado. variables que impactan directamente en los procesos industriales (FRADEN, 2016).
En este trabajo se utilizó el sensor digital DHT22, también comercializado como AM2302. responsable de medir la temperatura ambiente y la humedad relativa. El sensor funciona mediante la combinación de dos elementos principales: un sensor capacitivo para la medición El dispositivo utiliza la humedad y un termistor para medir la temperatura. Los datos recopilados se procesan. internamente mediante un microcontrolador integrado en el propio dispositivo, que realiza la Calibra las señales y envía los valores al sistema externo mediante comunicación digital. Comunicación por cable único (AOSONG ELECTRONICS, 2023).
Según la hoja de datos del fabricante Aosong Electronics, el DHT22 tiene un rango de medición. Rango de medición de temperatura entre -40 °C y 80 °C, con una precisión de ±0,5 °C y de humedad. entre el 0% y el 100%.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

La comunicación digital del sensor reduce las interferencias comunes en los sensores analógicos. aumentar la fiabilidad de la recopilación de datos en aplicaciones de monitorización continua. Además, su bajo coste, su facilidad de integración con sistemas externos y su precisión son ventajas importantes. Sus características adecuadas convierten al DHT22 en una alternativa viable para aplicaciones de monitorización industrial. entorno ambiental de baja complejidad.

En el sistema desarrollado en este trabajo, el sensor es el responsable de la recopilación continua de datos. ambiental, enviando la información al ESP32 para su posterior transmisión al servidor de escucha.

2.4 Protocolo MQTT en la comunicación IoT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) es un protocolo de comunicación ligero. Desarrollado para dispositivos con recursos informáticos limitados y redes de bajo ancho de banda. ancho de banda, siendo ampliamente utilizado en aplicaciones de IoT. El protocolo fue creado por Andy Stanford-Clark y Arlen Nipper con el objetivo de brindar una solución eficiente para transmisión de datos entre dispositivos remotos (LIGHT, 2017).

A diferencia de los modelos de comunicación tradicionales basados en solicitudes y respuestas, (Al igual que el protocolo HTTP), MQTT utiliza una arquitectura de publicador/suscriptor. En este En este contexto, los dispositivos de publicación envían mensajes a temas específicos en un intermediario, mientras que los dispositivos suscriptores reciben automáticamente el Mensajes sobre temas de interés.

La arquitectura básica de MQTT consta de tres elementos principales:

- Editor: dispositivo responsable de enviar la información;
- Agente: un servidor intermediario responsable de gestionar los mensajes;
- Suscriptor: dispositivo o sistema responsable de recibir los datos.

Según la especificación oficial de OASIS (2014), el protocolo funciona sobre el protocolo TCP/IP. y presenta características como bajo consumo de ancho de banda, baja sobrecarga computacional y Alta escalabilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de monitoreo continuo en entornos industriales.

En el sistema desarrollado en este trabajo, el ESP32 actúa como publicador, enviando Los datos de temperatura y humedad recopilados por el sensor DHT22 se envían periódicamente a un intermediario. MQTT. Posteriormente, esta información se envía al servidor responsable de... Almacenamiento, procesamiento y visualización en tiempo real.

El uso de MQTT en este proyecto estuvo motivado por la necesidad de comunicación.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

Eficiente, fiable y con bajo coste computacional, idóneo para el escenario de monitorización.

Impacto ambiental continuo en las líneas de producción SMT.

2.5 Proceso SMT e influencia de las condiciones ambientales

La tecnología de montaje superficial (SMT, por sus siglas en inglés) se utiliza ampliamente en la fabricación de placas de circuitos impresos.
electrónica debido a su capacidad para aumentar la densidad de componentes en las placas de circuitos.
Las placas de circuito impreso (PCB) reducen los costes de producción y aumentan la productividad a gran escala.
En este proceso, los componentes electrónicos se montan directamente sobre la superficie de la
PCB, eliminando la necesidad de perforaciones utilizadas en tecnologías más antiguas, como la
Proceso de orificio pasante (ASHOK; SHARMA, 2020).

El proceso SMT consta de varios pasos críticos, entre los que destacan los siguientes:

- Aplicación de pasta de soldadura (impresión de pasta de soldadura);
- Posicionamiento automático de componentes (recogida y colocación);
- soldadura por reflujo;
- Inspección óptica automatizada (AOI);
- pruebas funcionales.

Cada uno de estos pasos puede verse afectado por condiciones ambientales inadecuadas.
especialmente la temperatura y la humedad relativa
Según David M. Jacobson y Gopal Hedge en Microelectronics Manufacturing
En ingeniería y tecnología, unos niveles de humedad inadecuados pueden provocar absorción.
Esta humedad afecta a los componentes sensibles, aumentando el riesgo de fallos durante el proceso.
soldadura, como el fenómeno conocido como palomitas de maíz, caracterizado por la expansión interna de
humedad durante la calefacción.
Además, las altas temperaturas pueden comprometer la estabilidad de la pasta de soldadura.
alterando su viscosidad y reduciendo su eficiencia durante el proceso de impresión de pasta.
impresión de pasta de soldadura, mientras que los altos niveles de humedad pueden
aceleran los procesos de oxidación en componentes electrónicos y superficies metálicas, afectando
afecta directamente a la calidad de la soldadura (LEA, 1997).
Según la norma IPC, especialmente en documentos como IPC J-STD-033,
Los componentes sensibles a la humedad deben almacenarse y utilizarse bajo ciertas condiciones.
Medidas ambientales controladas para prevenir la degradación y las fallas en el proceso de producción.
En entornos industriales donde el monitoreo se realiza manualmente o de una manera
Las variaciones ambientales periódicas pueden pasar desapercibidas, aumentando el riesgo de defectos y

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

reelaboración. En este contexto, los sistemas automatizados de monitoreo continuo se convierten en importante para posibilitar acciones preventivas y garantizar una mayor estabilidad del proceso. productivo.

El sistema propuesto en este trabajo busca actuar directamente en este escenario, llevando a cabo la Monitoreo continuo de la temperatura y humedad ambiente, lo que permite una mayor Trazabilidad y prevención de fallos derivados de las condiciones ambientales.

3. Desarrollo

3.1 Arquitectura general del sistema

El sistema desarrollado consta de tres capas principales: dispositivo integrado, Comunicación y aplicación en el servidor. La arquitectura fue diseñada para garantizar la recopilación continua de datos. datos, transmisión eficiente de información y visualización en tiempo real.

En la capa de adquisición, el dispositivo basado en ESP32 es el responsable de leer los datos. Los datos ambientales se recopilan mediante el sensor DHT22. Estos datos se muestran localmente en una pantalla. Los datos de la pantalla LCD se envían periódicamente a un intermediario de mensajes.

En la capa de comunicación, se utilizó el intermediario RabbitMQ, responsable de mediar en... Intercambio de mensajes entre el dispositivo y el servidor.

Finalmente, en la capa de aplicación, se desarrolló una solución que consistía en un servicio. consumidor, responsable del procesamiento y almacenamiento de datos, y de una API.

El protocolo HTTP se utiliza para poner la información a disposición del usuario final a través de una interfaz web.



Figura 1 – Arquitectura general del sistema.

3.2 Desarrollo de dispositivos integrados

3.2.1 Recopilación y visualización de datos

El sensor lee los datos de temperatura y humedad cada 5 segundos. DHT22. Los valores obtenidos se muestran inmediatamente en la pantalla LCD de 16x2, lo que permite la Monitorización local en tiempo real.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

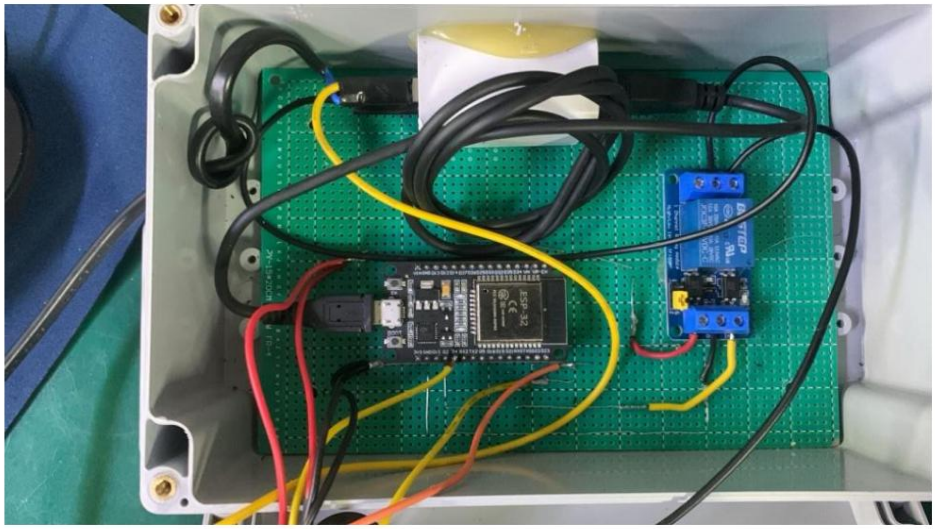

Figura 2 – Prototipo físico del sistema (parte interna).



Figura 3 – Prototipo físico del sistema (parte externa).

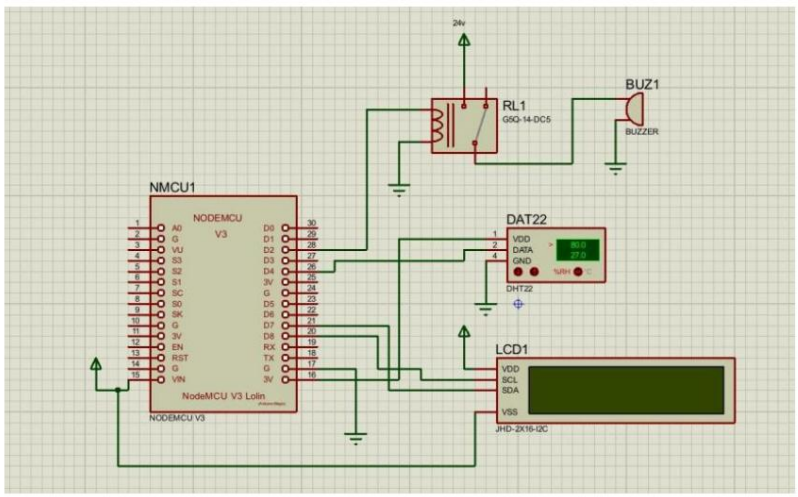

Figura 4 – Diagrama eléctrico del sistema.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

Los datos se envían en un formato estructurado que contiene:

- temperatura;
- humedad;
- Marca de tiempo de lectura ;
- Identificación del dispositivo.
-

3.2.2 Lógica de alertas

El sistema dispone de un mecanismo de alerta basado en límites operativos preestablecidos. definidos en el firmware. Estos límites definen valores máximos y mínimos aceptables de temperatura y humedad.

Cuando los valores medidos superan estos límites, el sistema activa un zumbador para indicarlo. sónicamente.

El comportamiento de la alerta sigue esta lógica:

- El zumbador se activa durante 15 segundos;
- Transcurrido este periodo, permanece apagado durante 1 minuto y 30 segundos;
- Si la condición de alerta persiste, el ciclo se reinicia automáticamente.

Este mecanismo evita las alertas continuas y excesivas, manteniendo la eficacia de la señalización. sin causar molestias operativas.

3.3 Sistema de comunicación

La comunicación entre el dispositivo y el servidor se lleva a cabo a través del intermediario RabbitMQ, que Actúa como intermediario en el intercambio de mensajes.

El agente se ejecuta en un entorno de contenedores mediante Docker, lo que simplifica su implementación. y el aislamiento de los servicios.

El modelo adoptado se basa en la publicación y el consumo de mensajes, en los que:

- El ESP32 actúa como un publicador;
- El servicio de back-end actúa como un consumidor.

3.4 Sistema de back-end y persistencia de datos

El back-end se desarrolló utilizando la plataforma ASP.NET y es responsable de ambos tanto el consumo de mensajes como el suministro de datos a través de una API HTTP.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

3.4.1 Servicio al consumidor

Un servicio dedicado actúa como consumidor de los mensajes publicados en el broker RabbitMQ. Este servicio permanece en funcionamiento continuo, monitorizando la cola de mensajes. Cada vez que se recibe un nuevo mensaje, los datos se procesan y se almacenan en un... base de datos.

3.4.2 Modelado de bases de datos

La estructura de persistencia fue diseñada de manera simple y eficiente, constando de dos entidades principales:

Tabla de sensores

- ID;
- Nombre del sensor;
- Dirección MAC.

Tabla de lecturas

- IDENTIFICACIÓN;
- Temperatura;
- Humedad;
- Fecha de creación;
- ID del sensor (clave externa).

Esta separación permite una mayor flexibilidad en la gestión de dispositivos y una mayor trazabilidad de los datos recopilados.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

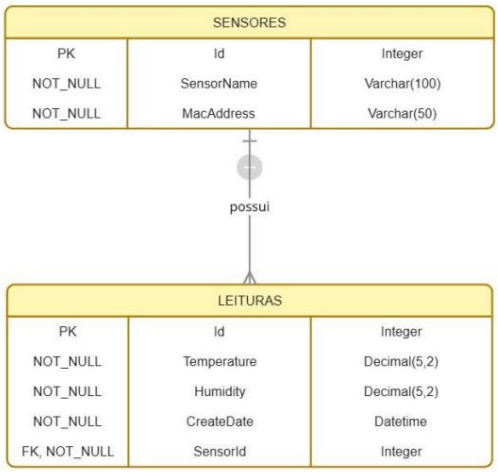

Figura 5 – Diagrama entidad-relación.

3.4.3 API HTTP

La aplicación de back-end proporciona una API HTTP para que el front-end consuma los datos.

Se implementaron los siguientes puntos finales:

• GET /sensors → devuelve todos los sensores registrados;

• GET /sensors/{id} → devuelve los detalles de un sensor específico;

• GET /sensors/last → devuelve la última lectura de cada sensor;

• POST /sensors → permite el registro de nuevos sensores.

La comunicación entre los controladores y la lógica de negocio se logra mediante el siguiente patrón.

Mediador, que promueve el desacoplamiento y una mejor organización del código.

3.5 Interfaz web

La interfaz de usuario se desarrolló utilizando React y Vite, con el objetivo de lograr un mayor rendimiento durante el proceso.

Desarrollo y generación de la aplicación. Se utilizó Tailwind CSS para el diseño.

La interfaz principal cuenta con un panel con tarjetas que representan los sensores registrados.

en el sistema. Cada tarjeta muestra:

- nombre del sensor;
- temperatura actual;
- humedad actual;
- estado de la condición (normal o alerta).

Los datos se obtienen a través de puntos finales de API y se actualizan dinámicamente.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

El sistema incluye una pantalla de informes que permite el análisis histórico de los datos recopilados.



Figura 6 – Pantalla de informes.

3.6 Entorno de ejecución

Todos los componentes del sistema se han configurado para ejecutarse en un entorno.
Contenerizado mediante Docker, incluyendo:

- agente RabbitMQ;
- aplicación de back-end;
- aplicación de interfaz de usuario;
- Servicio al cliente.

Este enfoque simplifica la implementación, estandariza el entorno de ejecución y mejora...
escalabilidad de la solución.
En definitiva, la arquitectura propuesta garantiza la recopilación continua, el procesamiento eficiente y...
Visualización en tiempo real de datos ambientales. Integración entre hardware y software.
Permite un mayor control sobre las condiciones del entorno de producción, lo que contribuye directamente a...
la fiabilidad del proceso.

4. Resultados obtenidos

Las pruebas del sistema se llevaron a cabo en tres entornos distintos: (i) línea de producción, (ii) seco
caja y (iii) refrigerador para almacenamiento de pasta de soldadura. Para el análisis, una
sensor representativo para cada entorno, considerando que el sistema se implementó en
múltiples puntos de la planta.
Cada entorno tiene características operativas específicas, con diferentes rangos aceptables.
temperatura y humedad. A pesar de esto, la aplicación mantuvo el mismo comportamiento en

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

todos los escenarios, con lecturas cada 5 segundos, transmisión de datos cada 1 minuto y aplicación.
basado en la misma lógica de alerta que los límites definidos previamente.

4.1 Análisis por entorno

El análisis de los resultados se realizó considerando el comportamiento de los sensores en cada
entorno, centrándose en la estabilidad de las lecturas y la aparición de alertas.
En la línea de producción, se observó una mayor variación de temperatura y humedad a lo largo de todo el proceso.
tiempo, lo cual es de esperar debido a la influencia directa del entorno de la fábrica. Como consecuencia,
Se registró una mayor incidencia de activaciones del mecanismo de alerta.
En un entorno de caja seca, caracterizado por un estricto control de la humedad, los valores
Se mantuvieron más estables durante todo el período analizado, con una baja incidencia de desviaciones.
en relación con los límites establecidos.
En el refrigerador para almacenar pasta de soldadura, los valores de temperatura mostraron...
poca variación, manteniéndose dentro de un rango estrecho, mientras que la humedad mostró
Comportamiento compatible con un ambiente refrigerado.

4.2 Comparación con el sensor de referencia

Para validar las mediciones, se realizó una comparación entre los valores obtenidos por el sensor.
DHT22 y los de un sensor comercial utilizado previamente en el proceso de producción.
Los dos sensores se colocaron en el mismo entorno, lo que permitió la recopilación simultánea de datos.
datos y una comparación directa de los valores de temperatura y humedad.



Figura 7 – Comparación entre el sensor desarrollado y el comercial.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

El análisis de datos demostró que los valores obtenidos por el sistema desarrollado presentaban...
Comportamiento consistente en relación con el sensor de referencia, tras las variaciones.
Cambios ambientales a lo largo del tiempo.
Las diferencias observadas entre los sensores fueron específicas y se mantuvieron dentro de un rango determinado.
aceptable para aplicaciones de monitoreo ambiental, sin comprometer el uso de
sistema propuesto.

4.3 Frecuencia de alerta

Otro aspecto analizado fue la frecuencia con la que se activaba el mecanismo de alerta en cada
ambiente.
Se observó que los entornos con mayor variabilidad, como la línea de producción, presentaban
Se registró el mayor número de alertas, mientras que en entornos controlados, como las cajas secas, se observaron menos.
incidencia de alertas.
Este comportamiento demuestra que el sistema responde adecuadamente a las variaciones.
condiciones ambientales e identifica condiciones que están fuera de los límites establecidos.

4.4 Consideraciones relativas al rendimiento del sistema

Los resultados obtenidos indican que el sistema fue capaz de realizar la recolección, transmisión y...
Almacenamiento de datos continuo y fiable en todos los entornos analizados.
La arquitectura adoptada demostró ser estable, manteniendo la integridad de los datos y permitiendo
Visualícelo en tiempo real a través de la interfaz web.
Además, el uso de límites configurables para cada entorno permitió la adaptación.
Adaptar el sistema a diferentes escenarios operativos manteniendo la eficacia del mecanismo de alerta.

Consideraciones finales

Este trabajo presentó el desarrollo de un sistema de monitoreo ambiental.
Basado en el Internet de las Cosas (IoT), utilizando el ESP32 junto con el sensor DHT22,
con el objetivo de monitorear, en tiempo real, las variables de temperatura y
Humedad en entornos de producción SMT.
La solución propuesta integraba diferentes capas tecnológicas, incluido un dispositivo.
sistema embebido, comunicación a través del intermediario RabbitMQ y una aplicación de servidor desarrollada en

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

ASP.NET, que permite la recopilación, el procesamiento y la visualización continuos de datos a través de desde una interfaz web.

Los resultados obtenidos demostraron que el sistema es capaz de operar de forma estable en diferentes entornos, incluyendo la línea de producción, la caja seca y el refrigerador de almacenamiento. pasta de soldadura. El análisis de datos mostró que el comportamiento de lectura se alinea con características específicas de cada entorno, lo que valida la capacidad de adaptación del sistema. bajo diferentes condiciones de funcionamiento.

La comparación con un sensor de referencia comercial indicó que los valores obtenidos por El sistema desarrollado muestra un comportamiento consistente, lo que refuerza su fiabilidad. Solución para aplicaciones de monitoreo ambiental.

Además, el mecanismo de alerta implementado demostró ser eficaz para identificar condiciones fuera de los límites establecidos, contribuyendo a una rápida toma de decisiones y a Prevenir fallos en el proceso de producción.

Su principal contribución es la implementación de una solución de bajo coste. Escalable y fácil de integrar, capaz de reemplazar o complementar sistemas comerciales. las ya existentes, que ofrecen mayor flexibilidad y control sobre los datos recopilados.

Para trabajos futuros, se sugiere lo siguiente:

- Implementación de la configuración dinámica de los límites operativos a través de una interfaz web;
- Ampliar el sistema para monitorizar múltiples variables ambientales;
- Integración con los sistemas industriales existentes, como MES (Manufacturing Execution). Sistemas);
- Aplicar técnicas de análisis predictivo a los datos recopilados.

Por lo tanto, se puede concluir que el sistema desarrollado cumple con los objetivos propuestos. presentándose como una alternativa viable para el monitoreo ambiental en entornos procesos industriales, contribuyendo a mejorar la fiabilidad y la calidad. productivo.

Referencias

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. Internet de las cosas: una encuesta. Redes de Computadoras, vol. 54, n.° 15, págs. 2787–2805, 2010.

Hoja de datos del sensor digital de temperatura y humedad DHT22 (AM2302) de AOSONG ELECTRONICS CO., LTD.

ESPRESSIF SYSTEMS. Hoja de datos del ESP32.

FRADEN, Jacob. Manual de sensores modernos: física, diseño y aplicaciones. Cham: Springer, 2016.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/05/2026 | Aceptado: 29/05/2026 | Publicación: 01/06/2026

LIGHT, Roger. MQTT Versión 3.1.1. Estándar OASIS, 2017.
MARWEDEL, Peter. Diseño de sistemas embebidos: Fundamentos de sistemas ciberfísicos embebidos. 3.ª ed. Cham: Springer, 2021.

MONTROSE, Mark I. Técnicas de diseño de placas de circuitos impresos para el cumplimiento de la compatibilidad electromagnética. Nueva York: IEEE Press, 1996.
OASIS. Versión MQTT 3.1.1.
ROSE, Karen; ELDRIDGE, Scott; CHAPIN, Lyman. El Internet de las Cosas: Una visión general: Comprender los problemas y desafíos de un mundo más conectado. Internet Society, 2015.
IPC. J-STD-033: Manipulación, embalaje, envío y uso de dispositivos de montaje superficial sensibles a la humedad y al reflujo.

w

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.