

Autoridades Utec

Lic. José Mauricio Loucel Funes
Presidente

Dr. Carlos Reynaldo López Nuila
Vicepresidente

Dr. Nelson Zárate
Rector Utec

Dra. Noris Isabel López Guevara
Vicerrectora de Investigación y Proyección Social

Dra. Camila Calles Minero
Directora de Investigaciones

OTRAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Empleabilidad
- Migración internacional
- Industria 4.0
- Salud mental
- Turismo

INVESTIGACIÓN EN BREVE

Es una colección de fascículos que resumen los resultados de las investigaciones realizadas por la Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social.

No hay enseñanza sin investigación ni investigación sin enseñanza
Pablo Freire

**Transforma
tu realidad.**
Viví la experiencia **UTEC**



www.utec.edu.sv

Centro de llamadas: 2275-8888
Maestrías: 2275-2700



Indicador RSE
ORGANIZACIÓN
AUTOEVALUADA



**Universidad Tecnológica
de El Salvador**



Aplicación de las tecnologías IoT en el diseño e implementación de un sistema Smart Farming para el sector avícola

Omar Otoniel Flores Cortez
Universidad Tecnológica de El Salvador
Dirección de Investigaciones - UTEC
omar.flores@utec.edu.sv
<https://orcid.org/0000-0003-1754-4090>

**Universidad Tecnológica
de El Salvador**



Aplicación de las tecnologías IoT en el diseño e implementación de un sistema Smart Farming para el sector avícola

Resumen

El ambiente interior de los galpones avícolas **juega** un papel fundamental en el bienestar y rendimiento de las aves. La monitorización continua de estas condiciones es esencial para optimizar su salud y productividad. Este trabajo propone un sistema telemático que registra y analiza gases **amoniaco** (NH3), **dióxido de carbono** (CO2), **monóxido de nitrógeno** (NO2) y **dióxido de carbono** (CO) y variables ambientales como la temperatura, la humedad y la luminosidad en el interior de los galpones avícolas, con el objetivo de establecer una línea de base para el posterior análisis de la salud y el rendimiento de las aves.

Introducción

La avicultura es una rama clave de la agricultura y la ganadería, dedicada a la cría de aves de corral en condiciones controladas para garantizar su salud, crecimiento y producción eficiente. Sin embargo, esta actividad se enfrenta a varios retos, como problemas ambientales en los gallineros, sistemas de ventilación deficientes y limitaciones en los equipos de gestión.

Cuando las aves de corral están expuestas a altas temperaturas y niveles de humedad, pueden sufrir estrés térmico, lo que afecta negativamente a su salud, bienestar y rendimiento productivo. Además, la falta de sistemas automatizados para monitorizar variables ambientales, como gases nocivos y parámetros climáticos, es un problema generalizado en la industria avícola salvadoreña. La ausencia de herramientas tecnológicas limita la capacidad de los productores para tomar decisiones informadas, optimizar las operaciones y garantizar la sostenibilidad del sector.

En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es implementar un sistema de internet de las cosas (IoT) que automatice la recolección, almacenamiento y presentación en tiempo real de variables ambientales en instalaciones avícolas, proporcionando así una herramienta tecnológica asequible y eficaz para el monitoreo y la toma de decisiones basadas en datos. Los objetivos específicos incluyen el diseño y construcción de estaciones telemáticas utilizando tecnologías IoT de bajo costo, el desarrollo de aplicaciones web para el procesamiento y visualización de datos, y la validación del sistema mediante pruebas en condiciones reales.

Metodología

El sistema diseñado incluye dos nodos IoT equipados con sensores para medir NH3, CO2, NO2, CO y temperatura, así como humedad y luz. Cada nodo integra un microcontrolador programado para recoger datos y transmitirlos en tiempo real a través de una red Wi-Fi. La plataforma web

desarrollada, basada en una API REST, permite recibir, procesar y visualizar estos datos en forma de gráficos, tablas e informes históricos. Los nodos funcionan con una fuente de alimentación de 5 VDC, lo que facilita su integración en entornos con infraestructura eléctrica básica. La figura 1 muestra la arquitectura funcional del sistema diseñado.

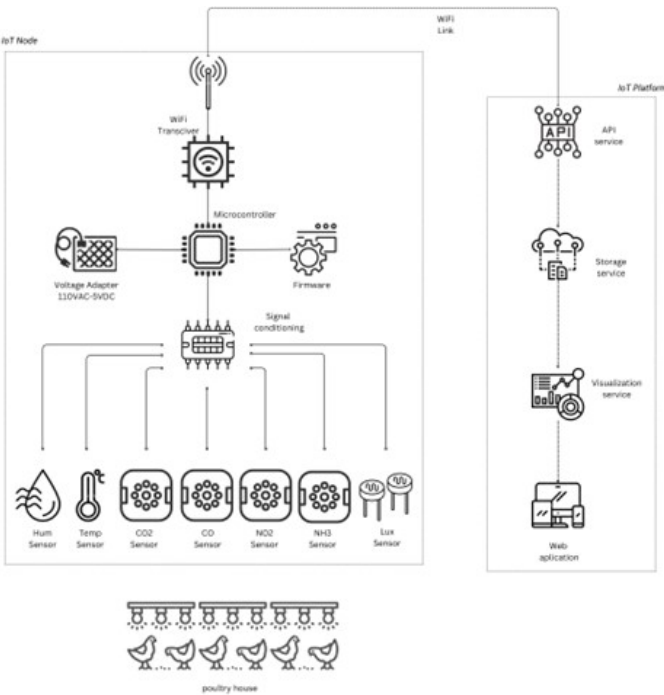


Figura 1. Arquitectura funcional del sistema diseñado

Se seleccionó el microcontrolador ESP32 por su alta potencia de procesamiento (32 bits a 240 MHz), sus 520 KB de RAM, sus suficientes puertos de entrada/salida y su conectividad Wi-Fi integrada. La placa TZX D1 con ESP32-S3 se utilizó como base principal para el desarrollo de los nodos IoT. Los sensores seleccionados incluyen el CCS811, el HDC1080, el VEML7700 y el MICS6814, que utilizan tecnologías MEMS y MOx con salida digital I2C para garantizar lecturas precisas y estables.

La plataforma IoT se implementó en Google Cloud. Los datos recopilados se almacenaron en Google Sheets, mientras que Azure IoT se utilizó para procesarlos, crear cuadros de monitoreo interactivos y desarrollar aplicaciones de visualización públicas. Gracias a esta solución, los usuarios pueden acceder a los datos en tiempo real y hacer análisis históricos de forma eficiente y sencilla. La figura 2 muestra los componentes del sistema diseñado.

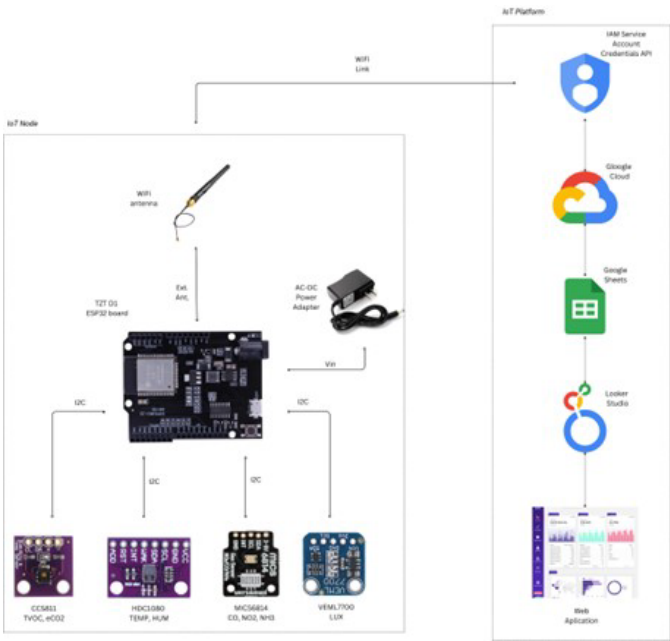


Figura 2. Arquitectura operacional del sistema diseñado

Resultados

El principal resultado de este trabajo es un sistema de monitorización remota compuesto por nodos IoT que recogen automáticamente datos de cuatro gases (amoniaco, dióxido de carbono, monóxido de nitrógeno y dióxido de carbono) y tres variables ambientales (temperatura, humedad y luz). Además, se desarrolló una plataforma web para la monitorización en tiempo real y el análisis de datos.

El sistema se implementó en un gallinero de 40 m² con 200 pollos de engorde Arbor Acres durante un ciclo completo de cinco semanas en una granja escuela figura 3. Los nodos IoT enviaron los datos a la plataforma, que calculó las medias diarias y semanales, y proporcionó una referencia. La figura 4, muestra la tendencia diaria del comportamiento de los datos recolectados por el sistema y en tablas 1 y 2 se muestra un resumen de los promedios semanales y estadísticos descriptivos de los datos recolectados.

Conclusiones

El sistema de IoT desarrollado para la monitorización de gases y variables ambientales en una nave de pollos de engorde ha demostrado su eficacia y viabilidad en condiciones reales. Durante el ciclo de producción, automatizó la recogida de datos, mejorando su precisión y reduciendo la necesidad de mediciones manuales. La plataforma web permitía el acceso remoto en tiempo real, lo que ayudaba a optimizar el bienestar de las aves y a prevenir problemas sanitarios relacionados con gases como el amoniaco. Además, el sistema es escalable y adaptable a varias granjas, lo que lo convierte en una herramienta prometedora para mejorar la sostenibilidad y la productividad del sector avícola.

“EL SISTEMA ES ESCALABLE Y ADAPTABLE A VARIAS GRANJAS, LO QUE LA CONVIERTE EN UNA HERRAMIENTA PROMETEDORA”



Figura 3. Implementación del sistema en granja aviar

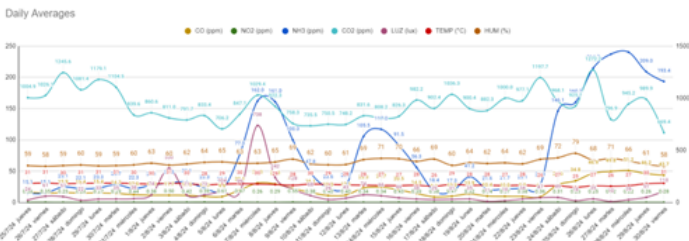


Figura 4. Comportamiento de los parámetros recolectados

Week	NH3(ppm)	CO2(ppm)	CO(ppm)	NO2(ppm)	Lux(l)	Temp(C)	HR(%)	ChickenWeight(gr)	ChickenDecreased
1	22.2	1116.4	15.4	290	80	30.9	59	155	0
2	34.8	815.0	12.4	480	128	29.9	62	460	3
3	70.3	790.7	18.2	380	84	28.6	64	980	1
4	43.0	909.2	13.5	380	31	27.5	65	1497	3
5	117.6	1031.4	26.4	310	35	26.6	69	2148	5

Tabla 1. Valores promedio semanal recolectados durante la prueba de campo

Parameter	Count	Max.	Min.	Mean	Std. Dev
NH3(ppm)	18329	240	17	119	73
CO2(ppm)	18329	1272	411	388	938
CO(ppm)	18329	51	7	11	18
NO2(ppm)	18329	607	110	144	362
Temp(C)	18329	31	22	4	29
HR(%)	18329	79	40	9	64
Lux(l)	18329	738	0	129	80

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de datos recolectados durante la prueba de campo