

Propuesta de Aplicación de Monitoreo Remoto para la Automatización de Aulas Orientado al Ahorro Energético en Instituciones Educativas

Proposal of Remote Monitoring Application Classroom Automation Oriented Toward Energy Savings in Educational Institutional

Valeria Jaqueline Gómez-Vazquez¹, Rossy Nallely Bautista-Vazquez¹, Ulises Zaldívar Colado¹

¹Facultad de Informática Mazatlán, Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

Valeria Jaqueline Gomez-Vazquez, 20857373.gomez@ms.uas.edu.mx, ORCID: 0009-0006-4011-4610

Rosy Nalley Bautista Vazquez, rossybautista167@gmail.com, ORCID: 0009-0003-3143-2279

Autor por correspondencia: Ulises Zaldívar Colado, uzaldivar@uas.edu.mx ORCID 0000-0001-6493-3553

Recibido: abril 2026, **Aceptado:** abril 2026, **Publicado:** mayo 2026

Resumen:

Este trabajo presenta el diseño y desarrollo de una propuesta de sistema de automatización de aulas orientado al ahorro energético mediante el uso de tecnologías IoT de bajo costo. La propuesta integra un microcontrolador ESP32, sensores de presencia y detección de gas, así como actuadores controlados tanto de manera autónoma como remota a través de una aplicación web. La metodología incluyó el diseño de la arquitectura del sistema, su simulación en Tinkercad, la implementación en una maqueta a escala funcional y pruebas de validación en distintos escenarios de operación.

Los resultados obtenidos en el entorno de prueba demuestran que la propuesta es capaz de responder en tiempo real ante cambios en el entorno, activando o desactivando dispositivos eléctricos de manera eficiente. El análisis realizado sugiere la viabilidad de la propuesta como una alternativa accesible y escalable para instituciones educativas con recursos limitados, contribuyendo a la optimización del consumo energético y a la sostenibilidad ambiental.

Palabras Clave:

Monitoreo remoto, IoT, eficiencia energética, aulas inteligentes, ESP32, automatización

Abstract:

This paper presents the design and development of a proposed classroom automation system aimed at energy savings through the use of low-cost IoT technologies. The proposal integrates an ESP32 microcontroller, presence and gas detection sensors, as well as actuators controlled both autonomously and remotely through a web application. The methodology included the design of the system architecture, its simulation in Tinkercad, implementation in a functional-scale prototype, and validation tests under different operating scenarios.

The results obtained in the testing environment demonstrate that the proposed system is capable of responding in real time to environmental changes by efficiently activating or deactivating electrical devices. The analysis suggests the feasibility of the proposal as an accessible and scalable alternative for educational institutions with limited resources, contributing to energy consumption optimization and environmental sustainability.

Keywords:

Remote monitoring, IoT, energy efficiency, smart classrooms, ESP32, automation

1. Introducción

La demanda energética en instituciones educativas ha evidenciado un uso inadecuado de recursos como iluminación, ventilación y equipos eléctricos, generando costos elevados y un impacto ambiental significativo. En numerosas instituciones, las aulas permanecen con luces encendidas aun cuando están desocupadas, aires acondicionados operando sin necesidad o puertas abiertas que afectan la climatización interna. Esta problemática no solo incrementa el gasto económico institucional, sino que también contribuye a una mayor huella de carbono. Ante este escenario, surge la necesidad de implementar soluciones que permitan optimizar el uso de energía en los espacios educativos mediante sistemas inteligentes autónomos.

La administración en las aulas depende de una supervisión humana presencial y reactiva, lo cual limita la capacidad de respuesta ante descuidos, lo que incrementa la probabilidad de descuidos operativos, dando como resultado un desperdicio energético constante y deterioro prematuro de equipos eléctricos. Por ello, resulta necesario diseñar propuestas que integren automatización para regular el consumo de energía de manera eficiente y sostenible. La incorporación de tecnologías inteligentes permitiría no solo reducir costos, sino también fomentar una cultura institucional orientada a la eficiencia energética y la responsabilidad ambiental.

La evolución de los entornos inteligentes puede clasificarse mediante taxonomías de automatización que incluyen sistemas reactivos, sistemas programados y sistemas autónomos adaptativos. Los sistemas reactivos responden a estímulos inmediatos, como sensores de movimiento para iluminación; los programados operan bajo horarios predefinidos; mientras que los adaptativos emplean datos ambientales para ajustar su funcionamiento dinámicamente. En el ámbito educativo, estas categorías han sido aplicadas progresivamente dentro del concepto de edificios inteligentes.

A nivel internacional, el concepto de Smart Campus se ha consolidado como un modelo basado en la integración de tecnologías digitales, sensores e Internet de las Cosas (IoT) para la gestión eficiente de los recursos universitarios. Este enfoque se define como un ecosistema inteligente y sostenible que permite optimizar procesos mediante el uso de plataformas tecnológicas y sistemas automatizados. En este sentido, los Smart Campus no constituyen una implementación específica de una sola institución, sino un marco adaptable que puede ser adoptado por distintas universidades para mejorar la eficiencia energética, la gestión de infraestructuras y la calidad de los servicios. Además, la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) en España ha incorporado sensores para monitorear variables como ocupación, temperatura y luminosidad, permitiendo la regulación automática de sistemas de climatización e iluminación en tiempo real, lo que contribuye a la reducción del consumo energético. Asimismo, estos sistemas integran plataformas de gestión centralizada que combinan sensores, automatización y análisis de datos para mejorar la eficiencia operativa de los campus universitarios. Estas iniciativas se enmarcan dentro de los sistemas autónomos adaptativos, ya que ajustan su funcionamiento en función de las condiciones ambientales y

el uso de los espacios, promoviendo un enfoque integral de eficiencia energética institucional [1, 2].

Sin embargo, muchos de los proyectos existentes presentan limitaciones asociadas a altos costos de implementación y dependencia de infraestructura compleja, lo que dificulta su replicabilidad en instituciones con recursos limitados. Algunos modelos priorizan la innovación tecnológica sin considerar escalabilidad o accesibilidad económica.

Bajo este contexto, el presente trabajo describe el desarrollo de un sistema de automatización basado en el microcontrolador ESP32, orientado a la eficiencia energética en aulas mediante un esquema híbrido de sensores autónomos y control remoto. La propuesta busca mantener un bajo costo de implementación mediante el uso de componentes accesibles, estimándose su viabilidad tanto a nivel de un aula individual como en escenarios escalables, como instituciones con múltiples aulas, aspecto que será analizado en secciones posteriores.

2. Trabajos Relacionados

El análisis de trabajos relacionados permite contextualizar el desarrollo de sistemas de gestión energética dentro de entornos educativos inteligentes, destacando las principales tecnologías, enfoques y resultados obtenidos en investigaciones previas. En particular, la integración de Internet de las Cosas (IoT), sensores inteligentes y arquitecturas de bajo costo ha impulsado significativamente la optimización del consumo energético en aulas y edificios. A través de la revisión de la literatura, se identifican tendencias clave como la automatización basada en ocupación, el monitoreo en tiempo real y el uso de sistemas contextuales para la toma de decisiones. En las siguientes subsecciones se presentan los principales avances en estas áreas, organizados según su enfoque tecnológico y su aplicación en la eficiencia energética.

2.1. Sistemas de gestión energética en aulas inteligentes

Los sistemas de gestión energética (EMS, Energy Management System) han sido ampliamente estudiados dentro del contexto de aulas y campus inteligentes. Estos sistemas buscan optimizar el consumo energético mediante el uso de tecnologías como IoT y redes de sensores inalámbricos (WSN, Wireless Sensor Networks).

En [3], se propone un sistema EMS basado en simulación mediante CupCarbon, en el cual se integran protocolos de comunicación como WiFi, Zigbee y LoRa para controlar dispositivos como iluminación y aire acondicionado en función de la ocupación del aula. Los resultados muestran una reducción de consumo energético de hasta 51.55% mediante estrategias basadas en ocupación. Asimismo, investigaciones previas han explorado el uso de plataformas como SCADA y herramientas como HOMER para el análisis energético en edificios educativos, así como la implementación de protocolos IoT como MQTT y Node-RED para monitoreo energético en tiempo real [3–5].

2.2. IoT aplicado a la eficiencia energética

El IoT ha transformado significativamente la gestión energética al permitir la interconexión de dispositivos y la automatización del consumo eléctrico. Diversos estudios destacan que IoT permite monitorear, controlar y optimizar el uso de energía en edificios mediante sensores distribuidos y comunicación en red [6]. Además, se ha demostrado que la integración de IoT en redes eléctricas inteligentes (smart grids) contribuye a reducir desperdicios energéticos mediante automatización, seguimiento y toma de decisiones en tiempo real. También se han desarrollado sistemas de gestión energética basados en IoT que conectan dispositivos de consumo y producción energética, permitiendo ajustar dinámicamente la demanda y mejorar la eficiencia global del sistema [6,7].

2.3 Sensores inteligentes y sistemas basados en contexto

Los sistemas context-aware (sensibles al contexto) han emergido como una evolución de los sistemas IoT tradicionales, incorporando información del entorno para mejorar la toma de decisiones.

Investigaciones previas se han enfocado en sensores de temperatura, humedad y luminancia para controlar dispositivos eléctricos en función de las condiciones ambientales. Por ejemplo, se han desarrollado sistemas de iluminación inteligente que apagan automáticamente las luces cuando no hay ocupación, logrando reducciones significativas en costos y consumo energético.

En [6], reportan que arquitecturas IoT tradicionales presentan ahorros energéticos aproximados del 15% al 20%, mientras que arquitecturas más avanzadas basadas en contexto pueden alcanzar reducciones de entre el 25% y el 30%, además de mejorar el tiempo de procesamiento y ampliar el rango de operación de los sensores.

Sin embargo, muchos de estos enfoques se limitan a datos de sensores físicos, sin considerar el comportamiento humano como variable clave en el consumo energético.

2.4 Implementación de arquitecturas IoT de bajo costo para el control de iluminación

Una tendencia creciente en la literatura reciente es el desarrollo de sistemas "Do-It-Yourself" (DIY) que permiten una alta eficiencia sin requerir inversiones elevadas.

En [9], se presenta el sistema ISLS, el cual emplea el microcontrolador ESP32 aprovechando su conectividad Wi-Fi para integrar un ecosistema de sensores de ocupación y luminosidad. A diferencia de soluciones comerciales cerradas, esta arquitectura permite la interacción inalámbrica en tiempo real y el monitoreo remoto de parámetros a través de una aplicación final. El estudio demuestra que el uso de algoritmos de optimización aplicados a hardware de bajo costo puede generar reducciones en el consumo de energía de entre el 26% y el 80%, validando que el control remoto y la automatización basada en microcontroladores estándar son suficientes para lograr objetivos de sostenibilidad en edificios de oficinas y entornos educativos [8—10].

2.5 Prototipos de aulas inteligentes basados en IoT para monitoreo ambiental

En [11], se presenta el desarrollo de un prototipo de aula inteligente basado en IoT, el cual utiliza el microcontrolador NodeMCU ESP8266 y la plataforma Blynk para el monitoreo ambiental en tiempo real. Este sistema integra diversos sensores, como el DHT11 para medir temperatura y humedad, el sensor MQ-2 para la detección de gases y humo, y sensores magnéticos para el monitoreo de la apertura y cierre de puertas.

El sistema permite la automatización de dispositivos eléctricos como ventiladores e iluminación mediante módulos de relé, en función de las condiciones ambientales detectadas y la actividad dentro del aula. Asimismo, los datos capturados por los sensores son enviados a una aplicación móvil a través de Blynk, lo que facilita el monitoreo remoto y la toma de decisiones en tiempo real.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema es capaz de operar con una frecuencia de actualización aproximada de un segundo, logrando una respuesta rápida en la activación de dispositivos (menor a un segundo) y una adecuada precisión en los sensores utilizados. Además, se destaca que el prototipo representa una solución de bajo costo y escalable, adecuada para su implementación en entornos educativos.

No obstante, el estudio también identifica algunas limitaciones, como la dependencia de la conectividad WiFi, posibles retrasos en la transmisión de datos y la necesidad de calibración en sensores como el MQ-2 para garantizar mediciones confiables. En general, este trabajo evidencia la importancia de integrar múltiples variables ambientales y de seguridad dentro de un mismo sistema IoT, contribuyendo tanto a la eficiencia energética como a la mejora de las condiciones del entorno educativo [11].

2.6 Arquitecturas IoT para automatización energética

Las arquitecturas IoT utilizadas en sistemas de gestión energética suelen basarse en modelos distribuidos compuestos por sensores, actuadores, controladores y plataformas de comunicación. Estas arquitecturas permiten la adquisición, procesamiento y transmisión de datos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones automatizada.

Diversos estudios destacan que los sistemas IoT se estructuran en capas, incluyendo una capa de percepción, una capa de red y una capa de aplicación, lo que permite una integración flexible y escalable de dispositivos. Además, el uso de microcontroladores como el ESP32 permite implementar arquitecturas híbridas que combinan procesamiento local y servicios en la nube, mejorando la eficiencia energética y reduciendo la latencia en la respuesta del sistema [12—16].

3. Metodología

En esta sección se describe la metodología empleada para el desarrollo del sistema de automatización orientado al ahorro energético en aulas. El proceso se estructuró en diversas etapas, incluyendo el diseño de la arquitectura del sistema, la simulación del circuito, la implementación en el microcontrolador ESP32, la construcción de una maqueta a escala funcional y la integración con una aplicación web para el monitoreo y control remoto. Cada etapa permitió la validación progresiva del sistema propuesto.

La maqueta desarrollada presenta dimensiones aproximadas de $40 \times 20 \times 30$ cm, representando un aula real de aproximadamente $5 \times 4 \times 3$ m, lo que corresponde a una escala geométrica no uniforme en el rango de 1:10 a 1:20 dependiendo del eje. Sin embargo, dado que el objetivo principal es la optimización del consumo energético, el escalamiento se aborda desde un enfoque funcional más que estrictamente físico. En este sentido, los actuadores y dispositivos empleados no replican el consumo energético absoluto de un aula real, sino que modelan el comportamiento relativo del sistema bajo distintas condiciones de ocupación y luminosidad.

Este enfoque metodológico se fundamenta en sistemas de control basados en la detección de ocupación, los cuales han demostrado ser efectivos en la reducción del consumo energético. Estudios previos reportan ahorros de hasta un 43.5% en sistemas de iluminación inteligente basados en IoT en comparación con esquemas de operación continua, lo que respalda la validez del enfoque adoptado en este trabajo [17].

3.1. Arquitectura del sistema y diagrama de funcionamiento

El diagrama de funcionamiento fue diseñado con el objetivo de esclarecer los componentes electrónicos a utilizar en el sistema, para así establecer la relación que existirá entre ellos.

La Figura 1 muestra la arquitectura general del sistema propuesto, el cual se basa en el uso del microcontrolador ESP32 como unidad central de procesamiento. El sistema opera bajo dos modos principales: automático y manual. En el modo automático, el sistema recibe información de sensores ambientales, específicamente un sensor ultrasónico para la detección de presencia mediante medición de distancia, y un sensor de humo/gas para la identificación de posibles riesgos en el entorno. Estos datos son procesados por el ESP32, permitiendo la toma de decisiones en tiempo real.

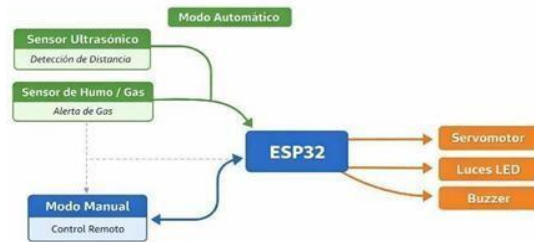


Figura 1. Diagrama de funcionamiento del sistema propuesto. (Fuente: Elaboración propia).

Por otro lado, en el modo manual, el sistema es controlado a través de una aplicación web, la cual permite al usuario interactuar remotamente con los dispositivos conectados, enviando comandos directamente al microcontrolador. Como salida, el sistema controla diversos actuadores, entre los que se incluyen un servomotor, luces LED y un buzzer, los cuales representan, respectivamente, mecanismos de control físico como la apertura y cierre de puertas, sistemas de iluminación del aula y dispositivos de alerta sonora utilizados para notificaciones o advertencias ante condiciones específicas del entorno.

Esta arquitectura híbrida permite combinar automatización basada en sensores con control remoto, proporcionando una solución flexible y eficiente para la gestión energética en aulas.

3.2. Simulación del sistema en Tinkercad

Con el objetivo de validar el funcionamiento del sistema previo a su implementación física, se llevó a cabo la simulación del circuito electrónico mediante la plataforma Tinkercad, desarrollada por Autodesk, la cual permite diseñar, simular y programar circuitos electrónicos en un entorno virtual interactivo sin necesidad de hardware físico. Esta herramienta permitió modelar la interacción entre los distintos componentes

del sistema y verificar su correcto comportamiento en un entorno virtual controlado.

Como se muestra en la Figura 2, la simulación integra un conjunto de dispositivos electrónicos que representan los elementos principales del sistema propuesto. Entre ellos se incluye un sensor ultrasónico para la detección de presencia mediante medición de distancia, un sensor de gas para la identificación de posibles riesgos en el ambiente, un servomotor como actuador mecánico, así como LEDs indicadores y un buzzer para la señalización visual y auditiva. Todos estos componentes se encuentran interconectados y controlados mediante un microcontrolador.

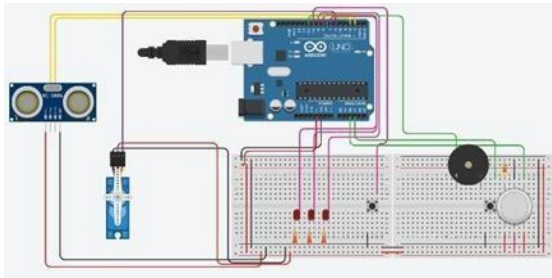


Figura 2. Simulación del circuito del sistema en Tinkercad. (Fuente: Elaboración propia).

Es importante destacar que, debido a las limitaciones de la plataforma Tinkercad, la simulación se realizó utilizando un microcontrolador Arduino UNO. Sin embargo, la lógica de control implementada es equivalente a la que posteriormente se desarrolló en el ESP32, manteniendo la misma estructura funcional del sistema.

La simulación permitió verificar la correcta conexión de los componentes, así como la respuesta del sistema ante diferentes condiciones de entrada, tales como la detección de objetos o la presencia de gases. Asimismo, se validó la activación de los actuadores en función de los datos proporcionados por los sensores, garantizando el cumplimiento de la lógica de operación definida en el diseño del sistema.

Estos resultados preliminares facilitaron la identificación y corrección de posibles errores antes de la implementación física, reduciendo riesgos y optimizando el proceso de desarrollo del prototipo.

3.3 Implementación del sistema en ESP32

Para la implementación del sistema, se utilizó el microcontrolador ESP32 como unidad central de procesamiento, debido a su capacidad de conectividad inalámbrica y procesamiento en aplicaciones de IoT.

Previo a la conexión física de los componentes, se realizó un análisis del pinout del ESP32 con el objetivo de identificar la distribución y funcionalidad de sus pines, asegurando una correcta asignación de entradas y salidas. Esta etapa fue fundamental para evitar conexiones incorrectas que pudieran dañar el microcontrolador o afectar el funcionamiento del sistema.

A partir del diseño previamente validado en la simulación, se definió la correspondencia entre los pines del ESP32 y los diferentes dispositivos del sistema, incluyendo sensores y actuadores. Este proceso permitió trasladar de manera segura la lógica del circuito simulado hacia una implementación real. Asimismo, se consideraron aspectos como la alimentación de los dispositivos, los niveles de voltaje y la compatibilidad entre componentes, garantizando la integridad del sistema durante su operación.

Esta fase representó un paso clave en la transición de la simulación a la implementación física, permitiendo establecer una base sólida para el desarrollo del prototipo funcional.

3.4 Desarrollo de la maqueta a escala funcional

En esta etapa se desarrolló una maqueta con la finalidad de representar el entorno real de aplicación del sistema propuesto. Esta fue construida utilizando materiales ligeros, en su mayoría reciclados, lo que permitió reducir costos sin afectar la funcionalidad del prototipo. La maqueta permite visualizar la integración de los componentes electrónicos dentro de un espacio físico, facilitando la validación del sistema en condiciones representativas.

Como se presenta en la Figura 3 la maqueta presenta una escala geométrica no uniforme respecto a un aula real ($40 \times 20 \times 30$ cm frente a $5 \times 4 \times 3$ m). No obstante, el diseño se abordó desde un enfoque funcional, priorizando la interacción entre los dispositivos y el entorno. La distribución interna incluye elementos representativos como mobiliario y estructura del aula, lo que permite simular condiciones de operación cercanas a un escenario real.

La colocación de los sensores se determinó con base en criterios de cobertura espacial y eficiencia en la detección. En particular, los sensores de movimiento se ubicaron en posiciones estratégicas que permiten maximizar el área de detección y minimizar zonas sin cobertura, considerando el ángulo de apertura y el alcance característico de estos dispositivos. Asimismo, se priorizó su instalación en puntos clave del aula, como accesos y zonas centrales, donde se concentra la mayor actividad de los usuarios. Esta disposición permite una detección más confiable de la ocupación del espacio y mejora la respuesta del sistema ante cambios en las condiciones de uso.



Figura 3. Maqueta a escala funcional del sistema propuesto. (Fuente: Elaboración propia).

Posteriormente, la maqueta permitió evaluar la ubicación estratégica de los sensores para la detección de variables del entorno, así como la interacción entre los dispositivos y el espacio físico. Esta representación facilitó la observación directa del comportamiento del sistema, permitiendo identificar mejoras en la distribución de componentes y en la lógica de operación.

El desarrollo de la maqueta a escala funcional constituyó una etapa fundamental en la validación del

sistema, ya que permitió comprobar su viabilidad en un entorno físico controlado, previo a su posible implementación en un aula real.

3.5 Integración del sistema físico con la aplicación web

Una vez validado el funcionamiento del prototipo físico, se llevó a cabo la integración del sistema con una aplicación web, fue diseñada para proporcionar una interfaz intuitiva que permite al usuario interactuar con el sistema de manera remota. Como se muestra en la Figura 4, la interfaz permite supervisar el estado de los dispositivos y controlar su funcionamiento en tiempo real.



Figura 4. Interfaz web para el control y monitoreo del sistema. (Fuente: Elaboración propia).

La comunicación entre el microcontrolador ESP32 y la aplicación web se estableció mediante una conexión WiFi, basada en el estándar IEEE 802.11 b/g/n en la banda de 2.4 GHz, utilizando el protocolo HTTP para el intercambio de información. A través de este mecanismo, el ESP32 actúa como un servidor capaz de recibir solicitudes provenientes de la interfaz web y responder a ellas mediante la ejecución de acciones específicas en el sistema.

Para estructurar la comunicación, se empleó el formato JSON como medio de intercambio de datos, permitiendo representar de manera organizada las instrucciones enviadas desde la aplicación web hacia el microcontrolador. Mediante el uso de este archivo, se definieron comandos asociados a las distintas funciones del sistema, tales como la activación de actuadores, la lectura de sensores y el cambio entre modos de operación.

Asimismo, fue necesario realizar modificaciones en el código del ESP32 con el fin de adaptar su funcionamiento a la recepción y procesamiento de solicitudes HTTP. Estas modificaciones incluyeron la implementación de rutinas para la interpretación de datos en formato JSON, así como la asignación de funciones específicas en respuesta a las peticiones recibidas.

La aplicación web fue diseñada para proporcionar una interfaz intuitiva que permite al usuario interactuar con el sistema de manera remota, facilitando la supervisión del estado de los dispositivos y el control de estos en tiempo real. Esta integración permite complementar el funcionamiento autónomo del sistema

con capacidades de control remoto, fortaleciendo su aplicabilidad en entornos reales.

3.6 Selección de componentes para implementación en aula real

Con el objetivo de evaluar la viabilidad de implementación del sistema en un entorno real, se seleccionaron los componentes necesarios para su despliegue en un aula estándar, considerando criterios de funcionalidad, compatibilidad eléctrica, disponibilidad y costo.

Los elementos incluyen dispositivos de control, sensores, actuadores y componentes de instalación eléctrica, priorizando tecnologías accesibles sin comprometer capacidades operativas como conectividad, comunicación y detección.

La Tabla 1 presenta las especificaciones técnicas y el costo estimado de los componentes, permitiendo analizar la inversión requerida para su implementación.

Tabla 1. Componentes propuestos para implementación en aula real. (Fuente: Elaboración propia).

Componente	Especificaciones	Cantidad	Costo unitario	Costo total
ESP32	Alimentación 5V (USB), lógica 3.3V, Wi-Fi integrado, consumo 80–260 mA	1	200	200
Sensor PIR	Voltaje 110–220V AC, alcance 6–10 m, corriente hasta 10 ^a	3	100	300
Detector de humo fotoeléctrico	Alimentación 127V o batería, alarma 85–100 dB	1	600	600
Módulo de relé de 4 CANALES	Control 5V, capacidad 10 ^a @ 127V	2	100	200
Foco LED 12W	Voltaje 127V, corriente ~0.1 A	6	100	600
Cable THHN	Cableado para	1	600	600

(alta tensión)	instalación eléctrica (30 m)			
Cable multiconductor (baja tensión)	Cableado de control (15 m)	1	150	150
Cerradura eléctrica + cierrapuertas	Sistema de acceso automatizado 12V	1	1200	1200
			Total	3850

A partir de la selección de componentes, se estima que la implementación del sistema en un aula real requiere una inversión aproximada de entre \$3,850 y \$5,000 MXN, lo cual resulta accesible frente a soluciones comerciales que demandan mayores costos e infraestructura especializada.

Los componentes cumplen con los requerimientos técnicos para operar en condiciones reales, incluyendo compatibilidad con redes eléctricas de 127 V, conectividad Wi-Fi y capacidad de detección y control en tiempo real.

Además, la arquitectura propuesta es modular y escalable, lo que facilita su adaptación a distintos entornos educativos sin incrementos significativos en el costo, posicionándose como una alternativa viable para la optimización energética.

4. Resultados Esperados

A partir de las pruebas realizadas en la maqueta a escala, se establecen los resultados esperados para una implementación del sistema en un entorno real. La validación del prototipo permitió comprobar el correcto funcionamiento de los componentes del sistema, incluyendo sensores, actuadores y la unidad de control, así como la comunicación remota, lo cual sirve como base para estimar su desempeño en aulas educativas reales.

En este sentido, se espera que el sistema contribuya a la reducción del consumo energético mediante la automatización del encendido y apagado de dispositivos eléctricos en función de la detección de presencia y condiciones del entorno. Este comportamiento permitiría evitar el uso innecesario de recursos como la iluminación, tal como se describe en la Tabla 2, donde se especifica la función de cada componente dentro del sistema.

Asimismo, se espera que el sistema mantenga una respuesta eficiente en tiempo real, mediante la correcta interacción entre sensores, microcontrolador y actuadores. En particular, el microcontrolador ESP32 actuará como unidad central de procesamiento, gestionando la activación de dispositivos como focos LED, relés y mecanismos de acceso, de acuerdo con las señales recibidas por los sensores.

Por otro lado, en la Tabla 3 se presentan los

resultados esperados relacionados con el desempeño del sistema y la comunicación, donde se establece que la conexión WiFi permitirá una comunicación estable entre el ESP32 y la aplicación web, garantizando el envío y recepción de datos mediante protocolos como HTTP y el uso de estructuras JSON. Se espera que esta comunicación permita el control remoto de los dispositivos de manera eficiente, con tiempos de respuesta rápidos y sin interrupciones durante su operación.

En conjunto, estos resultados esperados permiten establecer una proyección del comportamiento del sistema en condiciones reales, considerando tanto su funcionamiento físico como su desempeño en términos de comunicación y control.

Tabla 2. Resultados esperados basados en escala real. (Fuente: Elaboración propia)

Componente	Función dentro del sistema
ESP32	Actúa como unidad central de control, encargada de procesar los datos de los sensores y ejecutar las acciones correspondientes en los actuadores, además de gestionar la comunicación WiFi con la aplicación web.
Sensor PIR	Detecta la presencia de personas dentro del aula mediante movimiento, permitiendo activar o desactivar automáticamente dispositivos eléctricos como la iluminación.
Detector de humo fotoeléctrico	Identifica la presencia de humo o posibles condiciones de riesgo, activando alertas para prevenir situaciones de peligro dentro del aula.
Módulo de relé de 4 canales	Permite controlar dispositivos eléctricos de mayor potencia, como luces o sistemas conectados a corriente alterna, mediante señales del microcontrolador.
Focos LED	Representan el sistema de iluminación del aula, los cuales se activan o desactivan automáticamente en función de la detección de presencia.
Cableado de alta tensión (THHN)	Se utiliza para la conexión de dispositivos que operan con corriente alterna, como

	iluminación y otros equipos eléctricos.
Cableado de baja tensión (multiconductor)	Permite la interconexión de sensores, actuadores y el microcontrolador dentro del sistema electrónico.
Cerradura eléctrica y cierrapuertas hidráulico	Simulan el control de acceso al aula, permitiendo la apertura y cierre automático como parte de la automatización del entorno.

Tabla 3. Resultados esperados del desempeño del sistema y comunicación. (Fuente: Elaboración propia).

Parámetro evaluado	Descripción de la prueba	Resultado obtenido
Conectividad WiFi	Conexión continua durante pruebas (30 min)	Conexión estable sin interrupciones
Comunicación HTTP	Envío de múltiples solicitudes desde la app	Respuestas correctas del sistema
Comunicación JSON	Activación remota de actuadores	Respuesta rápida del sistema
Control remoto	Envío y recepción de datos estructurados	Interpretación correcta de comandos
Operación continua	Activación manual desde interfaz web	Ejecución correcta de acciones
Cableado de alta tensión (THHN)	Ejecución del sistema durante pruebas prolongadas	Funcionamiento estable

5. Análisis de los Resultados Esperados

Los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas en la maqueta a escala permiten validar el funcionamiento del sistema en un entorno controlado, evidenciando su capacidad para automatizar y controlar dispositivos de manera remota. Esta validación técnica confirma que la arquitectura propuesta es funcional y puede ser replicada en escenarios reales.

Con base en los resultados presentados en la Tabla

2, se observa que cada componente del sistema cumple una función específica dentro de la automatización del aula. En particular, los sensores permiten la detección de condiciones del entorno, mientras que los actuadores ejecutan acciones como el encendido de iluminación o la activación de mecanismos de acceso.

Esta integración permite establecer un sistema autónomo capaz de responder a eventos en tiempo real.

En relación con la problemática planteada en la introducción, el sistema se orienta a reducir el uso innecesario de dispositivos eléctricos mediante su activación únicamente cuando se detecta presencia. En un entorno real, este comportamiento permitiría optimizar el consumo energético, especialmente en sistemas de iluminación que suelen permanecer encendidos sin requerirse.

Por otra parte, los resultados mostrados en la Tabla 3 evidencian que el sistema es capaz de mantener una comunicación estable mediante WiFi, permitiendo el intercambio de datos entre el microcontrolador y la aplicación web. La correcta transmisión de solicitudes HTTP y la interpretación de datos en formato JSON garantizan el funcionamiento del control remoto, lo cual fortalece la flexibilidad del sistema al combinar automatización y supervisión manual.

Asimismo, la capacidad del sistema para operar de manera continua sin interrupciones durante las pruebas indica que su implementación en un entorno real es viable desde el punto de vista técnico. Sin embargo, es importante considerar aspectos como la dependencia de la conectividad inalámbrica y la calibración de sensores, los cuales pueden influir en el desempeño del sistema en condiciones reales.

En general, los resultados analizados permiten concluir que el sistema propuesto representa una solución funcional y escalable para la gestión energética en aulas, al integrar automatización, monitoreo y control remoto dentro de una misma arquitectura.

6. Conclusiones

El presente trabajo permitió diseñar y validar un sistema de automatización de aulas orientado al ahorro energético mediante el uso de tecnologías IoT de bajo costo. A través de la implementación de un prototipo basado en el microcontrolador ESP32 y la integración de sensores y actuadores, fue posible evaluar su funcionamiento en un entorno controlado mediante una maqueta a escala.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema es capaz de detectar condiciones del entorno y actuar en consecuencia, permitiendo el control automático de dispositivos eléctricos como la iluminación y mecanismos de acceso. Asimismo, la integración con una aplicación web permitió validar la viabilidad del control remoto, garantizando una comunicación estable y una respuesta eficiente en tiempo real.

De acuerdo con los resultados esperados y su análisis, el sistema propuesto contribuye a la reducción del consumo energético al evitar el uso innecesario de

recursos, representando una alternativa viable para mejorar la gestión energética en aulas educativas. Además, su arquitectura modular facilita su adaptación a distintos entornos sin requerir inversiones elevadas.

Como trabajo futuro, se plantea la implementación del sistema en un entorno real, así como la incorporación de sensores adicionales que permitan mejorar la precisión del sistema y ampliar sus capacidades de monitoreo.

Finalmente, este proyecto aporta una solución tecnológica accesible para la automatización de espacios educativos, promoviendo el uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de tecnologías IoT en instituciones académicas.

7. Referencias

- [1] “Gestión inteligente de la energía en instituciones de educación superior | Siemens,” Siemens, 2026. <https://www.siemens.com/es-mx/industries/higher-education/smart-energy-management/> (accessed May 01, 2026).
- [2] “Eficiencia energética de los campus universitarios de la UNED con tecnología IoT e Inteligencia Artificial - Cellnex,” Cellnex, 2022. <https://www.cellnex.com/es-es/casos-uso/eficiencia-energetica-campus-universitarios-uned-iot> (accessed May 01, 2026).
- [3] I. B. Sulistiawati, A. Soetedjo, D. B. Susanti, and G. Sukowiyono, “An Energy Management System in Smart Classroom Using CupCarbon Simulator,” *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 15, no. 5, pp. 26985–26995, 2025, doi: 10.48084/etasr.11773.
- [4] L. E. Alarcón Yáñez, E. M. Toscano Díaz, and a. M. E. Oña Llumiquinga, “Prototipo de Gestión Energética en Aulas Domóticas con Android y Arduino Ante el Cambio Climático y Cortes Eléctricos,” *Ibero Ciencias - Revista Científica y Académica - ISSN 3072-7197*, vol. 5, no. 1, pp. 1848–1861, Mar. 2026, doi: <https://doi.org/10.63371/ic.v5.n1.a780>.
- [5] H. A. Sánchez Sánchez, L. Alvarado Tarango, H. S. . Sánchez Rangel, y V. I. . Barrón Ortega, «Diseño del sistema de gestión inteligente para eficientar el uso de la energía a través de la automatización de un edificio en una Institución Superior», *CTES*, vol. 11, n.º 22, nov. 2024.
- [6] P. Paudel, S. Kim, S. Park, and K.-H. Choi, “A Context-Aware IoT and Deep-Learning-Based Smart Classroom for Controlling Demand and Supply of Power Load,” *Electronics*, vol. 9, no. 6, p. 1039, Jun. 2020, doi: 10.3390/electronics9061039.
- [7] J. Vidal and E. Alejandro, “Aplicaciones de internet de las cosas (IoT) en la optimización de la eficiencia energética en entornos residenciales.,” *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, vol. 6, no. 1, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i1.406>.
- [8] F. Peña de Loza and F. J. Ibarra Villegas, “Implementación de tecnologías IoT para la reducción del consumo energético en oficinas inteligentes mediante el control de la iluminación,” *Revista de Ciencias Tecnológicas (RECIT)*, vol. 7, no. 3, e332, 2024, doi: 10.37636/recit.v7n3e332.
- [9] P. Obioma, O. Agbodike, J. Chen, and L. Wang, “ISLS: IoT- Based Smart Lighting System for Improving Energy Conservation in Office Buildings,” *arXiv preprint arXiv:2503.13474v2*, 2025.
- [10] E. A. Alvarado Bastidas, “Evaluación de sistemas electrónicos de bajo consumo energético en IoT: Aplicaciones educativas para reducir el consumo energético,” *Sage Sphere International Journal*, vol. 1, no. 2, 2024.
- [11] A. Zilni and I. S. Wibisono, “IoT-Based Smart Classroom Prototype Using NodeMCU and Blynk for Environmental Monitoring,” *Journal of Information Systems and Informatics*, vol. 7, no. 4, Dec. 2025, doi: 10.63158/journalisi.v7i4.1356.
- [12] S. Bhaganagare, S. Chavan, S. Gavali y V. V. Godase, “Voice-Controlled Home Automation with ESP32: A Systematic Review of IoT- Based Solutions,” *Journal of Microprocessor and Microcontroller Research*, vol. 2, no. 3, pp. 1–13, 2025.
- [13] C. J. Amaya Rondón, “Evaluación de la automatización para el ahorro energético en edificios educativos,” Tesis de maestría, Universidad de la Costa, 2024.
- [14] E. A. Morocho-Belduma, B. S. Masache- Carrera, D. Hernandez-Rojas, y B. Mazon- Olivo, «Optimización energética en entornos académicos mediante IoT y aprendizaje automático», *I.P.*, vol. 8, n.º 14, pp. 4–26, ene. 2025.
- [15] R. Javier, “Sistema internet de las cosas IOT, para la automatización y monitoreo de iluminación y climatización: impulso a la eficiencia energética en aulas universitarias,” *Upse.edu.ec*, Feb. 04, 2026. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/16268> (accessed Apr. 09, 2026).
- [16] R. Enrique, “Diseño e Implementación de un Módulo de entrenamiento utilizando el procesador ESP32 para aplicaciones enfocadas a la Domótica,” *Ups.edu.ec*, 2022, doi: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22860>.
- [17] S. S. M. Y. Grandhi, “An IoT-Based Smart Lighting System for Real-Time Occupancy Monitoring and Energy Management,” *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, vol. 9, no. 5, pp. 174–182, 2022.