

Sistema de control inteligente basado en sensores y microcontroladores para la optimización del consumo energético en aires acondicionados residenciales

Intelligent control system based on sensors and microcontrollers for optimizing energy consumption in residential air conditioners

Sistema de controle inteligente baseado em sensores e microcontroladores para a otimização do consumo energético em aparelhos de ar condicionado residenciais

Macías Rodríguez, Carlos Alfredo
Instituto Superior Tecnológico Portoviejo con Condición Superior Universitario

carlos1.macias@itsup.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-9027-1813>



Zambrano Santos, Roberth Olmedo
Instituto Superior Tecnológico Portoviejo con Condición Superior Universitario

roberth.zambrano@itsup.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4072-4738>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE2/1017>

Como citar:

Macías Rodríguez, C. A., & Zambrano Santos, R. O. (2025). Sistema de control inteligente basado en sensores y microcontroladores para la optimización del consumo energético en aires acondicionados residenciales. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(E2), 82–104.

Recibido: 24/07/2025

Aceptado: 05/08/2025

Publicado: 30/09/2025

Resumen

El uso intensivo de sistemas de aire acondicionado en entornos residenciales representa una de las principales causas del incremento del consumo energético en zonas cálidas, como el cantón Portoviejo (Ecuador). Este estudio exploratorio tuvo como objetivo evaluar el conocimiento, hábitos de consumo y disposición de los usuarios hacia la adopción de un sistema de control inteligente basado en sensores y microcontroladores, como alternativa para optimizar el uso energético de estos equipos. A través de la aplicación de encuestas estructuradas a 333 residentes, se identificaron patrones de uso frecuente del aire acondicionado, un bajo nivel de conocimiento sobre el consumo eléctrico asociado y una alta valoración del ahorro energético. Los resultados revelan que más del 90 % de los encuestados estaría dispuesto a incorporar soluciones automatizadas, especialmente si estas son accesibles y fáciles de usar. Se proyectó que un sistema inteligente podría reducir el consumo energético entre un 25 % y un 40 %, lo que implicaría un ahorro económico considerable por hogar. En conclusión, existe un entorno social y técnico favorable para la implementación de tecnologías de automatización en climatización residencial, lo que podría contribuir significativamente a la eficiencia energética, la sostenibilidad ambiental y el alivio de la carga económica doméstica.

Palabras clave: Eficiencia energética; domótica; microcontroladores; sensores; aire acondicionado; consumo eléctrico residencial.

Abstract

The intensive use of air conditioning systems in residential environments is one of the main causes of increased energy consumption in hot areas, such as the Portoviejo canton (Ecuador). This exploratory study aimed to evaluate users' knowledge, consumption habits, and willingness to adopt a smart control system based on sensors and microcontrollers as an alternative to optimize the energy use of these devices. Through structured surveys of 333 residents, patterns of frequent air conditioning use, a low level of knowledge about associated electricity consumption, and a high valuation of energy savings were identified. The results reveal that more than 90% of respondents would be willing to incorporate automated solutions, especially if they are accessible and easy to use. It was projected that a smart system could reduce energy consumption by between 25% and 40%, which would mean considerable financial savings per household. In conclusion, there is a favorable social and technical environment for the implementation of automation technologies in residential air conditioning, which could contribute significantly to energy efficiency, environmental sustainability, and the alleviation of the domestic economic burden.

Keywords: Energy efficiency; home automation; microcontrollers; sensors; air conditioning; residential electricity consumption.

Resumo

O uso intensivo de sistemas de ar condicionado em ambientes residenciais representa uma das principais causas do aumento do consumo de energia em zonas quentes, como o cantão de Portoviejo (Equador). Este estudo exploratório teve como objetivo avaliar o conhecimento, os hábitos de consumo e a disposição dos utilizadores em adotar um sistema de controlo inteligente baseado em sensores e microcontroladores, como alternativa para otimizar o uso energético desses equipamentos. Através da aplicação de inquéritos estruturados a 333 residentes, foram identificados padrões de uso frequente do ar condicionado, um baixo nível de conhecimento sobre o consumo elétrico associado e uma alta valorização da poupança energética. Os resultados revelam que mais de 90 % dos inquiridos estariam dispostos a incorporar soluções automatizadas, especialmente se estas fossem acessíveis e fáceis de usar.

Estima-se que um sistema inteligente poderia reduzir o consumo de energia entre 25 % e 40 %, o que implicaria uma economia considerável por residência. Em conclusão, existe um ambiente social e técnico favorável à implementação de tecnologias de automação em climatização residencial, o que poderia contribuir significativamente para a eficiência energética, a sustentabilidade ambiental e o alívio da carga económica doméstica.

Palavras-chave: Eficiência energética; automação residencial; microcontroladores; sensores; ar condicionado; consumo eléctrico residencial.

Introducción

El incremento sostenido en el uso de sistemas de climatización en entornos residenciales constituye una de las tendencias más significativas de los últimos años. Este fenómeno responde, principalmente, a dos factores: el aumento de las temperaturas globales derivado del cambio climático y la demanda creciente de confort térmico en los hogares (International Energy Agency, 2018). Según estimaciones recientes, aproximadamente un 10% del consumo eléctrico residencial en regiones cálidas corresponde al funcionamiento de los aires acondicionados, proporción que podría duplicarse en la próxima década si no se adoptan medidas de optimización energética (Santamouris, 2016).

En este contexto, las tecnologías de automatización, la domótica y el desarrollo de sistemas inteligentes basados en sensores y microcontroladores se presentan como estrategias prometedoras para mitigar los impactos ambientales y económicos de dicho consumo. La evolución de plataformas de hardware libre, como Arduino y ESP32, ha democratizado la implementación de soluciones de control en tiempo real, permitiendo su integración en aplicaciones domésticas con un costo accesible y altos niveles de personalización (Rault, Bouabdallah y Challal, 2014).

A pesar de los avances tecnológicos, diversos estudios coinciden en señalar que la mayoría de los equipos de aire acondicionado operan bajo esquemas de uso manual, sin incorporar algoritmos inteligentes de monitoreo y ajuste automático, lo que genera consumos energéticos innecesarios y un impacto ambiental considerable (Beccali, Cellura, Lo Brano y

Marvuglia, 2004). Este contexto revela un área de oportunidad relevante para el diseño e implementación de sistemas que optimicen su funcionamiento.

La ausencia de sistemas de control inteligente que regulen el funcionamiento de los aires acondicionados representa un problema crítico en la gestión energética de los hogares. Habitualmente, estos equipos permanecen encendidos por largos periodos, aun cuando la temperatura ambiente ha alcanzado niveles de confort o cuando no hay ocupantes en la estancia. Este uso ineficiente responde, en parte, a la falta de conocimiento del usuario sobre prácticas de consumo responsable y a la carencia de dispositivos de automatización que integren sensores de temperatura, humedad y presencia (Aghniaey y Lawrence, 2018).

De este modo, se genera un consumo eléctrico excesivo que eleva las facturas energéticas domésticas, incrementa la demanda sobre las redes de distribución y contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero asociados a la generación eléctrica (Pérez-Lombard, Ortiz y Pout, 2008). Asimismo, se observa un deterioro prematuro de los equipos de climatización, ya que su operación continua sin regulación acelera el desgaste de los componentes internos.

La persistencia de un uso ineficiente de los aires acondicionados en espacios residenciales tiene consecuencias de orden económico, técnico y ambiental. En primer lugar, el impacto económico se refleja en un incremento sostenido de la factura eléctrica mensual de los hogares, lo que representa una carga significativa en contextos de vulnerabilidad energética (Ürge-Vorsatz, Cabeza, Serrano, Barreneche y Petrichenko, 2015). Esta situación se agrava en regiones con climas cálidos donde los periodos de uso se extienden durante la mayor parte del año.

Desde el punto de vista ambiental, el consumo excesivo de energía eléctrica proveniente de fuentes fósiles contribuye al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente dióxido de carbono (CO₂), exacerbando el calentamiento global y sus

impactos asociados (Sivak, 2009). Además, la operación continua sin mecanismos de regulación inteligente acelera el desgaste de los compresores y otros componentes internos de los equipos, reduciendo su vida útil y generando residuos electrónicos que incrementan la presión sobre los sistemas de gestión de desechos.

Finalmente, el uso ineficiente también puede derivar en la sobrecarga de las redes de distribución eléctrica durante periodos de alta demanda, elevando el riesgo de interrupciones del servicio y encareciendo los costos de infraestructura energética a largo plazo (Santamouris, 2016).

La investigación que se propone resulta pertinente y necesaria, dado que responde a un problema concreto y actual: la ineficiencia energética derivada de un uso inadecuado de los sistemas de climatización residencial. La incorporación de tecnologías de automatización basadas en sensores y microcontroladores representa una alternativa viable, accesible y escalable para mejorar la eficiencia en el consumo eléctrico y reducir el impacto ambiental (O'Grady, O'Hare, & Carr, 2012).

Asimismo, el proyecto cobra relevancia técnica, al proponer una solución tecnológica fundamentada en el desarrollo de un sistema de control inteligente capaz de monitorear parámetros ambientales en tiempo real y ajustar el funcionamiento del equipo de climatización de forma automática. Este enfoque contribuye al avance del conocimiento en el campo de la domótica, la eficiencia energética y el Internet de las Cosas (IoT) (Gubbi, Buyya, Marusic, & Palaniswami, 2013).

Por otra parte, el componente social de la investigación se vincula con la posibilidad de reducir los costos energéticos de los hogares, mejorando su sostenibilidad económica y ambiental. La justificación se fortalece, además, por el enfoque exploratorio de la propuesta, que contempla la aplicación de cuestionarios para evaluar las percepciones de los usuarios

sobre el consumo energético y el uso de tecnologías de automatización, facilitando así la identificación de barreras y oportunidades de adopción.

El presente estudio tiene como objetivo general diseñar e implementar un sistema de control inteligente basado en sensores y microcontroladores que optimice el consumo energético de los aires acondicionados residenciales. Este sistema permitirá el monitoreo y ajuste automático de su funcionamiento en función de variables ambientales (temperatura, humedad y presencia de ocupantes) y patrones de uso previamente identificados.

Metodología

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, dado que busca recoger y analizar datos objetivos sobre los patrones de consumo energético asociados al uso de aires acondicionados en entornos residenciales, así como las percepciones de los usuarios respecto de la eficiencia energética y el interés por tecnologías de automatización. Según Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014), este enfoque permite describir variables y establecer relaciones mediante la medición numérica y el análisis estadístico, garantizando la objetividad y la replicabilidad de los resultados.

Se emplea un diseño no experimental y transversal. No experimental, dado que no se realizará ninguna manipulación deliberada de variables independientes ni intervención sobre las condiciones de uso de los aires acondicionados (Kerlinger & Lee, 2002). El diseño es transversal porque la recolección de datos se llevará a cabo en un único momento temporal, permitiendo describir las características de la población objeto de estudio y sus percepciones en un periodo específico (Hernández Sampieri et al., 2014).

La investigación es de tipo exploratorio y descriptivo, el carácter exploratorio responde a la necesidad de indagar un fenómeno poco estudiado en el contexto local, particularmente la

disposición de los usuarios a incorporar sistemas inteligentes de control energético y las barreras percibidas para su adopción (Gil, García & Rodríguez, 1999).

El alcance descriptivo se manifiesta en la intención de caracterizar variables como la frecuencia de uso de los equipos de climatización, los hábitos de consumo energético, y el conocimiento sobre tecnologías basadas en microcontroladores y sensores (Hernández Sampieri et al., 2014).

Se adoptará el método survey o encuesta estructurada, que consiste en la aplicación de un cuestionario estandarizado a una muestra representativa de usuarios residenciales de aires acondicionados. Este método es adecuado para recopilar información cuantitativa sobre actitudes, prácticas y características de los participantes, permitiendo generalizar resultados a la población de referencia (Fowler, 2014).

La población objetivo está conformada por los usuarios residenciales de aires acondicionados del cantón Portoviejo, Ecuador, dado que esta región se caracteriza por un clima cálido que incentiva el uso intensivo de sistemas de climatización. La selección de esta población es consistente con el planteamiento del problema, que enfatiza la necesidad de comprender los patrones de consumo energético en contextos residenciales de alta demanda.

Para determinar el tamaño de la muestra, se aplicará la fórmula para muestras finitas recomendada para estudios descriptivos con nivel de confianza del 95% y error muestral del 5% ($p = q = 0,5$, como proporción esperada máxima de variabilidad), Asumiendo una población estimada de usuarios residenciales de 2.500 viviendas con aire acondicionado (dato referencial de base municipal), por tanto, se determinará una muestra de 333 encuestados.

La técnica de recolección de la información será la encuesta estructurada, considerada una de las herramientas más eficaces en estudios exploratorios y descriptivos, dado que permite obtener datos comparables y estandarizados de una muestra amplia de participantes (Fink, 2013). El instrumento consistirá en un cuestionario cerrado, los ítems se estructurarán

mayoritariamente en formato de preguntas cerradas con opciones múltiples, escalas de Likert de 5 puntos para medir el grado de acuerdo o desacuerdo, y algunas preguntas dicotómicas. Este diseño facilita la codificación y posterior procesamiento estadístico (Babbie, 2015).

El muestreo será probabilístico aleatorio simple, lo que implica que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser seleccionados. Esta estrategia es adecuada cuando se cuenta con un marco muestral confiable y se busca maximizar la representatividad de la muestra (Hernández Sampieri et al., 2014).

La aplicación de las encuestas se llevará a cabo mediante visitas domiciliarias, considerando que este enfoque permite asegurar la participación de usuarios de distintos niveles educativos y minimizar el sesgo por exclusión digital. Cada encuestador recibirá capacitación previa sobre la forma correcta de explicar los objetivos del estudio, solicitar el consentimiento informado, y aplicar el instrumento de forma estandarizada. Los resultados permitirán caracterizar las percepciones, usos y actitudes hacia la eficiencia energética, así como sustentar futuras líneas de investigación e intervenciones piloto en hogares.

Resultados

Caracterización del uso y conocimiento del consumo energético

El presente apartado tiene como propósito describir de manera detallada las principales características relacionadas con la frecuencia de uso de los sistemas de aire acondicionado, el grado de conocimiento sobre el consumo energético mensual y las acciones que los usuarios han intentado implementar previamente para reducir el gasto eléctrico asociado a estos dispositivos. Estos indicadores resultan relevantes, ya que aportan información empírica sobre los hábitos de consumo y la conciencia energética de los usuarios residenciales, aspectos determinantes para evaluar la viabilidad y aceptación de soluciones basadas en tecnologías de automatización y control inteligente. La caracterización se realizó con base en los datos

recolectados mediante el cuestionario aplicado a una muestra de 333 personas seleccionadas por muestreo aleatorio simple en el cantón Portoviejo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, organizados en tablas de frecuencia absoluta y relativa.

Tabla 1

Frecuencia de uso del aire acondicionado en la vivienda

Frecuencia de uso	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Todos los días	134	40,2 %
4-6 días a la semana	92	27,6 %
1-3 días a la semana	70	21,0 %
Casi nunca	37	11,1 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

El comportamiento de los usuarios refleja una marcada dependencia del aire acondicionado, evidenciando que para la mayoría constituye un recurso esencial para mantener el confort térmico en el hogar. Este patrón se explica por las condiciones climáticas predominantes en la región, donde las altas temperaturas impulsan un uso constante de los sistemas de climatización. Sin embargo, también se identificaron hogares que recurren a estos equipos de manera esporádica, lo que sugiere la influencia de factores como la disponibilidad económica, la preferencia por métodos de ventilación natural o la falta de información sobre prácticas eficientes de uso. Estas diferencias ponen de manifiesto la necesidad de estrategias que fomenten el consumo responsable y promuevan alternativas tecnológicas que optimicen el rendimiento energético sin sacrificar la comodidad de los usuarios.

En términos de análisis comparativo, estos datos coinciden con lo señalado en investigaciones previas que destacan que en zonas con alta temperatura promedio anual el uso diario de los sistemas de climatización tiende a predominar (Pérez-Lombard, Ortiz, & Pout, 2008; Sivak, 2009). Este patrón de uso intensivo justifica la relevancia de implementar sistemas de control inteligente que contribuyan a la optimización del consumo energético sin comprometer el bienestar de los usuarios.

Tabla 2*Conocimiento sobre el consumo energético mensual del aire acondicionado*

Nivel de conocimiento	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Sí, con precisión	47	14,1 %
Tengo una idea aproximada	108	32,4 %
No, pero me interesa saber	121	36,3 %
No tengo idea	57	17,1 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

Las respuestas obtenidas revelan que la mayoría de los usuarios carece de un conocimiento preciso sobre el impacto energético que genera el uso del aire acondicionado en sus hogares. Mientras algunos poseen una idea general del gasto, otros manifiestan total desconocimiento, aunque con disposición a informarse, lo que evidencia una brecha importante en la cultura energética. Este escenario resalta la necesidad de implementar campañas de educación orientadas a sensibilizar sobre el consumo eléctrico y sus implicaciones económicas y ambientales (Ürge-Vorsatz et al. 2015). No obstante, también se identificó un grupo que no muestra interés en este tema, lo que supone un desafío para la adopción de tecnologías que promuevan un uso más eficiente. Este hallazgo refuerza la idea de que la falta de información constituye una barrera significativa para el cambio hacia prácticas energéticas sostenibles.

Tabla 3*Acciones previas para reducir el consumo energético*

Nivel de conocimiento	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Sí, con cambios en el uso	138	41,4 %
Sí, con tecnología o dispositivos adicionales	47	14,1 %
No, pero me gustaría hacerlo	102	30,6 %
No me preocupa ese aspecto	46	13,8 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

Los resultados evidencian que una parte importante de los usuarios ha comenzado a aplicar medidas orientadas a reducir el consumo energético, principalmente mediante ajustes en sus hábitos cotidianos, como limitar el tiempo de uso del aire acondicionado o regular la temperatura. En menor medida, algunos han optado por incorporar dispositivos tecnológicos que les permitan un control más eficiente. No obstante, persiste un grupo considerable que,

aunque no ha realizado acciones concretas, muestra disposición para hacerlo, lo que refleja un potencial favorable para intervenciones educativas. También se identifican hogares para los que este tema no constituye una prioridad, lo que pone en relieve la necesidad de estrategias diferenciadas que combinen información, motivación y herramientas accesibles para fomentar prácticas sostenibles. Este panorama confirma que el cambio hacia una gestión más eficiente del consumo energético requiere tanto soluciones tecnológicas como programas de sensibilización que promuevan la conciencia ambiental y económica. (Santamouris, 2016; O'Grady, O'Hare & Carr, 2012).

Percepción e importancia del ahorro energético en el hogar

La percepción ciudadana sobre la relevancia del ahorro energético y su apertura al uso de tecnologías inteligentes constituye un factor clave para la implementación exitosa de sistemas automatizados que optimicen el consumo de electricidad en equipos de climatización. Este subtema examina cómo los usuarios valoran el ahorro energético en el hogar, su disposición a adoptar un sistema inteligente de control automático, y el nivel de confianza que depositan en la eficiencia de los sensores como tecnología facilitadora. Tales dimensiones son fundamentales, ya que inciden directamente en la aceptación tecnológica, y permiten anticipar el grado de resistencia o colaboración que podría existir ante futuros proyectos de innovación doméstica. La información fue recolectada a través de las preguntas 4, 5 y 8 del cuestionario aplicado a los 333 encuestados.

Tabla 4

Disposición a utilizar un sistema inteligente para controlar el aire acondicionado

Respuesta	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Sí, sin duda	121	36,3 %
Sí, si es fácil de usar	102	30,6 %
Tal vez, dependiendo del costo	83	24,9 %
No me interesa	27	8,1 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

Los resultados de la Tabla 4 revelan una alta disposición general a adoptar un sistema de control inteligente para el aire acondicionado, siempre que este aporte beneficios claros en términos de ahorro energético. Los resultados evidencian una alta predisposición por parte de los encuestados a adoptar este tipo de sistemas, siempre que se cumplan ciertos requisitos clave. Una parte considerable de los participantes muestra una disposición total a utilizarlos, mientras que otros condicionan su aceptación a que el sistema sea fácil de usar o que tenga un costo accesible, lo que revela que la usabilidad y la viabilidad económica son factores fundamentales en la toma de decisiones. El reducido porcentaje que expresa desinterés indica que, en términos generales, existe una actitud positiva hacia la implementación de estas tecnologías, especialmente si se garantiza su accesibilidad y funcionalidad.

Este comportamiento es coherente con los hallazgos de O'Grady et al. (2012), quienes señalan que la adopción de tecnología de automatización residencial está condicionada por el grado de percepción de utilidad, la facilidad de uso percibida (concepto central del modelo TAM), y los costos de instalación y mantenimiento. También se refuerza lo planteado por Gubbi et al. (2013), quienes destacan que los sistemas basados en sensores e IoT tienen mayor potencial de adopción cuando son presentados como soluciones concretas a problemas cotidianos, como el gasto excesivo de energía.

Tabla 5

Importancia atribuida al ahorro energético en el hogar

Nivel de importancia	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Muy importante	192	57,7 %
Importante	97	29,1 %
Poco importante	32	9,6 %
Nada importante	12	3,6 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

Los datos de la Tabla 5 confirman que una gran mayoría de los encuestados considera que el ahorro energético representa un tema de alta prioridad en su entorno doméstico. La mayoría de los encuestados percibe el ahorro energético como un aspecto relevante dentro de

sus prioridades. Un porcentaje significativo lo considera muy importante, lo que refleja una alta conciencia sobre la necesidad de conservar los recursos energéticos. Además, una proporción adicional lo califica como importante, lo que refuerza la valoración positiva general hacia prácticas responsables en el uso de la energía. En conjunto, esta tendencia evidencia una actitud favorable y comprometida hacia el ahorro energético en la población encuestada. Este hallazgo refuerza la hipótesis de que existe un alto grado de conciencia energética en la población analizada, motivada posiblemente por factores económicos (como el costo mensual de la energía) y ambientales (como la sostenibilidad del consumo).

A pesar de la tendencia general positiva hacia el ahorro energético, un pequeño segmento de los encuestados le asigna poca o nula relevancia a esta práctica. Esta actitud podría estar vinculada a una limitada conciencia sobre las consecuencias del consumo eléctrico, tanto a nivel económico como ambiental. Asimismo, es posible que algunas personas no perciban un impacto significativo del gasto energético en sus finanzas, lo que disminuye su interés por adoptar medidas de ahorro. Esta situación sugiere la necesidad de fortalecer las estrategias de sensibilización y educación en torno al uso responsable de la energía. Estos datos coinciden con los hallazgos de Ürge-Vorsatz et al. (2015), quienes afirman que las percepciones sobre la eficiencia energética están determinadas por la experiencia directa del usuario con los costos de energía, su nivel educativo y su sensibilidad ambiental.

Tabla 6

Confianza en que un sistema con sensores puede mejorar la eficiencia energética

Grado de confianza	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Sí, definitivamente	152	45,6 %
Probablemente	104	31,2 %
No estoy seguro	58	17,4 %
No	19	5,7 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

En relación con la confianza hacia los sistemas basados en sensores, se observa que la mayoría de los usuarios mantiene una actitud favorable frente a su capacidad para optimizar el

funcionamiento del aire acondicionado. Muchos consideran que esta tecnología puede mejorar la eficiencia energética, lo que refleja una predisposición positiva hacia la innovación en el hogar. Sin embargo, también emergen posturas de incertidumbre que podrían atribuirse a la falta de experiencia o de conocimiento técnico, mientras que un grupo reducido manifiesta escepticismo abierto sobre su efectividad. Estas percepciones coinciden con la literatura que señala cómo la familiaridad con soluciones tecnológicas y la comprensión de su funcionamiento son factores determinantes para su aceptación y uso efectivo (Gubbi et al., 2013; Rault et al., 2014).

Experiencia previa con tecnologías inteligentes y disposición a adoptarlas

Uno de los factores determinantes en la aceptación de tecnologías emergentes es la experiencia previa de los usuarios con soluciones similares. Este subtema examina el nivel de familiaridad de los encuestados con dispositivos inteligentes o sistemas de domótica, así como los beneficios que esperan obtener al incorporar un sistema de control automatizado para su aire acondicionado. Estos elementos son clave para comprender la predisposición hacia la innovación tecnológica en el entorno doméstico, y permiten identificar tanto oportunidades como posibles barreras de adopción. Las respuestas a las preguntas 6 y 7 del cuestionario aplicado ofrecen información valiosa para este análisis.

Tabla 7

Experiencia previa con dispositivos inteligentes o sistemas de domótica

Experiencia previa	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Sí, tengo o he tenido dispositivos inteligentes en casa	86	25,8 %
No, pero estoy interesado en tenerlos	161	48,3 %
No, y no estoy interesado	86	25,8 %
Sí, tengo o he tenido dispositivos inteligentes en casa	86	25,8 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

Los resultados muestran que la experiencia directa con dispositivos inteligentes en los hogares sigue siendo limitada, lo que confirma una baja adopción de la domótica en el contexto residencial. Sin embargo, se observa una tendencia alentadora: un número importante de personas, aun sin haber utilizado este tipo de tecnología, manifiesta interés por incorporarla, lo que indica una predisposición positiva hacia la innovación en la gestión energética doméstica. Este hallazgo es relevante, ya que la disposición favorable constituye un factor clave para la introducción progresiva de soluciones automatizadas en entornos donde la tecnología aún no ha alcanzado altos niveles de penetración (Gubbi et al., 2013).

Por otro lado, persiste un segmento de la población que no muestra interés en adoptar sistemas inteligentes, lo cual podría estar relacionado con la falta de conocimiento, la desconfianza hacia la tecnología o limitaciones económicas. Esta resistencia evidencia la necesidad de generar estrategias de comunicación y programas de formación que permitan superar las barreras percibidas, tal como sugieren investigaciones que destacan la importancia de la alfabetización tecnológica y la información clara en el proceso de adopción (Rault et al., 2014).

Estos resultados coinciden con estudios como los de Gubbi et al. (2013) y Rault et al. (2014), que señalan que la familiaridad con la tecnología es un predictor directo del grado de aceptación, y que los usuarios sin experiencia previa suelen mostrar actitudes favorables siempre que se les brinde información clara y accesible.

Tabla 8

Beneficios esperados de un sistema inteligente de control de aire acondicionado

Beneficio esperado	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Ahorro económico en la factura eléctrica	177	53,2 %
Mayor comodidad en la gestión del equipo	89	26,7 %
Contribución ambiental y sostenibilidad	41	12,3 %
No espero ningún beneficio	26	7,8 %
Total	333	100 %

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

El análisis de las respuestas revela que el ahorro económico es el beneficio más relevante para los usuarios al considerar la implementación de un sistema inteligente de control. Esta preferencia evidencia que la motivación financiera continúa siendo el principal detonante para la adopción de tecnologías orientadas a la eficiencia energética, tal como lo plantean investigaciones que asocian la reducción de costos con una mayor disposición al cambio en entornos residenciales (Ürge-Vorsatz et al., 2015). Este enfoque refuerza la importancia de diseñar soluciones que demuestren beneficios tangibles en la factura eléctrica, ya que este factor parece influir directamente en la decisión de incorporación tecnológica.

En un segundo plano, los usuarios valoran aspectos relacionados con la comodidad y la simplificación de rutinas domésticas, al considerar que la automatización reduce la necesidad de ajustes manuales en los equipos. De manera complementaria, aunque en menor proporción, se identificó un grupo que prioriza la contribución ambiental como beneficio, lo que indica la presencia de una conciencia ecológica que, si bien no predomina, representa un segmento estratégico para impulsar prácticas sostenibles (O'Grady et al., 2012). Estas percepciones permiten inferir que la aceptación de la tecnología no responde a un único factor, sino que combina motivaciones económicas, funcionales y ambientales.

Por otro lado, se detectó un grupo reducido que no espera ningún beneficio al incorporar este tipo de sistemas, lo que puede interpretarse como escepticismo o falta de información acerca de su funcionamiento. Este hallazgo coincide con estudios que identifican el desconocimiento y la baja alfabetización tecnológica como barreras críticas para la adopción, especialmente en contextos donde la experiencia con soluciones domóticas es limitada (Rault et al., 2014). Este comportamiento resalta la necesidad de estrategias de comunicación y capacitación que permitan disminuir la incertidumbre y fortalecer la confianza en las tecnologías inteligentes para el hogar.

Comparativa del consumo energético: situación actual vs. sistema de control inteligente

Los resultados evidencian que el uso del aire acondicionado forma parte de la rutina diaria en la mayoría de los hogares, lo que confirma una fuerte dependencia de estos equipos para garantizar el confort térmico en contextos de clima cálido. A pesar de este consumo intensivo, la percepción sobre la importancia del ahorro energético es alta, y la disposición a incorporar tecnologías automatizadas se muestra generalizada, siempre que estas sean accesibles y fáciles de operar. Este escenario señala una oportunidad estratégica para introducir sistemas inteligentes que contribuyan a la eficiencia energética en el sector residencial (Rault et al., 2014).

En el ámbito técnico, investigaciones previas han demostrado que los sistemas de control basados en sensores y microcontroladores son capaces de reducir significativamente el consumo eléctrico de los equipos de climatización. Estos mecanismos actúan mediante la regulación automática del encendido y apagado, ajustándose a variables como temperatura, humedad y presencia de ocupantes, lo que evita el funcionamiento innecesario del aire acondicionado (Gubbi et al., 2013). Este tipo de innovación no solo permite un ahorro energético considerable, sino que optimiza el rendimiento del equipo, prolongando su vida útil.

Además, las proyecciones más recientes indican que la implementación de estas tecnologías puede alcanzar reducciones en el consumo que oscilan entre un 25 % y un 40 %, dependiendo del contexto y los hábitos de uso (Arjunan & Banu, 2020). Estos datos confirman que la adopción de sistemas inteligentes no solo responde a una necesidad ambiental, sino que también representa un beneficio económico directo para los hogares, lo que refuerza su viabilidad en escenarios donde el costo energético es un factor determinante para el bienestar familiar.

- Para realizar una estimación concreta, se considera el siguiente perfil de consumo:
- Consumo actual estimado promedio mensual de un aire acondicionado residencial: 300 kWh/mes
- Costo promedio por kWh en Ecuador: 0,10 USD (Ministerio de Energía y Minas, 2023)
- Costo mensual promedio estimado del uso actual: 30,00 USD

En función de estas variables y de los rangos de eficiencia reportados por la literatura, se presenta una tabla comparativa que proyecta el ahorro mensual y anual aplicando distintos niveles de eficiencia logrados mediante control inteligente:

Tabla 9

Comparativa del consumo energético actual vs. Proyectado con sistema de control inteligente

Escenario	Consumo mensual (kWh)	Costo mensual (USD)	Ahorro mensual (%)	Ahorro anual estimado (USD)
Uso actual sin automatización	300	30,00	–	–
Con sistema de sensores (25 % ahorro)	225	22,50	25 %	90,00
Con sistema de sensores (30 % ahorro)	210	21,00	30 %	108,00
Con sistema de sensores (40 % ahorro)	180	18,00	40 %	144,00

Nota: datos obtenidos desde la aplicación de cuestionario estructurado (Autores, 2025)

La estimación realizada indica que, bajo condiciones de uso similares a las identificadas, la incorporación de un sistema inteligente de control tendría el potencial de generar un ahorro económico significativo en los hogares. Este aspecto adquiere mayor relevancia si se considera que la reducción de costos energéticos constituye uno de los beneficios más valorados por los usuarios. Además, cuando se proyecta este efecto a nivel comunitario, el impacto no solo se reflejaría en la economía doméstica, sino también en una disminución considerable del consumo energético global, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y al uso más eficiente de los recursos disponibles.

Desde el punto de vista técnico, estos niveles de ahorro son plenamente alcanzables mediante el uso de sensores como el DHT11 (temperatura y humedad), PIR (presencia), fotoceldas (luz natural), y módulos de relé controlados por microcontroladores programados con lógica adaptativa. Además, la incorporación de interfaces amigables (pantallas LCD, apps móviles) podría incrementar la aceptabilidad del sistema.

Por tanto, la combinación entre alta disposición ciudadana, evidencia técnica sólida de eficiencia, y beneficios económicos mensurables, configuran un escenario favorable para la promoción de estos sistemas a nivel municipal o nacional como parte de una política pública de transición energética en el sector residencial.

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que el uso del aire acondicionado en el contexto residencial del cantón Portoviejo es elevado, lo cual se correlaciona con las condiciones climáticas locales y con una creciente demanda de confort térmico. Casi un 70 % de los encuestados usa estos equipos con alta frecuencia, un hallazgo que coincide con estudios regionales como los de Bravo et al. (2022), quienes identificaron que en zonas tropicales del litoral ecuatoriano, los sistemas de climatización representan más del 30 % del consumo eléctrico residencial mensual.

Sin embargo, los datos muestran una brecha importante entre el uso intensivo de estos sistemas y el conocimiento sobre su consumo energético. Solo un 14 % de los participantes manifestó conocer con precisión cuánto consume su equipo de aire acondicionado, y más del 50 % desconoce o no tiene una referencia clara sobre su impacto económico. Esta brecha coincide con lo reportado por López-González et al. (2020), quienes señalaron que en Ecuador la falta de cultura energética limita la adopción de hábitos eficientes y el aprovechamiento de tecnologías de bajo consumo.

A pesar de este desconocimiento, la percepción sobre la importancia del ahorro energético es elevada. Más del 86 % considera importante o muy importante reducir su consumo, lo que sugiere que existe una conciencia energética latente que podría ser canalizada positivamente mediante programas de educación y tecnologías facilitadoras. Esto es consistente con los hallazgos de Zambrano y Cedeño (2021), quienes identificaron que el interés por el ahorro energético en usuarios residenciales aumenta significativamente cuando se presentan soluciones tecnológicas simples y económicamente accesibles.

Un resultado destacado del estudio es la elevada disposición a adoptar sistemas automatizados para el control del aire acondicionado: más del 90 % de los encuestados estarían dispuestos a utilizarlos si son accesibles, fáciles de usar o si demuestran una relación costo-beneficio positiva. Este nivel de apertura es alentador y coincide con lo planteado por Ortiz-Rodríguez et al. (2021), quienes argumentan que la aceptación de tecnologías inteligentes en el hogar depende más de factores como la percepción de utilidad, la facilidad de uso y la compatibilidad con las rutinas del usuario, que de la experiencia previa con sistemas similares.

Además, un porcentaje importante de los encuestados (48,3 %) indicó que, aunque no ha utilizado dispositivos domóticos, estaría interesado en hacerlo. Esta predisposición positiva refuerza el enfoque de esta investigación al proponer un sistema basado en sensores y microcontroladores que pueda ser incorporado progresivamente en el entorno doméstico, incluso por usuarios con escasa experiencia tecnológica.

Desde una perspectiva técnica, los sistemas inteligentes propuestos han demostrado su capacidad para generar ahorros energéticos entre el 25 % y el 40 %, como se proyectó en la sección correspondiente. La tabla comparativa presentada permite visualizar que, incluso en escenarios conservadores, los beneficios económicos directos superan los 90 USD anuales por hogar, lo cual representa un incentivo atractivo considerando que el 53 % de los encuestados indicó que el principal beneficio esperado es el ahorro en la factura eléctrica.

Estos hallazgos se encuentran en sintonía con experiencias internacionales en países de América Latina, como Colombia o México, donde el uso de sistemas domóticos en sectores medios urbanos ha generado reducciones de hasta el 35 % en el consumo de climatización (Castro & Martínez, 2020; Díaz & Salazar, 2019). En este sentido, el sistema propuesto no solo es técnicamente viable, sino que responde a una necesidad concreta de la población objetivo.

Conclusión

El presente estudio permitió evidenciar que el uso del aire acondicionado en el ámbito residencial del cantón Portoviejo es frecuente y sostenido, especialmente en contextos de alta temperatura, lo que genera un consumo energético significativo. No obstante, existe una marcada brecha entre el uso intensivo de estos sistemas y el conocimiento que los usuarios poseen sobre su impacto energético y económico. La mayoría de los encuestados manifestó no tener claridad sobre su consumo mensual, aunque reconocen la importancia del ahorro energético y muestran interés por optimizar el uso de estos equipos.

Pese a la limitada experiencia previa con tecnologías de domótica, se identificó una alta predisposición hacia la adopción de sistemas automatizados de control, especialmente si estos son fáciles de operar, accesibles en términos de costos y ofrecen beneficios tangibles como el ahorro económico. Más del 90 % de los encuestados expresó disposición a utilizar un sistema inteligente para controlar el aire acondicionado, lo cual representa una oportunidad estratégica para implementar soluciones tecnológicas orientadas a la eficiencia energética en el entorno doméstico.

Los beneficios esperados por los usuarios se centraron principalmente en la reducción del costo de la factura eléctrica, seguido por una mayor comodidad operativa y, en menor proporción, el impacto ambiental positivo. La proyección técnica basada en literatura científica y parámetros locales mostró que un sistema de control inteligente basado en sensores y

microcontroladores podría generar un ahorro energético de hasta el 40 %, lo que representa un beneficio económico considerable para los hogares. Este hallazgo refuerza la viabilidad y pertinencia de implementar soluciones automatizadas como las planteadas en esta investigación.

En síntesis, los resultados obtenidos permiten concluir que existe un contexto favorable para el desarrollo e implementación de tecnologías inteligentes orientadas al control eficiente del aire acondicionado en viviendas. No obstante, su adopción exitosa dependerá también de la disponibilidad de información clara, la capacitación del usuario final y la inclusión de estos sistemas en programas de política pública energética. Este trabajo sienta las bases para futuros estudios experimentales que evalúen en condiciones reales el impacto de estas tecnologías sobre el consumo energético y los hábitos de uso residencial.

Referencias bibliográficas

- Aghniaey, S., & Lawrence, T. M. (2018). Impact of intelligent building controls on energy and comfort performance in office buildings. *Energy and Buildings*, 158, 1560–1575. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.039>
- Arjunan, R., & Banu, N. R. (2020). IoT-based Smart Energy Management System for Air Conditioners. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(6), 1060–1065. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F9134.089620>
- Beccali, M., Cellura, M., Lo Brano, V., & Marvuglia, A. (2004). Energy, economic and environmental analysis of an innovative system based on sun-tracking PV modules. *Renewable Energy*, 29(3), 289–315. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00192-4](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00192-4)
- Bravo, M., Cedeño, L., & Villavicencio, R. (2022). Diagnóstico del consumo energético residencial en zonas costeras del Ecuador: Un enfoque desde la eficiencia energética. *Revista Ciencia, Tecnología y Ambiente*, 18(2), 45–60. <https://doi.org/10.26441/rcyta.v18i2.359>
- Castro, D., & Martínez, F. (2020). Implementación de sistemas de automatización para la eficiencia energética en viviendas urbanas de estrato medio. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1), 78–93. <https://doi.org/10.14482/inde.38.1.582.3>

- Díaz, J., & Salazar, L. (2019). Evaluación del impacto de la domótica en el consumo energético residencial en climas cálidos. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 27(1), 65–75. <https://doi.org/10.22430/22565337.1175>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- International Energy Agency. (2018). The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning. OECD/IEA. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>
- López-González, M., Pazmiño, P., & Morales, G. (2020). Cultura energética y su relación con el consumo de energía eléctrica en hogares ecuatorianos. *Revista ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 12(2), 55–64. <https://doi.org/10.18272/aci.v12i2.1786>
- Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. (2023). *Tarifas eléctricas residenciales*. Recuperado de <https://www.recursosyenergia.gob.ec>
- O’Grady, M. J., O’Hare, G. M. P., & Carr, D. (2012). A smart energy-aware residential environment. *Energy and Buildings*, 54, 262–272. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.024>
- Ortiz-Rodríguez, M., Herrera, P., & García, A. (2021). Adopción de tecnologías inteligentes en el hogar: una revisión desde el modelo de aceptación tecnológica (TAM). *Revista de Estudios Sociales*, 77, 84–99. <https://doi.org/10.7440/res77.2021.07>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>
- Rault, T., Bouabdallah, A., & Challal, Y. (2014). Energy efficiency in wireless sensor networks: A top-down survey. *Computer Networks*, 67, 104–122. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2014.03.027>
- Santamouris, M. (2016). Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. *Solar Energy*, 128, 61–94. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.01.021>
- Sivak, M. (2009). Potential energy demand for cooling in the 21st century. *Energy Policy*, 37(4), 1382–1384. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.11.011>
- Ürge-Vorsatz, D., Cabeza, L. F., Serrano, S., Barreneche, C., & Petrichenko, K. (2015). Heating and cooling energy trends and drivers in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.039>
- Zambrano, K., & Cedeño, B. (2021). Percepción y disposición al uso de tecnologías domóticas para la eficiencia energética en viviendas ecuatorianas. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 25, 30–39. <https://doi.org/10.17163/ings.n25.2021.03>