



Propuesta desde la gerencia de proyectos para la implementación de un sistema inteligente IoT que optimice el consumo energético en hogares de Medellín

Andrés Santiago Álvarez Valencia

Breniken José Pinto Caballero

José Alejandro Arroyave Guazarabe

Modalidad de Opción de Grado: Monografía

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Mayo 2026

Gestión de proyectos para optimización energética con IoT

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Andrés Santiago Álvarez Valencia

Breniken José Pinto Caballero

José Alejandro Arroyave Guazarabe

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesora

Ivonne Tatiana Muñoz Martínez

Magister en Administración

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Mayo 2026

Contenido

Lista de tablas.....	6
Lista de ilustraciones.....	7
Lista de anexos.....	8
Resumen.....	9
Abstract	10
Introducción	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Descripción del problema	13
1.1.1. Consumo energético residencial y necesidad de optimización en hogares urbanos.....	14
1.1.2. Implementación de soluciones IoT en hogares de Medellín desde la gerencia de proyectos	16
1.2. Pregunta de investigación	17
1.3. Objetivos de investigación.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos	17
1.4. Justificación de la investigación	17
1.4.1. Pertinencia social, energética y tecnológica de la investigación	19
1.4.2. Aporte de la gerencia de proyectos a la implementación de soluciones IoT en hogares	19
2. MARCO DE REFERENCIA.....	21
2.1. Marco de Antecedentes	21
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	24

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

2.1.3. Antecedentes locales.....	25
2.2. Marco Teórico.....	27
2.2.1. Enfoque de gerencia de proyectos del Project Management Institute	28
2.2.2. Teoría General de Sistemas	30
2.2.3. Modelo de Aceptación Tecnológica	31
2.2.4. Teoría de Difusión de Innovaciones	33
2.3. Marco normativo.....	35
3. METODOLOGÍA.....	38
3.1. Enfoque y alcance de la investigación	38
3.2. Población y muestra.....	39
3.2.1. Definición de la población.....	39
3.2.2. Selección de la muestra	40
3.3. Instrumentos.....	41
3.4. Descripción de procedimientos.....	43
3.4.1. Fases del procedimiento	43
3.5. Análisis de información	45
3.6. Consideraciones éticas	46
3.6.1. Análisis de consideraciones éticas.....	46
3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización.....	47
4. RESULTADOS.....	48
4.1. Elementos sociados al consumo energético y al uso de soluciones tecnológicas inteligentes.....	49
4.2. Oportunidades, limitaciones y condiciones de los hogares frente a la implementación de un sistema basado en IoT.....	50
4.3. La implementación de un sistema IoT en hogares de Medellín	52

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

5. DISCUSIÓN 58

6 CONCLUSIONES 64

7 RECOMENDACIONES..... 66

Referencias 67

Anexos 74

Lista de tablas

Tabla 1. Normativa aplicable al estudio.....	36
Tabla 2. Caracterización de los instrumentos de recolección de información.....	42
Tabla 3. Ruta gerencial de implementación propuesta	55
Tabla 4. Síntesis integrada de resultados	63

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Lista de ilustraciones

Figura 1. Relación entre teorías y propuesta gerencial para implementar tecnología IoT en hogares de Medellín 35

Figura 2. Síntesis integrada de los resultados de la investigación 48

Lista de anexos

Anexo 1. Guía de entrevista semiestructurada dirigida a hogares de Medellín.....	74
Anexo 2. Guía de entrevista semiestructurada dirigida a expertos	76
Anexo 3. Consentimiento informado y autorización de participación	78
Anexo 4. Matriz de procesamiento de entrevistas a hogares	79
Anexo 5. Matriz de procesamiento de entrevistas aplicadas a expertos	81
Anexo 6. Matriz de triangulación de resultados	83

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Resumen

La investigación tuvo como objetivo diseñar una propuesta de gerencia de proyectos para la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín, con énfasis en la optimización del consumo energético. El estudio emergió ante la necesidad de comprender la forma en que los hogares reconocen su consumo eléctrico, qué condicionantes favorecen la adopción de soluciones inteligentes y qué criterios gerenciales deben considerarse para orientar una implementación viable. La metodología fue elaborada desde una aproximación cualitativa y alcance descriptivo, a través de la utilización de entrevistas semiestructuradas aplicadas sobre una muestra de veinte residentes de hogares urbanos de Medellín y cinco expertos relacionados con gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT y sistemas inteligentes. La muestra fue escogida por saturación y la información fue analizada mediante codificación cualitativa y triangulación.

Palabras clave: Gerencia de proyectos, IoT, eficiencia energética, hogares inteligentes, consumo energético.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Abstract

The objective of this research was to design a project management proposal for the implementation of an intelligent system based on IoT technology in households in Medellín, with emphasis on energy consumption optimization. The study emerged from the need to understand how households recognize their electricity consumption, what conditions may favor the adoption of intelligent solutions, and what management criteria should be considered to guide a viable implementation. The study used a qualitative approach with a descriptive scope through semi-structured interviews applied to 20 residents from urban households in Medellín and 5 experts associated with project management, energy efficiency, IoT technology, and intelligent systems. The sample was selected based on saturation and the qualitative data were subject to analysis through qualitative coding and triangulation.

Keywords: Project management, IoT, energy efficiency, smart homes, energy consumption.

Introducción

El consumo energético residencial se ha convertido en un tema importante para las ciudades que buscan mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y avanzar hacia prácticas más sostenibles. En los hogares, el uso cotidiano de electrodomésticos, iluminación, equipos de comunicación y dispositivos digitales genera consumos que muchas veces solo se reconocen cuando llega la factura mensual. En esta línea, Khan et al. (2024), plantean que la optimización energética en hogares inteligentes puede apoyarse en datos recolectados mediante sensores, medidores inteligentes y modelos predictivos que permiten ajustar el consumo sin descuidar el confort de los ocupantes. Este contexto permite comprender la importancia de estudiar soluciones IoT aplicadas a viviendas urbanas.

La tecnología IoT brinda la posibilidad de controlar, monitorear y analizar el consumo energético de forma instantánea, lo que podría facilitar la toma de decisiones en el hogar. Sin embargo, su implementación requiere del reconocimiento de que cada hogar cuenta con distintas condiciones de conectividad, aparatos, hábitos, costes y disposición de los usuarios. En este sentido, Bagdadee et al. (2025), plantean que la incorporación de IoT en hogares inteligentes otorga la posibilidad de monitorizar en tiempo real, controlar de forma adaptativa y optimizar el uso de la energía, pero también requiere del tratamiento de escalabilidad, límites operativos y condiciones de aplicación. Por ello, esta investigación se presenta como una intervención que necesita planificarse y tener en cuenta la comprensión del contexto doméstico.

La investigación se orienta al diseño de una propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín. Para ello, se busca identificar los elementos asociados al consumo energético residencial, caracterizar oportunidades y limitaciones frente a la implementación de soluciones inteligentes, y proponer orientaciones estratégicas desde la gerencia de proyectos. En esta dirección, Enam et al. (2022), señalan que el Internet de las Cosas puede desempeñar un papel activo en la conservación de energía, especialmente cuando se articula con sistemas inteligentes de medición, control y seguimiento. Esta perspectiva respalda la pertinencia de una propuesta que conecte tecnología, usuarios y decisiones gerenciales dentro del entorno doméstico.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

El documento se estructura en capítulos que desarrollan de manera progresiva el problema, los referentes conceptuales, la metodología, los resultados, la discusión, la propuesta, las conclusiones y las recomendaciones. El primer capítulo presenta el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, los objetivos y la justificación. El segundo capítulo desarrolla el marco de referencia, y el tercero explica la ruta metodológica de enfoque cualitativo y alcance descriptivo. Posteriormente, se presentan los hallazgos derivados de las entrevistas a hogares y expertos, así como su análisis frente al objeto de estudio. Bajo esta perspectiva, Aghazadeh et al. (2024), destacan que los sistemas energéticos inteligentes requieren integrar tecnologías, datos, estrategias de gestión y componentes IoT para responder a la complejidad de estos entornos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo presenta la delimitación inicial del problema de investigación relacionado con la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT para hogares de Medellín. Para ello, el apartado organiza los elementos que permiten comprender la situación objeto de estudio, la pregunta que orienta el proceso investigativo, los objetivos que guían el desarrollo del trabajo y la justificación académica, social, tecnológica y energética de la propuesta. Desde este punto de vista, el planteamiento del problema permite situar la investigación en el ámbito de una propuesta de gestión, porque la ejecución de soluciones tecnológicas en contextos residenciales necesita ser planificada, requiere un análisis de las condiciones, precisa definir los protagonistas y asume un reconocimiento de las limitaciones que pueden existir.

Este capítulo comienza con la exposición del problema a partir del consumo energético residencial y la necesidad de introducir herramientas inteligentes que soporten su gestión, para formular la pregunta de investigación, la cual está construida en los términos de los objetivos general y específicos aprobados. Luego, lleva a cabo una exposición de la justificación del estudio, sustentada en los posibles beneficios que puede obtenerse para los hogares, la comunidad académica o los investigadores. Así, el capítulo va construyendo la fundamentación del trabajo y permite que se comprendiera la relevancia de argumentar la pertinencia por la cual debe diseñarse una propuesta de gestión orientada a la puesta en práctica de tecnología IoT en hogares de la ciudad de Medellín.

1.1.Descripción del problema

El consumo energético residencial constituye un problema de gestión para las ciudades porque los hogares concentran decisiones cotidianas que inciden en la demanda eléctrica, los costos del servicio y la presión sobre la infraestructura urbana. La incorporación de sistemas inteligentes basados en tecnología IoT permite registrar patrones de uso, coordinar dispositivos y orientar decisiones domésticas sobre el consumo; bajo esta línea, El (2021), explica que los hogares inteligentes integran medición, comunicación y gestión energética para reducir cargas, controlar equipos y mejorar el desempeño del sistema residencial. Esta perspectiva permite ubicar

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

el objeto de estudio en la relación entre vivienda, tecnología y gestión de proyectos, dado que la solución requiere planeación técnica, viabilidad económica y aceptación por parte de los usuarios.

En el contexto de Colombia, el uso de energía eléctrica en los diversos hogares refleja variaciones según la temperatura, la condición de ingresos, el lugar de residencia. Las condiciones de la vivienda, lo cual hace difícil poder formular un solo tipo de solución para los diferentes lugares urbanos. Medellín, por tratarse de una ciudad altamente poblada y un ámbito que está por experimentar procesos de transformación tecnológico, representa un caso importante para analizar de qué manera los hogares pueden incorporar dispositivos de Internet de las cosas (IoT) para el control del consumo energético. En consecuencia, McRae (2023), señala que la temperatura y las condiciones socioeconómicas son determinantes del consumo eléctrico residencial colombiano y que las relaciones son distintas para hogares de diferentes niveles de ingresos. Este tipo de evidencia avala la posibilidad de acotar el problema hacia los hogares de Medellín o hacia la necesidad de dar cuenta de las condiciones existentes antes de llegar a proponer una propuesta de implementación.

El problema central radica en que la adopción de soluciones IoT en hogares no depende únicamente de disponer de sensores, conectividad o dispositivos de control; también exige comprender barreras de costo, conocimiento técnico, hábitos de uso, privacidad de datos y mantenimiento. Sin esta lectura previa, una propuesta tecnológica puede quedar desconectada de las capacidades de los hogares y de los criterios propios de la gerencia de proyectos. En esa dirección, Mischos et al. (2023), advierten que los sistemas inteligentes de gestión energética presentan posibilidades de automatización y cambio de comportamiento, pero también limitaciones vinculadas con costos, arquitectura tecnológica y formas de control. Por ello, el estudio aborda la necesidad de diseñar orientaciones estratégicas viables para hogares de Medellín.

1.1.1. Consumo energético residencial y necesidad de optimización en hogares urbanos

El consumo energético residencial concentra una parte visible de las tensiones que enfrentan las ciudades frente al uso racional de los recursos, debido a que las rutinas domésticas definen horarios de mayor demanda, cargas innecesarias y dependencia de equipos eléctricos sin control continuo. En relación con lo anterior, Prieto et al. (2021), examinan la eficiencia energética

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

en hogares inteligentes y redes eléctricas, y ubican las tecnologías de información y comunicación como soporte para medir, automatizar y ajustar el consumo desde el usuario final. Esta lectura permite comprender que el hogar urbano ya no opera como unidad pasiva de consumo, pues puede convertirse en un espacio gestionable mediante datos, dispositivos conectados y decisiones de uso energético mejor informadas.

Las ocupaciones, los aparatos eléctricos, las formas de vida y las circunstancias del entorno afectan, durante el día, el comportamiento eléctrico de una vivienda. Esta variación complica la planificación de las soluciones energéticas cuando la información que se maneja se basa en promedios generales o facturas mensuales que ocultan picos de demanda. En este sentido, Anvari et al. (2022), analizan perfiles de carga en la vivienda, y con datos de alta resolución muestran que la dinámica del consumo doméstico presenta unas oscilaciones que exigen modelos más concretos para guiar la operación de los sistemas eléctricos. Este hallazgo sustenta como cuestión previa la caracterización de los hogares en Medellín antes de la propuesta de tecnologías IoT, ya que la inmersión debe partir de los patrones reales de consumo y no de generalizaciones que asumen la homogeneidad de la vivienda urbana.

La necesidad de hacer una intervención sobre el consumo energético en los hogares urbanos también involucra el conocimiento, la disposición del usuario y las prácticas cotidianas. Un sistema inteligente puede registrar datos, minimizar la carga, automatizar cargas, automatizar y comprobar la efectividad; sin embargo, su aporte disminuye cuando los residentes desconocen su funcionamiento o tienen hábitos que incrementan el gasto eléctrico. En este sentido, Hakawati et al. (2024), advierten que la gestión inteligente de la energía en edificios residenciales depende del conocimiento que tengan los ocupantes y de su comportamiento. Ambas posibilidades impactan en el uso de energía, en su gasto económico y en el comportamiento ambiental. Esta relación sitúa el problema del estudio en el ámbito técnico y social; por tanto, la propuesta IoT debe considerar las capacidades en la casa, la aceptación de los usuarios u ocupantes y las condiciones de adopción en Medellín.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

1.1.2. Implementación de soluciones IoT en hogares de Medellín desde la gerencia de proyectos

Para el uso de tecnología IoT en el hogar, es necesario tener en cuenta previamente ciertas condiciones técnicas y sociales necesarias para garantizar su operación. Un sistema inteligente requiere conectividad estable, compatibilidad de dispositivos, mantenimiento básico y, además, usuarios que puedan interpretar la información que facilitan ciertos sensores u plataformas digitales. En esta línea, Stojkoska et al. (2021), también describen que la automatización del hogar utilizando IoT enlaza sensores, actuadores y servicios de comunicación que permiten dar control a ciertas funciones del hogar, pero el desarrollo de una solución de automatización requiere, a su vez, resolver problemas relacionados con la interoperabilidad, el gasto y la seguridad. Desde esta consideración se establece una conexión con la gerencia de proyectos, toda vez que la intervención del hogar en Medellín debe considerar previamente el alcance del proyecto, los recursos, los riesgos y los criterios para aceptación, antes de recomendar o decidir una solución tecnológica.

La adopción de hogares inteligentes presenta barreras que exceden la dimensión técnica. Los usuarios valoran la utilidad de los dispositivos, pero también evalúan precio, facilidad de uso, confianza, privacidad y compatibilidad con sus rutinas domésticas. A este respecto, Basarir et al. (2022), identifican que la aceptación de tecnologías de hogar inteligente depende de impulsores y obstáculos relacionados con percepción de beneficio, complejidad, seguridad, costo y madurez del mercado. Tal hallazgo resulta pertinente para Medellín, porque una propuesta de gerencia de proyectos debe reconocer que la solución IoT será viable solo cuando dialogue con las capacidades económicas, los hábitos y las expectativas de los hogares a los que pretende dirigirse.

Una propuesta de IoT para la vivienda necesita anticipar riesgos para todas las etapas del ciclo del proyecto, dado que la recopilación de datos sobre el uso de la energía, la presencia, los horarios o el uso de los equipos genera oportunidades para avanzar en la gestión energética, pero también a preguntas sobre la privacidad, la ciberseguridad y la responsabilidad en el tratamiento de la información. En esta línea, Zhang et al. (2023), denuncia que, frente a diversas plataformas, herramientas y comunicaciones, los sistemas de hogares inteligentes están, por servidores, necesariamente expuestos a riesgos de seguridad, lo que hace que sea necesario incorporar la seguridad desde la arquitectura misma de los sistemas. Para tal efecto, la gerencia de proyectos

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

ofrece una senda ordenada para definir interesados, responsabilidades, controles, costes y criterios de sostenibilidad antes de poner en práctica las tecnologías de IoT para la vivienda en Medellín.

1.2.Pregunta de investigación

¿Qué orientaciones estratégicas desde la gerencia de proyectos pueden proponerse durante el año 2026 para la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín, con énfasis en la optimización del consumo energético?

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de gerencia de proyectos para la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín, con énfasis en la optimización del consumo energético.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar los elementos en los hogares de Medellín asociados al consumo energético y al uso de soluciones tecnológicas inteligentes.

Caracterizar las oportunidades, limitaciones y condiciones de los hogares en Medellín frente a la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT.

Proponer orientaciones estratégicas desde la gerencia de proyectos para la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín.

1.4. Justificación de la investigación

La investigación aborda un problema pertinente para los hogares urbanos de Medellín, porque el consumo energético residencial depende de prácticas cotidianas que muchas veces

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

permanecen fuera del control técnico del usuario. La revisión del gasto mensual informa cuánto se paga, pero ofrece poca orientación sobre horarios, equipos o decisiones que elevan la demanda eléctrica. En consecuencia, Muñoz et al. (2022), plantean que los medidores inteligentes basados en IoT pueden apoyar la gestión energética doméstica al integrar medición y control de cargas dentro de sistemas residenciales. Este aporte justifica el estudio porque la propuesta busca traducir la información energética en decisiones aplicables al hogar, con énfasis en ahorro, seguimiento del consumo y mejor uso de los recursos eléctricos.

La formulación de los objetivos es respuesta a la necesidad de conocer primero las condiciones de los hogares para poder proponer la intervención tecnológica. Identificar los elementos asociados al consumo energético, caracterizar las oportunidades y limitaciones y proponer orientaciones estratégicas contribuirá a disminuir el riesgo de que la solución IoT se limite a una recomendación técnica, sin integrar consideraciones sociales, económicas y operativas propias del contexto de aplicación. En esta dirección, Valencia et al. (2023), advierten que la capacidad de adopción de hogares inteligentes depende de variables como utilidad percibida, facilidad de uso, fiabilidad, coste y seguridad. La comunidad recibirá una propuesta más ajustada a sus condiciones reales; los hogares obtendrán los criterios para valorar una tecnología de control energético; los investigadores potenciarán su capacidad para articular datos, usuarios y decisiones de proyecto.

El trabajo de investigación también brinda a la Especialización en Gerencia de Proyectos y a UNIMINUTO Virtual, en integración de la sostenibilidad, la tecnología y la gestión de proyectos, una determinada problemática de ciudad. Implementar una solución IoT, implica también definir el alcance, los interesados; los riesgos; los costes; los tiempos y los criterios de valor; sin esa estructura, la adopción de la tecnología está destinada al fracaso por falta de gobernanza o por desconexión con las necesidades del usuario. En este sentido, Marnewick y Marnewick (2025), pueden examinar el cambio digital en la gerencia de proyectos e incluso señalan la integración sociotécnica, la gobernanza y el liderazgo como puntales para orientar los proyectos digitales. Por todo ello, la investigación refuerza la formación aplicada de los estudiantes y presenta la posibilidad de contar con una base académica para el diseño de propuestas tecnológicas con sentido práctico.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

1.4.1. Pertinencia social, energética y tecnológica de la investigación

La pertinencia social de la investigación radica en que los hogares requieren información comprensible para reconocer cómo consumen energía y qué decisiones pueden reducir el desperdicio sin afectar sus rutinas básicas. Las facturas de servicios públicos suelen mostrar el resultado del consumo, aunque rara vez permiten identificar comportamientos específicos asociados al uso de electrodomésticos, iluminación, climatización o dispositivos conectados. En esta misma dirección, Shyni et al. (2024), plantean que los sistemas inteligentes de gestión energética apoyados en IoT y aprendizaje automático permiten monitorear, controlar y ajustar el uso de energía en entornos residenciales. Esta perspectiva justifica el estudio porque sitúa a los hogares de Medellín como actores activos en la gestión del consumo, con posibilidades de recibir información útil para tomar decisiones domésticas más racionales.

La pertinencia energética y tecnológica también se expresa a partir de la posibilidad de conectar datos, dispositivos, criterios de gestión para hacer una propuesta viable desde la gerencia de proyectos. En ese sentido, el uso de IoT puede ofrecer la posibilidad de la medición en tiempo real, la automatización y el análisis de patrones, pero su uso en viviendas implicará reconocer las condiciones de infraestructura, conectividad, costo, disponibilidad de los usuarios. En este sentido, Shah y Mishra (2025), afirman que los sistemas de gestión energética en hogares inteligentes combinan monitoreo, control, y análisis predictivo para reducir desperdicios y costos de energía. Este aporte contribuye a la materialización del objetivo del trabajo porque la propuesta no pretende instalar tecnología de forma aislada, al contrario, busca ordenar su implementación siguiendo orientaciones estratégicas que deben responder a las condiciones reales de los hogares urbanos de Medellín.

1.4.2. Aporte de la gerencia de proyectos a la implementación de soluciones IoT en hogares

La gerencia de proyectos es un camino estructurado para concretar una solución tecnológica en una propuesta aplicable a los hogares reales. La implementación de un sistema IoT implica definir alcance, interesados, recursos, cronogramas, riesgos y criterios de valor, pues la medición ambiental de la energía no asegura la adopción operativa ni el mantenimiento de la solución. En esta dirección, Gonçalves et al. (2023), ven la relación entre la gerencia de proyectos

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

y la transformación digital organizada en torno a competencias, estrategia, tecnologías digitales y gestión de portafolios, programas y proyectos. Tal relación avala la investigación, pues la propuesta para los hogares de Medellín exige ir más allá de seleccionar dispositivos; implica estructurar decisiones y producciones de tipo técnico, así como administrativo que permitan orientar la adopción del sistema inteligente con orientación a los criterios de viabilidad.

El aporte académico puede configurarse en la capacidad de ajustar la gerencia de proyectos junto a sostenibilidad y tecnología IoT de un mismo modo en la misma propuesta de actuación una propuesta residencial de esta condición exige la anticipación de los costos, el control de riesgos, la definición de responsables y la medición del beneficio para el usuario antes de recomendar su implementación. Del mismo modo, Guemri et al. (2024), refiriéndose al uso de IoT en energía, señalan que eso puede ofrecer oportunidades en cuanto a monitoreo, automatización y gestión del consumo, pero también retos en relación con la seguridad, la capacidad para integrar tecnología y la fiabilidad de los dispositivos implementados. Esta lectura ayuda a justificar la investigación desde el punto de vista de la especialización, ya que un diseño de orientaciones estratégicas puede aportar reducción de la incertidumbre, sistematizar la toma de decisiones y beneficiar de una base útil para futuras propuestas de actuación en los hogares urbanos.

La investigación se alinea con la línea de gestión de innovación organizacional, dado que propone la planificación de una solución tecnológica del tipo IoT orientada a optimización del consumo energético en casas. La propuesta incluye el análisis de viabilidad técnica y económica, interesados, evaluación de riesgos y definición de estrategias que se puedan conducir a una adopción en los usuarios. Con ello, se busca que el proyecto brinde valor a las casas conducidas a desarrollar una decisión sobre el uso de la energía; a hacer más fuerte las prácticas de gestión y brindar criterios claros que sirvan para las futuras iniciativas tecnológicas, en el contexto de la casa/ciudad que respondan a las necesidades reales de la comunidad local y de la comunidad académica.

2. MARCO DE REFERENCIA

Este capítulo presenta los referentes académicos, teóricos y normativos que respaldan la investigación sobre la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín. Para ello, organiza los antecedentes relacionados con consumo energético residencial, hogares inteligentes, tecnologías IoT y gestión de proyectos tecnológicos. También desarrolla los enfoques teóricos que permiten comprender el problema desde la gerencia de proyectos, la teoría de sistemas, la aceptación tecnológica y la difusión de innovaciones. Esta base conceptual permite ubicar el estudio dentro de una discusión académica sobre tecnología, energía y gestión, evitando que la propuesta quede limitada a una descripción técnica del sistema.

El desarrollo del capítulo se basa en investigaciones previas que permiten identificar avances, vacíos o tendencias. A continuación, establece las teorías y enfoques que fundamentan el análisis del problema y orientan la formulación de la propuesta. Por último, presenta el marco normativo relacionado con eficiencia energética, transición energética, seguridad eléctrica, tecnologías de la información y protección de datos. De esta manera, el capítulo construye el soporte documental necesario para comprender la pertinencia del estudio y fundamentar las decisiones metodológicas y estratégicas que orientan el diseño de la propuesta IoT para hogares de Medellín.

2.1. Marco de Antecedentes

El presente apartado recoge antecedentes que son la base de la investigación como un itinerario académico sobre el consumo de energía en los hogares, la medida inteligente, las tecnologías de IoT y las soluciones de intervención en los hogares. Los antecedentes elegidos ofrecen una lectura sobre avances técnicos y propuestas del estado del arte sobre experiencias de la implantación, programaciones de las actividades de seguimiento o control o incluso condiciones para la adopción de acuerdo con el contexto internacional, nacional y local. La revisión de los antecedentes permite comprobar que el problema es el diseño, la infraestructura tecnológica, los usuarios y la viabilidad.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

El análisis de antecedentes se organiza en tres niveles donde se va pasando desde experiencias generales para acabar en referentes muy próximos al entorno del estudio. Por un lado, los antecedentes internacionales, donde se muestran desarrollos sobre sistemas de gestión energética, avanzando en medidores inteligentes y arquitecturas IoT que se han aplicado al hogar. Por otro lado, los antecedentes nacionales que permiten conocer cómo se ha abordado en Colombia la medición avanzada, la eficiencia energética y qué tecnologías inteligentes se han utilizado. Y por último los antecedentes locales que permiten tener una visión de los proyectos que se han implementado en la ciudad en general o en instituciones de ella en temas como energía, innovación, sostenibilidad e IoT. La forma de organizar el análisis de antecedentes con estos tres niveles permite evidenciar los aportes que sustentan la propuesta gerencial.

2.1.1. Antecedentes internacionales

La investigación de Condon et al. (2023), titulada “*Design and implementation of a Cloud-IoT-based home energy management system*”, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de gestión energética residencial basado en IoT y computación en la nube. El estudio se desarrolló en una vivienda real ubicada en Valparaíso, Chile, durante un año, mediante el uso de enchufes inteligentes, un registrador de datos y una arquitectura tecnológica capaz de recolectar, almacenar y controlar información de consumo eléctrico. Los resultados demostraron que el sistema permitió monitorear cargas del hogar y controlar electrodomésticos de manera funcional. Este antecedente se relaciona con la presente investigación, porque aporta una base técnica para implementar soluciones IoT orientadas al ahorro energético residencial.

La investigación de Muñoz et al. (2022), titulada “*Design and development of an IoT smart meter with load control for home energy management systems*”, tuvo como objetivo diseñar, construir y validar un medidor inteligente IoT con control de carga para sistemas de gestión energética en el hogar. El estudio se llevó a cabo mediante una arquitectura que tiene conexión por WiFi, la cual puede medir consumo eléctrico y las variables de voltaje, corriente, potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia. Los autores, mediante pruebas experimentales, presentaron que el prototipo desarrollado alcanzó lecturas con un error porcentual por debajo de 1 %. Este antecedente guarda relación con esta investigación, puesto que da cuenta de la factibilidad de

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

dispositivos IoT para medir y registrar el consumo energético de aquellas instalaciones residenciales.

La investigación de Umair et al. (2023), titulada “*Energy management of smart homes over fog-based IoT architecture*”, tuvo como objetivo proponer una arquitectura IoT basada en fog computing para mejorar la gestión energética en hogares inteligentes. La investigación elaboró un modelo probabilístico con cadenas de Markov con el fin de predecir los patrones de actividad de los usuarios y el consumo eléctrico que les dará lugar. También, los autores aplicaron un algoritmo de ahorro energético que intentó, como se decía, ahorrar energía y confort del hogar y los resultados alcanzaron ahorros del 36 % en escenarios reales. Este estudio está relacionado con la actual investigación ya que demuestra cómo las arquitecturas IoT pueden gestionar el consumo energético desde soluciones inteligentes, adaptables y sostenibles.

La investigación de Jo et al. (2024), titulada “*Home energy management systems (HEMSs) with optimal energy management of home appliances using IoT*”, tuvo como objetivo proponer un esquema de gestión energética para hogares inteligentes que permitiera reducir costos mediante el uso de datos obtenidos de electrodomésticos conectados a plataformas IoT. La investigación desarrolló un software prototipo, y llevó a cabo distintos casos de prueba en la vivienda experimental planteando procesos de estimación, de pronóstico y programación óptima de las cargas. Los resultados mostraron que era posible controlar los electrodomésticos, así como lograr un consumo eléctrico más eficiente. Este antecedente se encuentra alineado con la presente investigación, ya que entrega criterios de índole técnico para dirigir la implementación de sistemas IoT en los hogares, desde el punto de vista práctico y sostenible.

La investigación de Hakawati et al. (2024), titulada “*Smart energy management in residential buildings: The impact of knowledge and behavior*”, tuvo como objetivo analizar cómo el conocimiento sobre gestión energética inteligente influye en el consumo, el comportamiento de los usuarios, los costos y el impacto ambiental en residencias. La investigación se llevó a cabo en Palestina, aplicando una encuesta a 100 residentes y analizando la información mediante Smart PLS, considerando el modelamiento de ecuaciones estructurales. De esta forma, los hallazgos mostraron que el conocimiento y el comportamiento de los usuarios son elementos que ayudan a disminuir el desperdicio energético y a incrementar la eficiencia. Este antecedente guarda relación

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

con la investigación en la que se enmarca este texto, pues revela el alto interés que tiene el usuario de adoptar soluciones inteligentes para los hogares.

2.1.2. Antecedentes nacionales

La investigación de Daza Davalos (2024), titulada *“Diagnóstico y propuestas: desafíos en la implementación de infraestructura avanzada de medición «AMI» en Colombia”*, tuvo como objetivo analizar la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada en el sistema eléctrico colombiano, considerando su relación con tarifas dinámicas y los retos regulatorios, técnicos y sociales. El estudio fue desarrollado en Colombia, desde una perspectiva aplicada a la Maestría en Energías Renovables de la Universidad del Rosario. A partir del diagnóstico, se identificaron desafíos asociados al usuario, los operadores de red y la regulación vigente. Este antecedente se vincula con la presente investigación, porque aporta elementos para comprender la medición inteligente como base para optimizar el consumo energético residencial.

La investigación de Pachón Hernández et al. (2024), titulada *“Esquemas de eficiencia energética usando infraestructura de medición avanzada en Colombia para demanda concentrada”*, tuvo como objetivo analizar esquemas de eficiencia energética apoyados en infraestructura de medición avanzada para demanda concentrada en Colombia. El estudio abordó la importancia de los medidores inteligentes, la comunicación bidireccional, la gestión de carga y la participación de la demanda dentro de redes eléctricas modernas. A partir de la revisión de funcionalidades y escenarios de despliegue, los autores destacaron que la AMI permite monitorear recursos energéticos, identificar ineficiencias y promover reducción de costos. Este antecedente se relaciona con la presente investigación, porque aporta fundamentos nacionales sobre medición inteligente y eficiencia energética.

La investigación de Pérez (2025), titulada *“Optimización energética doméstica: Análisis de consumo y eficiencia con Big Data para ciudades sostenibles”*, tuvo como objetivo analizar estrategias para mejorar la eficiencia energética en los hogares mediante el estudio de patrones de consumo apoyados en Big Data. Realizado en Colombia, en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, el trabajo muestra el urban development, la demanda de energía y la necesidad de aportar las respuestas sostenibles tecnológicas. El estudio menciona herramientas como HEMS,

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

dispositivos IoT, termostatos inteligentes, el análisis de los datos para la optimización en tiempo real. Este antecedente se relaciona con esta investigación, ya que aporta las bases propias sobre el consumo de energía en la vivienda, las tecnologías inteligentes y la sostenibilidad urbana.

La investigación de Moreno Arrieta et al. (2025), titulada “*Sistema para la eficiencia energética en edificaciones educativas utilizando tecnologías IoT*”, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema basado en Internet de las Cosas para supervisar y gestionar de manera eficiente el consumo energético en infraestructuras educativas. El estudio se realizó en el Instituto Superior de Educación Rural, ubicado en Pamplona, Colombia con sensores, actuadores, comunicación por radio wireless y una plataforma para el control en tiempo real, los resultados mostraron que el sistema, que posibilita la monitorización de variables de consumo, desperdicios y orientaciones para el ahorro. Este antecedente tiene relación con la investigación actual por mostrar el potencial que tienen las tecnologías IoT para mejorar el uso de la energía en contextos colombianos.

La investigación de Colmenares-Quintero et al. (2024), titulada “*Analysis of IoT technologies suitable for remote areas in Colombia: Conceptual design of an IoT system for monitoring and managing distributed energy systems*”, tuvo como objetivo analizar tecnologías IoT apropiadas para zonas remotas de Colombia y proponer un diseño conceptual para monitorear y gestionar sistemas energéticos distribuidos. El trabajo se realizó en las Zonas No Conectadas, donde la naturaleza geográfica limita la conectividad y el control de los sistemas de generación de energía. Los autores defienden la arquitectura de la comunicación IoT dirigida a los parámetros operativos y de eficiencia energética. Este antecedente guarda relación con el presente estudio, pues proporciona criterios de carácter técnico nacionales para soluciones IoT en la gestión de la eficiencia energética.

2.1.3. Antecedentes locales

La investigación de Cortés Caicedo (2023), titulada “*Estrategia de optimización para la ubicación, selección y operación de sistemas de almacenamiento en microrredes eléctricas*”, tuvo como propósito abordar la selección y operación de almacenadores de energía en microrredes, considerando generación distribuida y demanda eléctrica variable. Desarrollada como tesis de

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

maestría en el ITM, el trabajo formuló un modelo de programación no lineal entero mixto y aplicó metodologías metaheurísticas para optimizar costos, pérdidas de energía y emisiones de CO₂. Los resultados, validados con un sistema de prueba adaptado a Medellín, evidenciaron mejoras técnicas y ambientales. Este antecedente se relaciona con el presente proyecto, porque aporta criterios locales sobre eficiencia, optimización y gestión energética sostenible.

El estudio de Escobar Soto (2025), titulado *“Plataforma web de Internet de las cosas para entornos educativos”*, tuvo como objetivo desarrollar una plataforma IoT gratuita para facilitar el aprendizaje y la experimentación con dispositivos conectados en contextos universitarios. El proyecto, que fue desarrollado con la Universidad EAFIT en Medellín, tenía como propósito responder a los límites que presentaban ciertas plataformas comerciales, como las restricciones de acceso a los datos, las funciones bloqueadas y los costos asociados a suscripciones. La propuesta permitió conectar microcontroladores, sensores, conectores de actuadores, analizar información, generar gráficas y controlar dispositivos mediante Internet. Este antecedente se articula con la investigación que se realiza, pues sirve de evidencia de las capacidades locales para construir plataformas de IoT aplicables al monitoreo, control y gestión inteligente de la información energética residencial.

La tesis de Ochoa Restrepo (2023), titulada *“Modelo de gestión de innovación sostenible en empresas consultoras del sector eléctrico de Medellín. Caso de estudio: HMV Ingenieros Ltda”*, tuvo como finalidad proponer un modelo de gestión de innovación sostenible adaptado a empresas consultoras del sector eléctrico. Desarrollada en el ITM, la autora integró revisión de literatura, caracterización de variables y validación mediante encuestas aplicadas a expertos del sector. Como resultado, se propuso el modelo I-DEA-S, orientado a fortalecer la innovación, la sostenibilidad y la mejora continua. Este antecedente se relaciona con el presente trabajo, porque aporta una perspectiva local de gestión, sostenibilidad e innovación aplicable a proyectos tecnológicos energéticos en contextos urbanos de Medellín.

El trabajo de Oquendo Correa (2023), titulado *“Plan de adopción tecnológica de un Sistema Waste to Energy como alternativa sostenible en el tratamiento de residuos sólidos urbanos aplicable a Medellín”*, tuvo como objetivo formular un plan de adopción tecnológica para aprovechar energéticamente los residuos sólidos urbanos. La presente propuesta académica elaborada en el ITM, en donde se vislumbraron aspectos técnicos, ambientales y legislativos de

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

tecnologías Waste to Energy, y apoyándose en vigilancia estratégica y en el acceso a bases de datos también indexadas como Scopus, remitió como conclusión a la construcción de una matriz con unos parámetros para iniciar proyectos vinculados con la sostenibilidad. Este antecedente se articula con la presente investigación, ya que introduce elementos locales relacionados con la adopción tecnológica, la sostenibilidad, la planificación energética y la gestión en contextos urbanizados.

La investigación de Gaviria Méndez (2023), titulada “*Estudio de prefactibilidad de un negocio de operador móvil virtual de soluciones Machine-to-Machine y aplicaciones de IoT, en Colombia*”, tuvo como propósito analizar la viabilidad preliminar de un modelo de negocio orientado a servicios de telecomunicaciones para aplicaciones IoT. Desarrollada en la Universidad EAFIT como tesis de Maestría en Administración, la propuesta se ubicó en el campo de la prefactibilidad, las tecnologías de información, las telecomunicaciones y la toma de decisiones. Aunque el repositorio registra acceso cerrado al documento completo, sus metadatos confirman su pertinencia. Este antecedente se relaciona con el presente proyecto, porque aporta una mirada gerencial sobre infraestructura IoT en el contexto colombiano.

2.2. Marco Teórico

Este apartado presenta los referentes conceptuales que permiten interpretar la implementación de tecnología IoT en hogares como un proceso técnico, social y gerencial. Las teorías seleccionadas ofrecen una base para comprender cómo se estructura un proyecto, cómo interactúan los componentes del hogar, cómo los usuarios aceptan una tecnología y cómo una innovación puede difundirse dentro de un contexto urbano. Esta fundamentación evita que el estudio dependa únicamente de una descripción tecnológica, ya que integra dimensiones de planificación, comportamiento, adopción y sostenibilidad de la propuesta.

El marco teórico se articula a partir de las cuatro referencias que se van encontrando en el devenir de la investigación. El enfoque del Project Management Institute se orienta por la formulación de la propuesta a partir de criterios de alcance, interesados, riesgos y generación de valor. La Teoría General de Sistemas permite entender el hogar como conjunto de elementos interdependientes. El Technology Acceptance Model explica la disposición de uso de los usuarios

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

en relación al uso de las soluciones IOT. Por último, la Teoría de Difusión de Innovaciones ayuda a interpretar la adopción gradual de tecnologías inteligentes en hogares de Medellín.

2.2.1. Enfoque de gerencia de proyectos del Project Management Institute

El enfoque de la gerencia de proyectos del Project Management Institute permite realizar la organización de iniciativas temporarias orientadas a generar valor y para la obtención de resultados comprobables. En esta línea, el Project Management Institute (PMI, 2021), propone que la dirección de proyectos debe ser concebida en términos de principios de actuación y de dominios del desempeño asociados con interesados, equipo, ciclo de vida, planeación, entrega, medición e incertidumbre. Dicha base es útil para la investigación, pues para llevar a cabo la implementación de un sistema IoT en hogares de Medellín es necesaria una organización previa de las decisiones técnicas y administrativas antes de realizar cualquier intervención en la residencia. El proyecto debe fijar al alcance, recursos, riesgos, responsables, criterios de aceptación y mecanismos de control que permiten transmitir una solución tecnológica a una propuesta válida.

La propuesta de un sistema inteligente de consumo energético exige, ya sea de forma explícita o implícita, una gestión que sirva de catalizador entre tecnología, usuarios y condiciones de adopción. No es suficiente con poder elegir sensores, plataformas de monitorización, ya que la solución debe dar respuesta a hábitos domésticos, precio, conectividad, mantenimiento y necesidad de los hogares. A este respecto, Simard y Aubry (2025), advierten de que los procesos de transformación digital requieren estructuras de gobernanza como puente entre situaciones técnicas, actores organizacionales y decisiones estratégicas. Esta lectura permite trasladar el enfoque PMI al caso de estudio, dado que la propuesta para los hogares de la ciudad de Medellín requiere de una gestión que permita la coordinación entre las necesidades del usuario, el diseño del sistema y la gestión de los riesgos asociados a la implementación.

La viabilidad de una solución IoT también queda evidenciada en su capacidad para lograr la finalidad durante la operación y no solo durante el diseño. Un sistema doméstico puede presentar un buen comportamiento técnico, pero empeorar la propuesta si la medición no es clara o si no se interpreta bien. Desde esta perspectiva, Chou et al. (2024), describen que los sistemas de gestión energética en IoT requieren de dispositivos de medición, controladores, aplicaciones y validación

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

operativa para poder demostrar utilidad en los entornos residenciales, y, en consecuencia, este aspecto refuerza la necesidad de diseñar orientaciones estratégicas desde la dirección de proyectos para pasar de una idea tecnológica a una propuesta programada.

Los proyectos IoT frecuentemente tienen que lidiar con problemas que se pueden prever en la fase de propuesta, la combinación de tecnologías, los precios, la seguridad, la gestión de datos y la participación de la gente pueden ser factores que hagan que la evolución de la propuesta sufra si no existe un esquema de gestión claro. En este sentido Martens et al. (2022), conducen a la identificación de unos problemas de seguimiento para la implementación de proyectos IoT, y en consecuencia conducen a una propuesta de acciones, referidas a arquitectura, escalabilidad, fiabilidad, soporte, recursos y gestión de proyecto. Esta evidencia se manifiesta como una de las contribuciones al estudio ya que se logra ver que la propuesta para los hogares de Medellín puede anticipar obstáculos antes de proponer orientaciones estratégicas, sobre todo porque la solución en cuestión dependerá de dispositivos conectados y usuarios finales.

La gestión de proyectos también facilita la valoración de los beneficios que van más allá de la entrega del producto; en una solución IoT para el hogar, el resultado está más allá de la instalación de dispositivos o la configuración de la plataforma. El beneficio se produce cuando el hogar puede reconocer consumos, tomar decisiones y mantener prácticas de ahorro. Para aportar más, Zwikael y Huemann (2023), explican que la gestión de los beneficios en proyectos y programas es la búsqueda de conseguir un impacto en las organizaciones y las sociedades, en una mirada que va más allá de una mirada estrictamente basada en los entregables. Esta propuesta refuerza esta propuesta porque dirige la propuesta en dirección de beneficios que se puedan ver en los hogares; control energético, reducción de la incertidumbre, mejor lectura del consumo doméstico.

La transformación digital de proyectos de cualquier tipo, ya sean producto para desarrollar, o bien una contribución para la construcción de un producto, exige la integración del conjunto de los actores, del ciclo de vida, y del conocimiento técnico, solo así las decisiones no se dispersan entre áreas o fases independientes. Una propuesta de IoT para el hogar exige integración, los datos energéticos, los dispositivos conectados y la experiencia del usuario se tienen que entrelazarse desde la fase de diseño hasta la de operación. En esta misma línea Liu et al. (2023), argumentan que la transformación digital de proyectos exige la integración de los interesados, del ciclo de vida

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

y del conocimiento de la gestión, para mejorar la gobernanza y para facilitar la transformación digital. Esta visión refuerza la investigación porque permite conectar la planificación de gestión con la operación futura del sistema de vivienda inteligente.

2.2.2. Teoría General de Sistemas

La Teoría General de Sistemas puede aportar una conceptualización del hogar como un sistema que se entiende como tal si los elementos que lo componen interactúan entre sí y dan lugar a consecuencias que no pueden explicarse desde una parte de forma aislada. En esta línea de pensamiento, Bertalanffy (1968), defiende que los sistemas solo se explican a partir de las relaciones internas que los configuran, de su funcionamiento con el entorno o del conjunto de operaciones que permiten llevar a cabo su funcionamiento. Esta teoría apoya el estudio, pues un sistema inteligente a partir del IoT concierne a usuarios, hábitos de consumo, sensores, conectividad, maquinaria eléctrica e información energética. Por ello, el hogar de Medellín puede analizarse como un sistema residencial donde la optimización depende de relaciones internas.

La implementación de esta teoría permite conocer la vivienda como un sistema abierto que recibe energía, información y decisiones de uso y va produciendo, a la vez, costes, datos de consumo y efectos medioambientales. En este sentido Liu et al. (2021), explican que en los sistemas de gestión de la energía en hogares inteligentes se agrupan dispositivos, redes de comunicación y estrategias de control para coordinar los consumos dentro de entornos residenciales interconectados. Esta concepción incrementa la lectura sistémica del asunto puesto que la tecnología IoT va operando mediante los flujos de información de los componentes que han de proceder de forma articulada; cuando un elemento de falla, como la conectividad o la medida, el comportamiento general de la propuesta podría adulterarse.

Todas las instalaciones tecnológicas del hogar requieren entender cómo circulan los datos energéticos entre dispositivos, plataformas y usuarios. En este sentido, un sistema IoT se encarga de recopilar los datos del consumo, procesarlos y convertirlos en señales para tomar decisiones en el hogar. En esta misma línea Himeur et al. (2021) advierten que las soluciones inteligentes de gestión energética en edificios se encuentran limitadas por la integración entre datos, algoritmos y dispositivos y el comportamiento de los usuarios y ocupantes. Esta aportación debe ayudar a

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

vincular la teoría con el objeto de estudio, dado que la propuesta para los hogares de la ciudad de Medellín tiene que contemplar la vivienda como sistema interdependiente, donde la eficiencia tiene lugar cuando la medición, el análisis y la respuesta del usuario funcionan como partes conectadas.

El funcionamiento sistémico también implica que la tecnología IoT deba ser considerada como algo que va más allá del ámbito de la infraestructura, al constatar que la misma será añadida a una propia infraestructura, con sus respectivas condiciones prácticas de uso y características técnicas previamente instaladas. Los hogares cuentan con redes eléctricas, elementos de consumo, hábitos familiares o modos de consumir energía. Los autores Moudgil et al. (2023), aseguran que la integración de IoT en infraestructuras de edificios con retos tecnológicos y conductuales de la necesidad de articular sensores, comunicación, aplicaciones, seguridad y comportamiento de usuarios. Esta lectura aporta al trabajo porque una opción de hogares para la ciudad de Medellín debe analizarse previamente en el sistema residencial de forma completa antes de que se puedan ofrecer orientaciones de implementación, para no obtener decisiones aisladas de equipos o de plataformas.

La lógica sistémica también permite entender que la gestión energética está relacionada con procesos de control, de predicción y de priorización de la carga en el hogar. Los dispositivos conectados dan cuenta de medidas de variables, de consumos y apoyan decisiones sobre cuándo poner en funcionamiento o restringir determinados equipos. En este mismo sentido, Raju et al. (2022), presentan un sistema para gestionar la energía del hogar basado en el IoT que considera adquisición de datos, predicción de la carga y priorización mediante servicios en la nube. Esta base técnica contribuye al análisis, ya que ilustra que la optimización no depende de coordinar información, procesamiento y decisiones operativas en un sistema doméstico conectado.

2.2.3. Modelo de Aceptación Tecnológica

El Modelo de Aceptación Tecnológica permite explicar por qué una persona decide usar o rechazar una tecnología cuando la encuentra en su entorno cotidiano. Bajo esta línea, Davis (1989), plantea que la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida inciden en la aceptación de los sistemas de información, porque el usuario evalúa si la tecnología mejora su desempeño y si puede

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

manejarla sin un esfuerzo excesivo. Esta teoría respalda el estudio porque un sistema IoT para hogares de Medellín requiere algo más que funcionamiento técnico; necesita que los residentes comprendan su propósito, perciban beneficios en el control del consumo energético y consideren que su uso resulta compatible con las rutinas domésticas.

La aceptación de tecnologías es un factor determinante en todo diseño de una propuesta de gestión de la energía en el hogar, en tanto que los hogares pueden contar con conectividad, una serie de dispositivos eléctricos y acceso a información, pero aun así pueden llegar a rechazar la solución percibiéndola como costosa, compleja o poco sesgada. En consecuencia, Yang et al. (2021), abordan la intención de adoptar del hogar inteligente ecológico en el marco del modelo de aceptación tecnológica, evidenciando el rol del conocimiento, el riesgo percibido y la conciencia ambiental en la decisión del usuario. Tal lectura permite enlazar lo teórico con el objeto de estudio porque sabemos que la propuesta de IoT debe incluir el beneficio energético con la confianza, el conocimiento del sistema y la disposición real de los hogares.

La forma en que el usuario percibe el sistema también influye en su continuidad posteriores a la instalación. Una plataforma puede ser capaz de realizar mediciones fiables, emitir algunas alertas e incluso generar reportes, pero puede también perderse en el día a día de los usuarios si los componentes que la conforman son considerados difíciles o poco ajustados a sus necesidades domésticas. Por esta razón, Marikyan et al. (2021), investigan la aceptación de la tecnología del hogar inteligente y señalan que la percepción acerca del rendimiento, las creencias sobre la tecnología y los valores subyacen al uso y la satisfacción. Por eso, sugiere que el diseño de la propuesta para los hogares de Medellín debe contemplar acciones de sensibilización, junto con acciones de acompañamiento y comunicación del valor energético sin ceñirse fuertemente a criterios de la instalación de la tecnología.

La aceptación de los hogares inteligentes depende en buena medida de los beneficios y las barreras que perciben los usuarios antes de adoptar la tecnología. Los hogares pueden valorar los ahorros, el confort o el manejo a distancia, pero a la vez presentan reticencias frente a los precios, la privacidad, la dificultad o la ignorancia en el acceso al sistema. En este sentido, Nascimento y Fettermann (2023), fundamentan beneficios ambientales, financieros y psicológicos vinculados a las tecnologías del hogar inteligente, pero también identifican barreras tecnológicas, éticas y humanas que pueden limitar la implementación. Esta evidencia contribuye a la investigación

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

puesto que la propuesta IoT debe saber traducir el ahorro energético en un valor que tenga sentido para el usuario y lograr disminuir las barreras de la adopción desde el diseño de la gestión.

La intención de uso puede depender incluso de características de los residentes, de la experiencia tecnológica o de las ayudas para aprender a utilizar el sistema. En los hogares en los que algunos usuarios no han estado muy expuestos a los dispositivos interconectados, la evaluación del riesgo o de la dificultad puede hacer que disminuya su disposición a hacer uso de la tecnología inteligente. Desde este enfoque, Zhou et al. (2024), verifican que la utilidad percibida, la facilidad de uso, el valor percibido y el riesgo pueden influir en la intención de uso de los hogares inteligentes, siendo esta influencia más importante en los usuarios de mayor edad. Este aporte puede guiar la propuesta a instrucciones más detalladas, a un acompañamiento inicial o a un diseño accesible para que cualquier ámbito de la tecnología sea asimilado por los diferentes perfiles de los usuarios.

2.2.4. Teoría de Difusión de Innovaciones

La Teoría de Difusión de Innovaciones permite explicar cómo una tecnología nueva avanza dentro de un grupo social hasta convertirse, o no, en una práctica aceptada. Bajo esta perspectiva, Rogers (2003), plantea que la adopción de una innovación depende de su ventaja relativa, compatibilidad, complejidad, posibilidad de prueba y observabilidad, junto con los canales de comunicación y el tiempo requerido para decidir. Esta teoría respalda el estudio porque la tecnología IoT en hogares de Medellín puede ser percibida como útil para controlar el consumo energético, aunque su adopción dependerá de si los usuarios la consideran comprensible, accesible, confiable y coherente con sus rutinas domésticas.

Para que la difusión de soluciones IoT sea llevada a cabo en los contextos residenciales es necesario hacerse la idea de que los hogares no adopten una tecnología simplemente por la existencia de disponibilidad técnica. Una familia puede rechazar un sistema inteligente porque lo considere costoso, intrusivo o difícil de operar, aunque, y aquí radica otro asunto, aquellas familias reconozcan un beneficio en el ahorro energético que lo justificaría. En esta dirección, Tran et al. (2025), investigan el uso responsable de las tecnologías de hogar inteligente y demuestran que las preocupaciones de la población sobre el tema de la ética, con el tema de la complejidad y el de la

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

fiabilidad predisponen a la disponibilidad de las tecnologías por parte de los usuarios. Esta lectura forma parte del estudio ya que la propuesta de gerencia de proyectos tiene que tener en cuenta, anticiparse a las condiciones de aceptación, la comunicación del valor y de la mitigación de resistencias teniendo en cuenta cuál es la forma de proponer al usuario familiar la tecnología IoT para implementarla en viviendas urbanas.

La adopción de una tecnología inteligente depende también de cómo los usuarios concilien sus beneficios con necesidades concretas del hogar. El sistema puede realizar monitoreo, automatización y control remoto de la vivienda, pero tendrán unas posibilidades escasas de difusión si sus residentes no encuentran beneficios al lado de sus prácticas existentes. En este camino, Korsgaard et al. (2023), explican que la difusión del Internet de las Cosas tiene que ver con la reconfiguración de prácticas de índole cotidiana y relaciones comunitarias, porque los dispositivos conectados se introducen dentro de prácticas de tipo cotidiano y transforman las de organización doméstica. De ahí que la propuesta para los hogares de Medellín deba pensar la adopción como un proceso social, no como la instalación técnica de inmediato.

La decisión de adoptar sistemas de hogar inteligente puede variar en función del perfil del usuario y de su predisposición previa hacia la tecnología. Así, algunos hogares pueden priorizar el control energético y la comodidad, mientras otros priorizan precio, privacidad o facilidad de uso. En este sentido, Gøthesen et al. (2023), identificaron que la motivación hedónica, el valor percibido del precio y la influencia social determinan la adopción y uso de tecnologías de hogar inteligente. Esta consideración permite entender que para la difusión de IoT en los hogares de Medellín se precisan mensajes diferenciados, pues los hogares no interpretan la novedad de la misma manera ni esperan los mismos beneficios de la solución residencial.

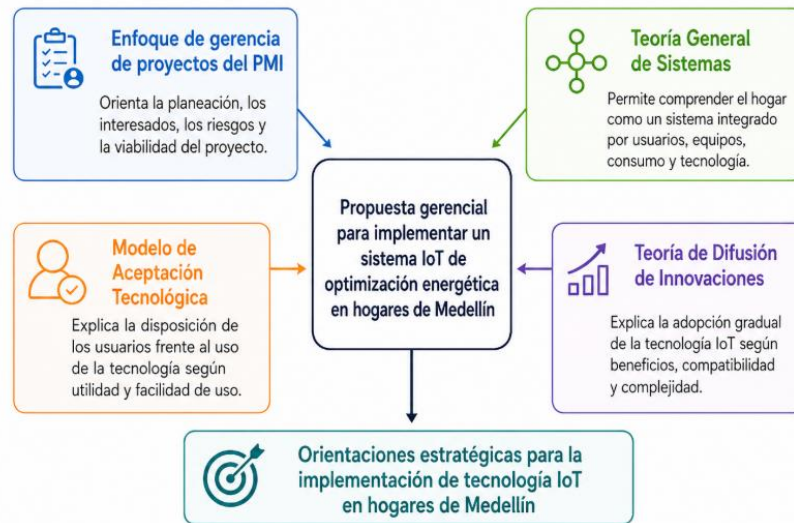
La difusión de IoT en sistemas energéticos puede estar supeditada a otros actores que no son sólo los del hogar, ya que la adopción tecnológica tiene que ver con regulación, coordinación, incentivos, estándares u otras capacidades de implementación. Una propuesta para el hogar podría resultar aceptable para usuarios, pero ser limitada si no hay articulación con proveedores, operadores, instaladores o actores públicos. En este sentido, Ball y Degischer (2024), comentan que la adopción de IoT en sistemas energéticos tiene preferencias diferenciadas entre actores, además de requerir regulación, coordinación e incentivos a la superación de la barrera de la

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

implementación. Esta perspectiva permite enriquecer nuestro análisis porque la propuesta de hogares de Medellín tiene que considerarse el entorno que hace posible la innovación.

Figura 1.

Relación entre teorías y propuesta gerencial para implementar tecnología IoT en hogares de Medellín



Nota. Elaboración propia (2026).

2.3. Marco normativo

El estudio encuentra respaldo inicial en la regulación colombiana sobre uso racional y gestión eficiente de la energía, porque la propuesta IoT busca orientar decisiones domésticas para reducir desperdicios y mejorar el control del consumo eléctrico. A este respecto, la Ley 697 de 2001 declara el uso racional y eficiente de la energía como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional; por su parte, la Ley 1715 de 2014 promueve la eficiencia energética, la respuesta de la demanda y la gestión eficiente de la energía dentro de la política energética nacional. Estas disposiciones justifican que el proyecto aborde hogares de Medellín desde una solución tecnológica orientada al ahorro y al seguimiento del consumo.

La transición energética en Colombia también presenta un andamiaje normativo que da soporte para formular opciones que conjuguen tecnología, sostenibilidad y modernización del servicio energético. En esta línea, la Ley 2099 de 2021 moderniza la ley energética y refuerza los

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible; por su parte, la Resolución 40156 de 2022 adopta el Plan de Acción Indicativo PROURE 2022-2030, cuyo objetivo es reducir brechas tecnológicas mediante la implementación de medidas y dispositivos costo-eficientes. Este marco es adecuado en el marco del estudio, ya que la tecnología IOT puede aportar medición, control y análisis del consumo residencial, siempre que dicha implementación se ajuste a criterios de viabilidad, acceso y mejora para el usuario.

La aplicación de soluciones IoT en un hogar conlleva la observancia de normas sobre seguridad eléctrica, sobre tecnologías de la información y sobre el tratamiento de datos personales. Así, la Resolución 40117 de 2024 hace una modificación del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y organiza disposiciones sobre productos, sobre instalaciones y sobre evaluación de conformidad; la Ley 1341 de 2009 establece principios para las tecnologías de la información y de las comunicaciones; y la Ley 1581 de 2012 regula el tratamiento de datos personales en Colombia. Estas normas respaldan el estudio porque un sistema inteligente residencial puede involucrar dispositivos eléctricos, conectividad, plataformas digitales y datos asociados a rutinas de consumo dentro del hogar (Tabla 1).

Tabla 1.

Normativa aplicable al estudio

Norma	Aporte al estudio
Ley 697 de 2001	Sustenta uso racional y eficiente de energía residencial.
Ley 1715 de 2014	Promueve eficiencia energética y respuesta de demanda.
Ley 2099 de 2021	Moderniza transición energética y servicios públicos energéticos.
Resolución 40156 de 2022	Orienta metas PROURE para cerrar brechas tecnológicas.
Decreto 1073 de 2015	Compila regulación sectorial de minas y energía.
Resolución 40117 de 2024	Define requisitos técnicos para instalaciones eléctricas seguras.
Ley 1341 de 2009	Respalda políticas TIC y acceso digital.
Ley 1581 de 2012	Protege datos personales en plataformas IoT residenciales.

Nota. Elaboración propia (2026).

El marco normativo analizado permite entender que IoT para los hogares en Medellín requiere la proyección con criterios de eficiencia energética, seguridad técnica, acceso digital y protección de datos personales. La Ley 697 de 2001 y la Ley 1715 de 2014 son normas que garantizan el uso racional de la energía y la gestión del uso eficiente de la energía; la Ley 2099 de 2021 y la Resolución 40156 de 2022 permiten una orientación con la transición energética y con

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

las metas del PROURE; la Resolución 40117 de 2024 da criterios de seguridad eléctrica; y la Ley 1341 de 2009 y la Ley 1581 de 2012 obtienen la manera de vincular conectividad, TIC y el manejo responsable de la información de las viviendas. De este modo, la propuesta IoT para hogares en Medellín requiere una interrelación de lo técnico, lo legal y lo gerencial.

De manera conjunta, el marco de referencia permitió verificar que el proyecto de un sistema inteligente basado en la tecnología IoT aplicado a las viviendas de Medellín entraña la necesidad de hacer una interpretación en concordancia con los antecedentes, la propuesta y la normativa legal para el tema. Los antecedentes permiten verificar los avances científicos y técnicos sobre la medición o la gestión inteligente de la energía, las soluciones IoT aplicadas a los hogares; el marco teórico aporta los elementos para comprender la propuesta desde la gerencia de proyectos, la interacción sistémica, la aceptación de tecnologías y la adopción de innovaciones; y, finalmente, el marco normativo especifica las condiciones que tienen que ver con la eficiencia energética, la seguridad eléctrica, la conectividad y el tratamiento de datos.

Desde esta base, la investigación presenta un soporte conceptual y un soporte documental que permite construir el diseño metodológico. La revisión muestra que la propuesta no es una pura descripción de una tecnología, ya que también hay que tener en cuenta las condiciones de los hogares, las expectativas de los usuarios, las restricciones técnicas y criterios de viabilidad y cumplimiento normativo. Por lo que el siguiente capítulo está destinado a la metodología de la investigación, que permite definir el enfoque y el alcance, la población, los instrumentos, los procedimientos y la estrategia de análisis que posibilitan desarrollar la propuesta gerencial para los hogares de la ciudad de Medellín.

3. METODOLOGÍA

Este capítulo presenta la ruta metodológica que orientó el desarrollo de la investigación, con el propósito de explicar cómo se obtuvo, organizó y analizó la información necesaria para diseñar una propuesta gerencial de implementación de tecnología IoT en hogares de Medellín. La metodología se estructuró desde un enfoque cualitativo y un alcance descriptivo, dado que el estudio buscó comprender las condiciones, percepciones, oportunidades y limitaciones asociadas con el consumo energético residencial y la posible adopción de sistemas inteligentes. Así, el capítulo permitió precisar quiénes participaron en la investigación, qué instrumentos fueron aplicados y qué procedimiento se siguió para el levantamiento de información.

El desarrollo metodológico contempló dos poblaciones de interés hogares urbanos de Medellín y expertos relacionados con gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT o sistemas inteligentes. La selección de participantes se realizó mediante muestreo por saturación, hasta obtener información suficiente para comprender el fenómeno estudiado. También se describieron las guías de entrevista semiestructurada, el procedimiento de aplicación, el análisis cualitativo de la información y las consideraciones éticas necesarias para proteger la participación voluntaria, la confidencialidad y el uso académico de los datos. De este modo, la metodología ofreció una base ordenada para construir las orientaciones estratégicas propuestas en la investigación.

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo dado que se buscó comprender las condiciones, oportunidades y restricciones de la adopción de un sistema inteligente, mediante tecnología IoT. En otras palabras, el objetivo de la investigación fue la interpretación de las percepciones, experiencias y los puntos de vista de los participantes en cuanto al consumo energético residencial y a la adopción de soluciones tecnológicas. En este sentido, Hernández et al. (2016), proponen que el enfoque cualitativo es el que permite comprender fenómenos desde la perspectiva de los participantes y teniendo en cuenta su contexto y los significados que imprimirán a la realidad investigada. El alcance fue descriptivo porque se caracterizó el fenómeno y no se manejaron variables. En los mismos términos, el estudio se delimitó temporalmente al año 2026 y

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

especialmente a los hogares urbanos de Medellín. Desde la temática, se centró en el diseño de una propuesta gerencial en el ámbito de la implementación de tecnología IoT asociada a la optimización del consumo energético residencial.

3.2.Población y muestra

Este apartado definió los participantes que aportaron la información necesaria para comprender las condiciones de implementación de un sistema IoT orientado a la optimización energética en hogares de Medellín. La investigación contempló dos grupos hogares urbanos, como usuarios potenciales de la tecnología, y expertos con conocimiento en gerencia de proyectos, eficiencia energética, IoT o sistemas inteligentes. También precisó la forma de selección de la muestra, la cual se realizó mediante saturación, de modo que la recolección finalizó cuando las entrevistas ya no aportaron información nueva para el análisis del fenómeno estudiado.

3.2.1. Definición de la población

La investigación incluyó dentro de su alcance a dos poblaciones de estudio. La primera de ellas hizo referencia a los hogares urbanos que se encontraban ubicados en la ciudad de Medellín, que se componían de residentes mayores de edad, que contaban con el servicio de energía eléctrica, que empleaban en la cotidianidad dispositivos eléctricos o tecnológicos. Esta población aludió a los hábitos de consumo, a la forma de emplear electrodomésticos, al conocimiento sobre la eficiencia energética y a la disposición hacia las soluciones inteligentes fundamentadas en la tecnología IoT. En esta línea, Creswell (2014) señala que los actores de una investigación cualitativa deben seleccionarse por ser capaces de ofrecer detalles sobre el fenómeno abordado. Por esta razón, los hogares fueron la fuente sustancial que permitió abordar cuáles fueron las condiciones reales de la adopción tecnológica en los hogares.

La segunda población estuvo conformada por expertos con conocimiento o experiencia en gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT, sistemas inteligentes o implementación de soluciones tecnológicas en contextos residenciales. Este grupo aportó una mirada técnica y estratégica sobre las oportunidades, limitaciones, riesgos y condiciones necesarias para implementar un sistema IoT en hogares de Medellín. En esta dirección, Hernández et al.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

(2016), explican que la población en estudios cualitativos debe definirse según las características de los sujetos que pueden ofrecer información útil para comprender el problema. Así, la investigación integró dos perspectivas complementarias la experiencia cotidiana de los hogares y el criterio especializado de expertos vinculados con el tema.

3.2.2. Selección de la muestra

La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por saturación, coherente con el enfoque cualitativo y el alcance descriptivo de la investigación. Estuvo conformada por veinticinco participantes, distribuidos en veinte residentes de hogares urbanos de Medellín y cinco expertos relacionados con gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT o sistemas inteligentes. En esta línea, Hernández et al. (2016), plantean que la muestra cualitativa puede definirse durante el proceso investigativo, de acuerdo con la profundidad, riqueza y suficiencia de la información recolectada. Por ello, la selección de participantes estuvo orientada a obtener aportes que permitieron comprender las condiciones, oportunidades y limitaciones frente a la implementación de un sistema IoT en hogares de Medellín.

La recolección finalizó cuando las respuestas comenzaron a repetirse y no aportaron elementos nuevos para el análisis del estudio. Para los hogares, la muestra estuvo integrada por los residentes, mayores de edad, que establecieron su residencia habitual en la ciudad de Medellín, dispusieron de energía eléctrica, utilizaron aparatos eléctricos en su hogar y, por supuesto, manifestaron su voluntad de participar. Quedaron excluidos aquellos que habitaron fuera de la ciudad de Medellín, no dieron su consentimiento informado, no fueron entrevistados o entregaron respuestas no coherentes. Para los expertos, estos fueron únicamente aquellos profesionales que dispusieron de conocimientos y competencias relacionadas, por inducción o por experiencia laboral, con la gerencia de proyectos, la eficiencia energética, la tecnología IoT o los sistemas inteligentes aplicados al contexto residencial. En consecuencia, Creswell (2014) señala que la selección cualitativa debe privilegiar participantes capaces de aportar información significativa sobre el caso estudiado.

3.3.Instrumentos

La primera herramienta de recolección fue una guía de entrevista semiestructurada dirigida a hogares urbanos de Medellín. Este instrumento permitió obtener información sobre hábitos de consumo energético, uso de electrodomésticos, conocimiento sobre eficiencia energética, experiencias previas con tecnologías inteligentes, disposición frente a sistemas IoT y barreras percibidas para su adopción. En esta línea, Creswell (2014), plantea que las entrevistas cualitativas permiten recoger información detallada sobre las experiencias, percepciones y significados que los participantes atribuyen al fenómeno estudiado. La guía tuvo formato digital o presencial, según la disponibilidad del participante ver el anexo 1.

La guía dirigida a hogares estuvo compuesta por preguntas abiertas orientadas a conocer cómo los residentes usaron la energía en su vivienda, qué dispositivos emplearon con mayor frecuencia, qué nivel de conocimiento tuvieron sobre su consumo y qué opinión poseyeron frente a la incorporación de sistemas inteligentes para monitorear o controlar el gasto energético. Al tratarse de una investigación cualitativa, se formularon aspectos de indagación relacionados con los objetivos específicos. Bajo esta perspectiva, Hernández et al. (2016), explican que los instrumentos cualitativos deben permitir comprender el fenómeno desde la perspectiva de los participantes y ajustarse a las condiciones del contexto investigado.

La segunda herramienta fue una guía de entrevista semiestructurada dirigida a expertos en gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT, sistemas inteligentes o implementación de soluciones tecnológicas en contextos residenciales. Este instrumento permitió recoger criterios especializados sobre viabilidad técnica, condiciones mínimas de implementación, riesgos, limitaciones económicas, oportunidades de eficiencia energética y recomendaciones para formular orientaciones estratégicas. En esta dirección, Hernández et al. (2016), señalan que la entrevista cualitativa permite profundizar en opiniones, experiencias y conocimientos de participantes que poseen información significativa sobre el fenómeno de estudio. La guía se aplicó de forma virtual o presencial, según la disponibilidad del experto, ver anexo 2.

La guía dirigida a expertos estuvo compuesta por preguntas abiertas sobre la posibilidad de implementar tecnología IoT en hogares de Medellín, los requerimientos técnicos mínimos, los riesgos de instalación y operación, las condiciones sociales o económicas que pudieron afectar la

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

adopción y los criterios de gerencia de proyectos que debían considerarse en la propuesta. El instrumento buscó complementar la información obtenida en los hogares, de modo que las respuestas pudieron compararse posteriormente con los referentes teóricos y normativos del estudio en la Tabla 2, se organiza la caracterización de estos instrumentos. A este respecto, Creswell (2014), indica que la investigación cualitativa puede apoyarse en entrevistas para construir interpretaciones desde múltiples perspectivas cuando el fenómeno requiere comprensión contextual.

Tabla 2. Caracterización de los instrumentos de recolección de información

Instrumento	Objetivo	Estructura	Categorías de análisis	Formato de aplicación
Guía de entrevista semiestructurada dirigida a hogares	Identificar hábitos de consumo energético, uso de dispositivos eléctricos, conocimiento sobre eficiencia energética y disposición frente a soluciones IoT.	Preguntas abiertas organizadas según los objetivos específicos de la investigación.	Consumo energético residencial, uso de dispositivos, conocimiento del consumo, aceptación tecnológica, barreras percibidas y disposición de uso.	Presencia física o virtual, con consentimiento informado previo.
Guía de entrevista semiestructurada dirigida a expertos	Caracterizar oportunidades, limitaciones, riesgos y condiciones técnicas, económicas y gerenciales para implementar un sistema IoT en hogares de Medellín.	Preguntas abiertas orientadas a criterios técnicos, operativos, económicos, sociales y de gestión de proyectos.	Viabilidad técnica, conectividad, seguridad eléctrica, costos, mantenimiento, privacidad, riesgos, soporte técnico y criterios gerenciales.	Presencia física o virtual, según disponibilidad del experto.
Consentimiento informado	Autorizar la participación voluntaria y el uso académico de la información recolectada.	Datos generales del estudio, propósito, confidencialidad, derechos del participante y autorización.	Ética investigativa, confidencialidad, voluntariedad y protección de identidad.	Firma física, aceptación digital o autorización verbal registrada.

3.4.Descripción de procedimientos

En este apartado se describe el paso a paso de la investigación para llevar a cabo la aplicación de los instrumentos de recolección de información; se comienza por revisar los objetivos, por elaborar las guías de la entrevista semiestructurada, dedicadas a los hogares y a los expertos; posteriormente se seleccionan a los participantes, se solicita el consentimiento informado y se aplican las entrevistas en formato presencial o online, según vaya la disponibilidad. La información obtenida fue transcrita, organizada y revisada para identificar aportes vinculados con consumo energético, adopción tecnológica, condiciones de implementación y orientaciones gerenciales. Esta ruta permitió desarrollar el trabajo de campo de manera ordenada, ética y coherente con el enfoque cualitativo.

3.4.1. Fases del procedimiento

Fase 1, el procedimiento inició con la revisión de los objetivos específicos y la construcción de las guías de entrevista semiestructurada dirigidas a hogares y expertos. Esta fase permitió cuidar que cada pregunta responda al propósito de la investigación y aporte información sobre consumo energético, disposición frente a tecnología IoT, condiciones de implementación y criterios gerenciales. En esta línea, Hernández et al. (2016), plantean que los instrumentos cualitativos deben guardar coherencia con el problema, los objetivos y el contexto de los participantes. Por ello, antes de aplicar las entrevistas, las guías fueron revisadas para verificar claridad, pertinencia, lenguaje comprensible y relación directa con el fenómeno estudiado.

Fase 2, la investigación continuó con la identificación y selección de los participantes. Para los hogares, fueron contactados residentes mayores de edad ubicados en Medellín, con acceso a energía eléctrica y uso cotidiano de dispositivos eléctricos. Para los expertos, fueron consideradas personas con conocimiento o experiencia en gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT o sistemas inteligentes. A este respecto, Creswell (2014), indica que la selección cualitativa debe privilegiar participantes capaces de ofrecer información amplia y contextualizada sobre el fenómeno investigado. Así, el contacto inicial permitió verificar disponibilidad, pertinencia de los participantes y aceptación voluntaria para participar en el estudio.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Fase 3, los participantes recibieron información sobre el propósito de la investigación, el uso académico de los datos, la confidencialidad de sus respuestas y la posibilidad de retirarse del proceso si así lo deciden. Esta fase incluyó la aceptación del consentimiento informado mediante firma física, aceptación digital o autorización verbal registrada, según el medio de aplicación. En esta dirección, Hernández et al. (2016), explican que la investigación cualitativa debe cuidar las condiciones éticas del trabajo de campo y respetar la voluntad de los participantes. Este procedimiento garantizó transparencia, autorización previa y manejo responsable de la información recolectada durante las entrevistas.

Fase 4, las entrevistas fueron aplicadas en modalidad presencial o virtual, según la disponibilidad de los participantes y las condiciones logísticas del estudio. Las entrevistas a hogares indagaron por prácticas de consumo, uso de dispositivos eléctricos, conocimiento sobre eficiencia energética y disposición frente a soluciones IoT. Las entrevistas a los hogares se centraron en estudiar las prácticas de consumo, utilización de dispositivos eléctricos, conocimiento sobre la eficiencia energética y la disposición a una forma de hacer las cosas a través de soluciones IoT. Así, las entrevistas a expertos estudiaron aspectos como viabilidad técnica, oportunidades, limitaciones, riesgos y criterios de implementación. En este sentido, Creswell (2014) plantea que la entrevista cualitativa es una técnica donde se obtiene información rica a partir de una conversación centrada en la experiencia del participante, a partir de una conversación flexible. Por ello, pudieron formularse preguntas de seguimiento cuando las respuestas requieran mayor precisión.

Fase 5, la información obtenida fue organizada mediante transcripción, revisión y sistematización en matrices de análisis. Este proceso permitió conservar la trazabilidad de las respuestas, ordenar los aportes de hogares y expertos, y preparar la información para su interpretación posterior. En esta línea, Hernández et al. (2016), plantean que el análisis cualitativo exige ordenar los datos recolectados, revisarlos cuidadosamente y construir significados a partir de la información obtenida. Por ello, cada entrevista fue revisada para identificar aportes relacionados con consumo energético, adopción tecnológica, condiciones de implementación y orientaciones útiles para la propuesta gerencial.

Fase 6, el procedimiento cerró con la comparación de la información obtenida en hogares y expertos, junto con los referentes teóricos y normativos desarrollados en el marco de referencia.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Esta comparación permitió construir una lectura integrada sobre oportunidades, limitaciones y condiciones necesarias para formular orientaciones estratégicas desde la gerencia de proyectos. En consecuencia, Creswell (2014), explica que la investigación cualitativa busca interpretar la información desde múltiples fuentes para comprender el fenómeno en su contexto. De este modo, el levantamiento de información sustentó la propuesta IoT para hogares de Medellín con base en experiencias de usuarios, criterios especializados y soporte documental.

3.5. Análisis de información

El análisis de información inició con la revisión completa de las entrevistas aplicadas a hogares y expertos, con el propósito de organizar las respuestas y reconocer los aportes relacionados con el consumo energético residencial, el uso de tecnologías inteligentes y las condiciones para implementar un sistema IoT en Medellín. La información fue transcrita, depurada y organizada en matrices elaboradas en Excel, herramienta que permitió ordenar los fragmentos más representativos sin aplicar medidas estadísticas, debido al enfoque cualitativo del estudio. En esta línea, Hernández et al. (2016), plantean que el análisis cualitativo requiere preparar los datos, revisarlos, codificarlos e interpretarlos de acuerdo con el problema de investigación y los significados aportados por los participantes.

Después de eso, se analizaron las respuestas a partir de un proceso de codificación cualitativa centrada en identificar ideas que se repiten, coincidencias, diferencias o aspectos emergentes en los relatos de los participantes de la investigación. Este procedimiento permitió identificar patrones relacionados con hábitos de consumo, apertura al uso de tecnología del Internet de las Cosas (IoT), barreras de la adopción, oportunidades de ahorro energético y criterios de acción desde un ángulo de gerencia de proyectos. A este respecto, Creswell (2014), explica que el análisis cualitativo implica organizar la información, leerla de forma reiterada, asignar códigos y construir interpretaciones que permitan comprender el fenómeno estudiado. Así, el análisis busca interpretar su sentido dentro del contexto residencial.

El cierre del análisis se apoyó en la triangulación de la información obtenida en las entrevistas a hogares y expertos, junto con los referentes teóricos y normativos del estudio. Este procedimiento permitió contrastar la experiencia de los residentes, el criterio especializado de los

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

expertos y el soporte documental construido en el marco de referencia. En esta dirección, Hernández et al. (2016), indican que la triangulación fortalece la comprensión del fenómeno al utilizar diferentes fuentes de información y perspectivas de análisis. A partir de este cruce, se formularon orientaciones estratégicas desde la gerencia de proyectos para la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín.

3.6.Consideraciones éticas

Este apartado estableció los criterios éticos que orientaron la participación de hogares y expertos durante la investigación. El estudio garantizó la participación voluntaria, la confidencialidad de la información, el respeto por la identidad de los participantes y el uso exclusivamente académico de los datos recolectados. Antes de aplicar las entrevistas, cada persona recibió información sobre el propósito del estudio, el tipo de participación solicitada y su derecho a retirarse o no responder alguna pregunta. También se empleó un consentimiento informado como instrumento de autorización. Estas medidas buscaron proteger a los participantes y asegurar que el proceso investigativo se desarrolló con transparencia y responsabilidad.

3.6.1. Análisis de consideraciones éticas

El proyecto aplicó consideraciones éticas orientadas a proteger la participación voluntaria, la confidencialidad de la información y el uso académico de los datos recolectados mediante entrevistas semiestructuradas. Antes de iniciar la aplicación de los instrumentos, cada participante recibió información sobre el propósito del estudio, el manejo reservado de sus respuestas y su derecho a retirarse del proceso sin consecuencia alguna. En esta línea, Hernández et al. (2016), explican que la investigación debe cuidar la dignidad de los participantes, solicitar autorización y evitar cualquier uso indebido de la información. Para garantizar esta condición, el formato de consentimiento informado y aceptación de participación se encontró en el anexo 3.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización

La investigación utilizó un consentimiento informado como instrumento de aceptación y autorización para los hogares y expertos participantes. Este documento presentó el objetivo del estudio, la modalidad de participación, el carácter voluntario de la entrevista, el tratamiento confidencial de la información y la autorización para emplear las respuestas con fines exclusivamente académicos. A este respecto, Creswell (2014), plantea que la investigación cualitativa debe asegurar el respeto por los participantes mediante procedimientos de consentimiento, protección de identidad y manejo responsable de los datos. La aceptación pudo realizarse mediante firma física, confirmación digital o autorización verbal registrada, según el medio utilizado para aplicar la entrevista.

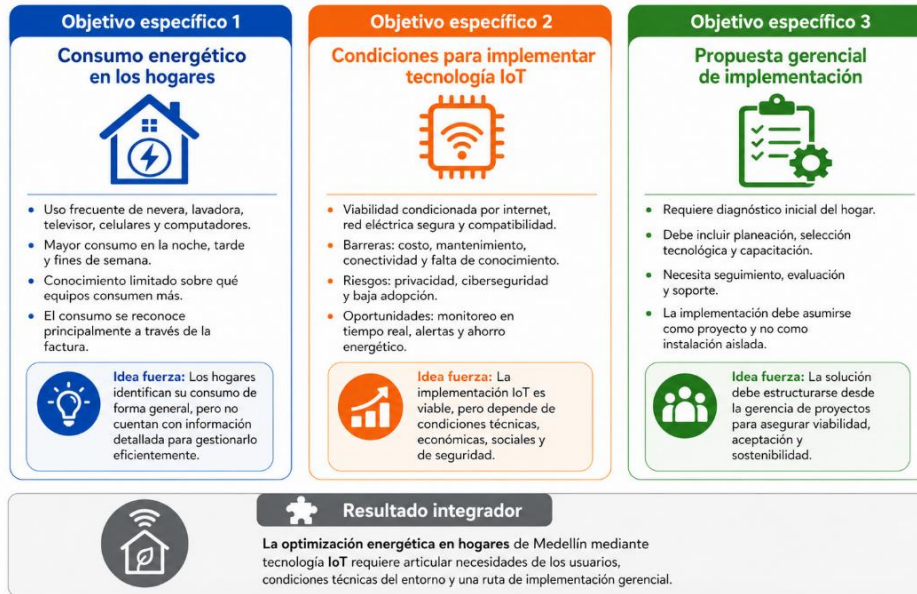
4. RESULTADOS

Este capítulo presenta los hallazgos obtenidos a partir de las entrevistas semiestructuradas aplicadas a hogares urbanos de Medellín y a expertos relacionados con gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT y sistemas inteligentes. Los resultados se organizan de acuerdo con los tres objetivos específicos de la investigación, con el fin de mostrar de manera clara las respuestas más importantes de los participantes y los elementos que aportan a la comprensión del problema. A través de la codificación de los entrevistados, se protegen sus identidades y se facilita el análisis de similitudes, diferencias y aspectos comunes sobre el consumo energético, las condiciones de implementación y los insumos para la propuesta gerencial.

Este apartado presenta los resultados obtenidos a partir de la aplicación de entrevistas semiestructuradas a hogares urbanos de Medellín y a expertos relacionados con gerencia de proyectos, eficiencia energética, tecnología IoT y sistemas inteligentes. La información se organiza de acuerdo con los tres objetivos específicos de la investigación, con el fin de mostrar de manera ordenada los hallazgos asociados al consumo energético residencial, las condiciones de implementación de soluciones IoT y los insumos necesarios para formular la propuesta gerencial. Las respuestas se presentan mediante códigos asignados a los participantes, lo que permite proteger su identidad y, al mismo tiempo, evidenciar similitudes, diferencias y aspectos importantes para el análisis. La organización de los hallazgos se apoyó en la codificación por categorías y en la triangulación de las respuestas, como se evidencia en los anexos 4, 5 y 6.

Figura 2.
Síntesis integrada de los resultados de la investigación

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín



Nota. Elaboración propia.

4.1. Elementos sociados al consumo energético y al uso de soluciones tecnológicas inteligentes.

Los resultados evidencian que los hogares asocian el consumo energético principalmente con el uso cotidiano de electrodomésticos y dispositivos tecnológicos básicos. En este sentido, H1 expresó que “lo que más se usa es la nevera, el televisor, la lavadora y los cargadores de los celulares”, mientras que H6 señaló que en su vivienda permanecen en uso “el televisor, la nevera, la lavadora, tabletas, celulares y computador”. Esta tendencia también aparece en H19, quien indicó que en su hogar se utilizan “nevera, televisor, computadores, internet, lavadora, ventiladores y celulares”. Las respuestas muestran una similitud clara el consumo se concentra en equipos de uso permanente y dispositivos asociados con comunicación, entretenimiento, trabajo o estudio.

Frente a los momentos de mayor consumo, las respuestas permiten identificar que la noche, la tarde y los fines de semana son periodos críticos dentro de las rutinas domésticas. En consecuencia, H7 afirmó que el mayor consumo ocurre “en la noche, porque todos estamos en casa”, mientras que H11 señaló que se presenta “en la tarde y en la noche”. En contraste, H9 manifestó que el mayor gasto se da “en la mañana y al mediodía, cuando se cocina y se hacen oficios”. Este contraste indica que el consumo responde a las dinámicas particulares de cada hogar, según trabajo, estudio, alimentación, oficios domésticos y presencia familiar.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

El conocimiento sobre el consumo energético aparece como limitado en la mayoría de los hogares entrevistados. Bajo esta línea, H5 expresó que “la verdad, no sé mucho. Solo comparo una factura con otra”, mientras que H7 indicó que “sé cuánto pago, pero no sé qué aparato consume más”. De forma similar, H16 manifestó que conoce “muy poco, normalmente solo pago la factura”. Estas respuestas revelan una coincidencia importante; los hogares reconocen el valor mensual del servicio, pero no cuentan con información suficiente para comprender el comportamiento interno del consumo. El análisis permite establecer que existe una brecha entre pagar la factura y gestionar técnicamente el uso de energía dentro de la vivienda.

Respecto al uso de soluciones tecnológicas inteligentes, los participantes reportan baja experiencia previa, aunque muestran disposición favorable si la herramienta resulta sencilla, económica y útil. En esta dirección, H4 afirmó que “no, nunca hemos usado algo así”, mientras que H10 indicó que “no, pero sí he escuchado de esas tecnologías”. Por su parte, H20 expresó que una solución IoT sería positiva “si ayuda sin complicarnos la vida”. Esta comparación muestra que la ausencia de uso significa desconocimiento, cautela y necesidad de acompañamiento. Como resultado, los hogares valoran la posibilidad de monitorear el consumo, pero condicionan su aceptación a claridad, facilidad de manejo, soporte y beneficios visibles.

4.2. Oportunidades, limitaciones y condiciones de los hogares frente a la implementación de un sistema basado en IoT.

Los expertos coinciden en que la implementación de sistemas IoT en hogares de Medellín es viable, aunque condicionada por factores técnicos, económicos y sociales. De manera complementaria, E1 afirmó: “Considero que es viable, especialmente en hogares urbanos donde ya existe acceso a internet y uso frecuente de dispositivos eléctricos”. E3 agregó: “Desde mi experiencia, sí es viable, porque muchas viviendas urbanas ya cuentan con internet y teléfonos inteligentes”. En contraste, E4 matizó: “No se puede pensar en una solución única para todos los hogares”. Estas respuestas muestran que la viabilidad existe, pero no puede asumirse de manera homogénea. El análisis permite reconocer que la propuesta debe ajustarse a condiciones diferenciadas de vivienda, conectividad y capacidad de adopción.

Las condiciones mínimas para implementar IoT se relacionan con conectividad, red eléctrica segura y disponibilidad de los usuarios para integrar dispositivos en la vivienda. En esta

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

línea, E2 señaló: “Se requiere conexión a internet, disponibilidad de energía estable, tablero eléctrico en condiciones aceptables y equipos compatibles con sensores o enchufes inteligentes”. E3 indicó: “Como mínimo, el hogar debe tener conexión Wifi, red eléctrica segura, acceso a puntos de medición y disponibilidad para instalar pequeños dispositivos de control”. Por su parte, E5 expresó: “El hogar debería tener internet, buena cobertura de señal, instalaciones eléctricas básicas en buen estado”. Las respuestas coinciden en que la tecnología IoT depende de una infraestructura básica previa y de condiciones operativas que garanticen funcionamiento estable.

Las principales limitaciones identificadas por los expertos se concentran en costos, conectividad, compatibilidad y mantenimiento. Bajo esta línea, E1 afirmó: “La principal limitación económica es el costo inicial de equipos, instalación y posible mantenimiento”. E2 coincidió al señalar: “En Medellín, una limitación puede ser la capacidad de pago de algunos hogares”. E5 complementó desde lo técnico: “Técnicamente pueden presentarse problemas por mala conectividad, cortes de energía, equipos antiguos o falta de conocimiento del usuario”. Estas respuestas reflejan que las barreras incluyen condiciones técnicas y conocimientos del usuario. El análisis pone en manifiesto que la propuesta debe considerar las alternativas por fases, la asistencia o soporte técnico y la adaptación a casas con distintos niveles de capacidades tecnológicas.

Los expertos también resaltan riesgos asociados con datos, seguridad, fallas técnicas y continuidad en el uso del sistema. En esta dirección, E3 afirmó: “La privacidad es clave, porque los patrones de consumo pueden revelar rutinas del hogar”. E4 sostuvo: “El sistema debe manejar políticas claras sobre datos, contraseñas, acceso de usuarios y protección frente a ataques informáticos”. A su vez, E5 señaló: “Los riesgos principales son baja adopción, fallas técnicas, pérdida de información, costos superiores a lo planeado y falta de soporte”. Estas respuestas permiten caracterizar la implementación IoT como un proceso que exige gestión de riesgos desde el diseño. Por ello, la propuesta deberá integrar protección de datos, capacitación, soporte técnico y seguimiento posterior.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

4.3. La implementación de un sistema IoT en hogares de Medellín

4.3.1 Presentación de la propuesta

La presente propuesta gerencial surge a partir de los resultados obtenidos en las entrevistas aplicadas a hogares de Medellín y a expertos relacionados con tecnología IoT, eficiencia energética y gerencia de proyectos. Los hallazgos resultan evidentes, pues los hogares tienen poco conocimiento en su comportamiento real al respecto de su consumo energético, pese a que muestran interés en contar con herramientas simples de ahorro y de mejora en la toma de decisiones. También los expertos comentan que la implantación de sistemas IoT es realizable teniendo en cuenta condiciones técnicas, económicas, operativas y de seguridad. Por esto, la propuesta persigue trazar una vía de optimización del consumo energético residencial, ordenada, asequible y centrada en el usuario.

4.3.2 Objetivo de la propuesta

Orientar la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT para el monitoreo, control y optimización del consumo energético en hogares urbanos de Medellín, desde criterios de gerencia de proyectos.

4.3.3 Alcance de la propuesta

La propuesta se orienta a construir una ruta gerencial para una posible implementación futura de un sistema IoT en hogares urbanos de Medellín. No se concentra en el desarrollo técnico del sistema ni en la instalación directa de dispositivos en las viviendas. Su alcance se ubica en la organización previa del proceso, desde el reconocimiento de las condiciones del hogar hasta la planeación, la selección de una tecnología comprensible, la preparación de los usuarios, el seguimiento y la valoración de su utilidad. De acuerdo con International Organization for Standardization (2020), la gestión de proyectos permite dirigir iniciativas de distinta complejidad cuando existe una orientación clara para su desarrollo.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Desde este punto de vista, la propuesta tiene la intención de prescindir de que la inclusión de tecnología en los hogares se implemente de forma improvisada; la propuesta está sustentada en criterios que permitan revisar y comprobar si las viviendas se encuentran en condiciones de utilizar herramientas de seguimiento del consumo energético. El objetivo no es mostrar una única solución para todos los hogares, pues cada vivienda cuenta con rutinas, capacidades y necesidades singulares, y en este sentido la tecnología debe adecuarse a la vida cotidiana de las familias y no convertirse en un peso o un esfuerzo más en la gestión de las tareas cotidianas. Al respecto, Fleiß et al. (2023), señalan que la adopción de tecnologías energéticas inteligentes depende de la actitud del usuario y de la facilidad de uso percibida.

4.3.4 Fundamento de la propuesta

La propuesta se apoya en la triangulación de la información obtenida en las entrevistas a hogares, los aportes de los expertos y los referentes académicos revisados. Desde los hogares se identifican necesidades relacionadas con el ahorro, la comprensión del consumo y el uso de herramientas fáciles de manejar. Desde los expertos se reconocen condiciones técnicas, económicas, operativas y de seguridad que deben revisarse antes de recomendar una solución IoT. Desde la gerencia de proyectos se retoma la necesidad de ordenar alcance, recursos, interesados, riesgos, comunicación y seguimiento. Según Hanisch et al. (2023), la gobernanza digital requiere coordinación, control, confianza e incentivos entre actores vinculados por tecnologías digitales.

Este fundamento permite entender que la propuesta no nace solo de una necesidad tecnológica. También surge de reconocer el hogar como un espacio donde las personas consumen energía, toman decisiones, tienen rutinas y pueden aceptar o rechazar una herramienta nueva. Por eso, una futura implementación IoT debe considerar la infraestructura disponible, la confianza del usuario, la claridad de la información y el acompañamiento durante el uso. La triangulación permite unir la experiencia diaria de los hogares con la mirada técnica de los expertos y los criterios de gestión del proyecto. En este sentido, Park (2023) plantea que los sistemas IoT pueden entregar información útil para mejorar la eficiencia energética en viviendas.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

4.3.5 Fases gerenciales para la implementación de la propuesta

La propuesta se organiza en fases gerenciales orientadas a guiar la posible incorporación de un sistema IoT para la optimización energética en hogares de Medellín. Estas fases permiten ordenar el proceso desde el reconocimiento de las condiciones de la vivienda hasta el seguimiento del uso de la tecnología. De esta manera, la propuesta no se queda en la recomendación de dispositivos, pues también considera la preparación del usuario, la gestión de riesgos, la seguridad de la información y la revisión de los beneficios percibidos por los hogares. De acuerdo con International Organization for Standardization (2020), la gestión de proyectos permite dirigir iniciativas mediante actividades de planeación, seguimiento, control y cierre, según las condiciones de cada proyecto.

En primer lugar, se plantea una fase de diagnóstico del hogar, orientada a reconocer cómo se usa la energía en la vivienda, cuáles son los equipos eléctricos de mayor uso, en qué momentos se consume más energía, cómo se encuentra la conectividad y qué disposición tiene la familia frente al uso de tecnología. Esta fase permite partir de la realidad del hogar y no de supuestos generales. Luego, se propone una fase de planeación, en la cual se organizan los recursos, los actores, las responsabilidades, los posibles riesgos y las condiciones necesarias para que la implementación pueda ser comprendida y aceptada. A este respecto, Chen et al. (2024), señalan que los sistemas de hogar inteligente deben responder a necesidades cotidianas de uso, seguridad, confianza y facilidad de operación.

A partir de allí, la propuesta contempla la selección de una tecnología sencilla y accesible. Esta fase busca que el sistema pueda ser usado por personas sin conocimientos técnicos avanzados y que entregue información clara sobre el consumo energético del hogar. La tecnología seleccionada debe ajustarse a viviendas comunes, evitar procesos complejos y ofrecer datos que el usuario pueda interpretar con facilidad. Bajo esta línea, Park (2023), plantea que los sistemas IoT orientados al ahorro energético pueden apoyarse en sensores útiles y en el análisis de datos del hogar, siempre que el diseño evite componentes innecesarios. Por ello, la elección tecnológica debe responder a las condiciones reales de uso.

Del mismo modo, la propuesta contemplaba una fase de formación y acompañamiento para el usuario, ya que los hogares han de ser conscientes de cómo funciona el sistema, cómo revisar la

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

información y qué actuaciones pueden llevar a cabo para mejorar el consumo. Esta fase deberá ser llevada a término con un lenguaje sencillo, a partir de ejemplos cercanos y ofreciendo una orientación práctica, de forma que la tecnología pase a ser percibida como un recurso más dentro de la rutina familiar. En la misma línea, Fleiß et al. (2023), argumentan que la implementación de las tecnologías energéticas inteligentes está relacionada con la facilidad de uso percibida, con la actitud del usuario y con la experiencia previa con tecnologías del hogar.

La ruta también incluye la gestión de riesgos, la seguridad de la información y el seguimiento. En la gestión de riesgos se debe contemplar dificultades como fallas de conectividad, costos de mantenimiento, baja apropiación del sistema, incompatibilidad de equipos o desconfianza del usuario. En cuanto a la seguridad, se requiere proteger la información del hogar mediante autorizaciones claras, acceso restringido y comunicación transparente sobre el uso de los datos. Al respecto, Ramokapane et al. (2022), advierten que los sistemas de gestión energética del hogar pueden generar preocupaciones de privacidad por el uso detallado de datos de consumo. La Tabla 3 sintetiza las fases gerenciales propuestas para orientar la implementación del sistema IoT en hogares de Medellín.

Tabla 3. Ruta gerencial de implementación propuesta

Momento de la propuesta	Actividad principal	Resultado esperado
Diagnóstico	Reconocer condiciones del hogar, consumo percibido, dispositivos utilizados y conectividad.	Comprensión inicial del contexto residencial.
Planeación	Definir alcance, recursos, interesados, riesgos y responsabilidades.	Organización gerencial de la implementación.
Selección tecnológica	Elegir una solución IoT sencilla, accesible y compatible con hogares urbanos.	Tecnología ajustada a las condiciones del usuario.
Capacitación	Explicar al hogar el funcionamiento del sistema y la lectura del consumo.	Usuario preparado para usar la herramienta.
Implementación	Incorporar el sistema de manera ordenada, con acompañamiento técnico y gerencial.	Sistema integrado a la dinámica del hogar.
Seguimiento	Revisar uso, comprensión, dificultades y percepción de utilidad.	Información para ajustar y mejorar la propuesta.
Evaluación	Valorar beneficios, aceptación, seguridad y continuidad del sistema.	Recomendaciones para fortalecer la implementación.

Nota. Elaboración propia.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

4.3.6 Actores involucrados

La propuesta requiere la participación de los hogares como usuarios finales, porque son quienes conocen sus rutinas, identifican los momentos de mayor uso de energía y deciden si aceptan o no la tecnología. También debe participar el gestor del proyecto, encargado de organizar actividades, responsabilidades, comunicación y seguimiento. A esto se suman los proveedores tecnológicos, quienes aportan la solución IoT; los técnicos de apoyo, responsables de revisar condiciones de instalación y mantenimiento; y posibles aliados del sector energético o académico, que pueden acompañar la valoración del proceso. De acuerdo con Tak et al. (2023), la aceptación de tecnologías inteligentes depende de la confianza, la facilidad de uso, la utilidad percibida y la interacción con el usuario.

La articulación de actores permite que la propuesta no esté únicamente sujeta a los dispositivos, también precisa una relación ordenada entre quienes diseñan, aplican, usan y revisan la solución. Los hogares aportan sus necesidades reales; los técnicos verifican condiciones operativas; los proveedores se hacen responsables del funcionamiento; el gestor organiza el proceso; los aliados académicos o energéticos pueden tener la posibilidad de ayudar con la lectura de resultados. Así, la propuesta se entiende como una acción compartida y no como una intervención aislada. Bajo esta mirada, Billanes y Enevoldsen (2022), explican que la adopción de tecnologías energéticas inteligentes se relaciona con facilidad de uso, actitud, confianza, conocimiento, conciencia e influencia social.

4.3.7 Criterios de viabilidad

La viabilidad de la propuesta debe analizarse desde criterios técnicos, económicos, sociales, operativos y éticos. Desde el punto de vista técnico, la revisión de la conectividad, el estado de la red eléctrica y la compatibilidad de los dispositivos; desde el punto de vista económico, la determinación de si el sistema puede ser asumido por las casas sin asumir una carga excesiva; desde el punto de vista social, la consideración de la voluntad del usuario, su confianza y su conocimiento de la herramienta; desde el punto de vista operativo, la consideración de si el sistema es fácil de usar y de mantener. En este sentido, Gumz y Fettermann (2023) reconocen que

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

la aceptación de los medidores inteligentes depende tal y como de beneficios mejor gestión de la energía, como de barreras costes, ignorancia y seguridad.

El criterio ético también debe incluirse, porque un sistema IoT puede manejar información asociada con hábitos, horarios y comportamientos del hogar. Por ello, la viabilidad no debe limitarse a saber si la tecnología funciona, también debe revisar si los usuarios confían en ella, comprenden sus beneficios y aceptan el manejo de sus datos. Una solución viable debe ser segura, comprensible, accesible y útil para la vida diaria. En esta misma línea, Tak et al. (2023), muestran que la privacidad y la transparencia influyen en la confianza del usuario frente a tecnologías inteligentes del hogar, lo cual confirma la necesidad de integrar estos criterios dentro de la propuesta gerencial.

4.3.8 Síntesis de la propuesta

La propuesta gerencial plantea una ruta organizada para orientar la implementación de tecnología IoT en hogares de Medellín, partiendo del reconocimiento de las condiciones reales de las viviendas y de las necesidades de los usuarios. Desde la gestión del proyecto se pretende que la implementación siga un orden mediante diagnóstico, planificación, selección de la tecnología, formación, acompañamiento, gestión de riesgos, seguridad de datos y seguimiento. Su objetivo será, realizar una adopción, clara, controlada y orientada hacia el hogar. Tal como ha afirmado Koltsaklis et al. (2022), los sistemas de gestión de la energía en las casas inteligentes pueden contribuir al hecho de que el consumidor vea un papel más activo en el uso eficiente de la energía.

De esta forma, la propuesta satisface el objetivo de extraer las orientaciones estratégicas desde un punto de vista gerencial a la hora de implementar un sistema inteligente fundamentado en tecnología IoT en los hogares de Medellín el valor parte de articular las demandas que se fueron identificando en los hogares con los criterios técnicos establecidos por los expertos y con una ruta de gestión que minimice la toma de decisiones improvisadas. Por último, la propuesta asume que la tecnología solamente será beneficiosa si las familias la comprenden y la aceptan, si son capaces de integrarla dentro de sus rutinas. Según Billanes y Enevoldsen (2022), aspectos como la facilidad de uso, la actitud, la confianza, el conocimiento y la conciencia son factores que influyen en la voluntad de adoptar tecnologías energéticas inteligentes en las viviendas.

5. DISCUSIÓN

Este capítulo interpreta los resultados obtenidos en relación con los antecedentes, teorías y referentes académicos desarrollados en el marco de referencia. La discusión permite contrastar lo expresado por hogares y expertos con los aportes de autores vinculados con gerencia de proyectos, sistemas inteligentes, aceptación tecnológica, difusión de innovaciones y gestión energética residencial. De esta manera, el análisis busca explicar su significado dentro del problema de investigación. Asimismo, este capítulo permite identificar coincidencias, tensiones y aportes que fortalecen la pertinencia de una propuesta gerencial orientada a implementar tecnología IoT en hogares de Medellín.

La discusión de resultados se organiza de acuerdo con los objetivos específicos de la investigación, con el fin de interpretar los principales hallazgos obtenidos en las entrevistas aplicadas a hogares de Medellín y a expertos. En este apartado, los resultados se analizan en relación con los antecedentes, las bases teóricas y el marco normativo desarrollado en el trabajo. De esta forma, la discusión permite comprender cómo los elementos asociados al consumo energético, las condiciones de implementación de tecnología IoT y las orientaciones estratégicas desde la gerencia de proyectos se articulan para dar respuesta al objetivo general de diseñar una propuesta gerencial para la implementación de un sistema inteligente en hogares de Medellín.

Iniciando por los resultados del primer objetivo evidencian que los hogares asocian el consumo energético con electrodomésticos de uso permanente y dispositivos tecnológicos cotidianos, especialmente nevera, lavadora, televisor, computadores y celulares. Este hallazgo coincide con El (2021), quien explica que los hogares inteligentes integran medición y control para mejorar el desempeño energético doméstico. De manera complementaria, Prieto et al. (2021), ubican las tecnologías de información como soporte para ajustar el consumo desde el usuario final, mientras Liu et al. (2021), relacionan dispositivos, redes y estrategias de control dentro de entornos residenciales conectados. La coincidencia permite interpretar que los hogares reconocen los elementos de consumo, pero aún requieren herramientas que traduzcan ese reconocimiento en gestión energética concreta.

Las respuestas también muestran que los hogares identifican horarios de mayor consumo, aunque dicha identificación surge de la experiencia cotidiana y no de mediciones técnicas. Este

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

resultado dialoga con Anvari et al. (2022), quienes advierten que los perfiles de carga residencial presentan variaciones que requieren datos de mayor precisión para interpretar la demanda doméstica. En esta misma dirección, McRae (2023), evidencia que el consumo eléctrico residencial cambia según condiciones del hogar y factores socioeconómicos, mientras Hakawati et al. (2024), vinculan comportamiento y conocimiento con desempeño energético. La discusión permite establecer que los hogares tienen intuiciones útiles sobre su consumo, pero estas no reemplazan la necesidad de información objetiva y comprensible para tomar decisiones.

El conocimiento limitado sobre el consumo interno de la vivienda constituye uno de los hallazgos más importantes, porque los participantes reconocen el valor de la factura, pero desconocen qué equipo o práctica genera mayor gasto. Este resultado se relaciona con Muñoz et al. (2022), quienes muestran que los medidores IoT pueden registrar variables eléctricas y apoyar el control de cargas. Bajo esta línea, Condon et al. (2023), demuestran que una arquitectura Cloud-IoT permite monitorear consumos y controlar equipos residenciales, mientras Jo et al. (2024), plantean que los HEMS pueden gestionar electrodomésticos conectados mediante datos operativos. La discusión evidencia que la factura informa el costo final, pero no orienta suficientemente la gestión energética cotidiana.

El bajo uso previo de tecnologías inteligentes expresa una distancia entre interés, conocimiento y acceso. Este hallazgo coincide con Valencia et al. (2023), quienes identifican que la adopción de hogares inteligentes depende de utilidad percibida, facilidad de uso, confiabilidad y costo. En este sentido, Basarir et al. (2022), defienden que la aceptación está mediada por los impulsores y las barreras ligadas con el beneficio, la complejidad y la seguridad, y Yang et al. (2021), relacionan la intención de adopción con el conocimiento, el riesgo percibido y la conciencia ambiental. La discusión hace posible ver que los hogares presentaban una perspectiva positiva frente al IoT, pero la aceptaban condicionando su adopción a que su experiencia fuese sencilla, segura y económicamente razonable.

De este modo, los resultados provenientes del primer objetivo permiten comprender que no se puede abordar solamente desde la instalación tecnológica el consumo energético residencial, ya que los hogares necesitan una información clara, comprensión del sistema y acompañamiento para modificar prácticas. Este análisis se articula con Davis (1989), quien plantea que la utilidad percibida y la facilidad de uso inciden en la aceptación tecnológica. En esta dirección, Marikyan

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

et al. (2021), muestran que las creencias y valores de los usuarios influyen en el uso de tecnologías inteligentes en el hogar, mientras Rogers (2003), ayuda a comprender que la adopción depende de compatibilidad, complejidad, posibilidad de prueba y observación de beneficios. Así, el resultado confirma que la apropiación tecnológica debe considerar al usuario.

Continuando con los resultados obtenidos del segundo objetivo permiten entender que para los expertos la existencia de la viabilidad es posible mediante la implementación de sistemas IoT en los hogares urbanos de Medellín, aunque la viabilidad dependa de la conectividad, de los costes, del estado de la red eléctrica, de la compatibilidad con dispositivos y de la aceptación del usuario. Este resultado es coherente con el trabajo de Stojkoska et al. (2021), cuando explican que la automatización del hogar basada en IoT necesita sensores, actuadores, comunicación e interoperabilidad para ser llevada a cabo. En esta misma línea, Condon et al. (2023) evidencian que los sistemas Cloud-IoT permiten la monitorización y el control de las cargas residenciales en situaciones reales, y Colmenares et al. (2024) aportan que las soluciones IoT para el ámbito de la gestión energética deben adaptarse a las condiciones de conectividad y de funcionamiento en un contexto determinado. Por tanto, la viabilidad debe entenderse como una posibilidad que depende del entorno concreto del hogar.

Por lo cual, las exigencias mínimas que indicaban los expertos corroboran que una implementación IoT debe partir de una base técnica. La conexión a internet que funcione durante todo el tiempo, la red eléctrica segura, los puntos de medición, la cobertura WiFi, los tomacorrientes adecuados o la posibilidad de realizar la instalación de sensores o medidores son unas de las respuestas más comunes. Este resultado se encuentra en consonancia con Daza (2024), quien identifica retos técnicos y sociales en la implementación de infraestructura avanzada de medición en Colombia. En tal sentido, Pachón et al. (2024), indican que la medición avanzada permite realizar el monitoreo de recursos energéticos, la detección de ineficiencia y la mejora de la gestión de carga; en línea complementaria, Moreno et al. (2025), indican que los sistemas IoT requieren sensores, comunicación inalámbrica y plataformas de control en tiempo real. La discusión pone de manifiesto que la tecnología requiere de condiciones operativas probadas antes de plantear una implementación.

También, las limitaciones económicas y técnicas que han señalado los expertos vendrían a confirmar que el uso del IoT dependería en parte del interés previo de los hogares. El coste inicial

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

de los equipos, la instalación y el mantenimiento, la mala conectividad, la falta de compatibilidad con los electrodomésticos viejos y la falta de conocimiento del propio usuario restringen el uso del sistema a largo plazo. En esta dirección, al respecto, Basarir et al. (2022) advierten que el precio, la dificultad y la seguridad afectan a la aceptación de las tecnologías de hogar inteligente. A su vez, Guemri et al. (2024), reconocen que las aplicaciones IoT en energía enfrentan desafíos de integración, confiabilidad y protección. Bajo esta perspectiva, Umair et al. (2023) evidencian que las arquitecturas IoT requieren coordinación técnica para lograr ahorro y funcionamiento estable. Por ello, la propuesta gerencial debe contemplar alternativas por fases, soporte técnico, capacitación y criterios de costo-beneficio.

Por ende, los riesgos asociados a la privacidad, la ciberseguridad y la gestión de la información aparecen como un tema que está de forma explícita asociado a los hallazgos. Los expertos subrayaron que los hábitos de consumo podían revelar las rutinas del hogar; por lo que se exige proteger la información, manejar el acceso, introducir claves seguras y evitar que los datos sean compartidos sin autorización. En este sentido, estas conclusiones son congruentes con las de Zhang et al. (2023), cuando advierten de las vulnerabilidades existentes desde el punto de vista de las plataformas, los dispositivos y las comunicaciones en cuanto a los sistemas de hogares inteligentes. En relación con lo anterior, Tran et al. (2025), analizan que la adopción responsable de tecnologías inteligentes se ve afectada por preocupaciones éticas, complejidad y confiabilidad. En esta misma dirección, la Ley 1581 de 2012 establece disposiciones para la protección de datos personales en Colombia. La discusión permite señalar que la propuesta IoT no puede limitarse al monitoreo energético, pues debe garantizar seguridad, autorización y manejo responsable de la información residencial.

La opinión de los expertos pone igualmente de manifiesto la necesidad de pensar la implementación desde criterios de gestión de proyectos. Los participantes recogen que deben definirse el alcance, los costes, el cronograma, los riesgos, los interesados, los responsables, el soporte posterior, la formación, los indicadores de ahorro y el mantenimiento. Este resultado se conecta con Project Management Institute (2021), que propone la dirección de proyectos desde principios, dominios de desempeño, interesados, medición e incertidumbre. En esta dirección, Gonçalves et al. (2023) vinculan la gerencia de proyectos con competencias, estrategia y transformación digital. A su vez, Martens et al. (2022) identifican que los proyectos IoT requieren

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

acciones frente a arquitectura, escalabilidad, soporte, recursos y gestión. La discusión confirma que la implementación residencial debe organizarse como un proyecto y no como una instalación aislada.

Por consiguiente, la triangulación de la información permite reconocer que la propuesta gerencial debe partir de una lectura integrada entre las necesidades de los hogares, los criterios de los expertos y los referentes teóricos del estudio. Los hogares manifestaron la necesidad de una solución para comprender el consumo energético que fuera sencilla, clara y utilizable. Por su parte, los expertos destacaron la importancia de planear alcance, costos, riesgos, interesados, capacitación y soporte; este cruce se articula con Project Management Institute (2021), que orienta la gestión de proyectos hacia crear valor e irse ocupando de los interesados; con Davis (1989), que enfatiza la utilidad percibida y la facilidad de uso; y con Rogers (2003), que permite entender los procesos de adopción de innovaciones.

Teniendo en cuenta que la triangulación también evidencia que la aceptación del sistema IoT dependerá de la confianza que logre generar en los hogares. En los resultados, varios participantes manifestaron preocupación por el costo, la privacidad, la instalación y la comprensión de la información entregada por el sistema. Los expertos, por su parte, señalaron riesgos relacionados con conectividad, compatibilidad, seguridad de datos, mantenimiento y baja adopción. Esta relación dialoga con Zhang et al. (2023), quienes advierten riesgos de seguridad en hogares inteligentes; con Attié y Meyer (2022), quienes vinculan la aceptación de objetos conectados con beneficios y preocupaciones de privacidad; y con Basarir et al. (2022), quienes identifican costo, complejidad, seguridad y confianza como factores decisivos para adoptar tecnologías de hogar inteligente.

Por último, el cruce entre fuentes permite establecer que las orientaciones estratégicas deben centrarse en condiciones prácticas de implementación y no únicamente en las capacidades técnicas del sistema como se observa en la Tabla 4. Los hogares necesitan ahorro, simplicidad, justificaciones y evidencias de beneficios y los especialistas sugieren conectar coste-beneficio, conectividad, seguridad, indicadores de ahorro y sostenibilidad del sistema. Este resultado va en línea con Muñoz et al. (2022), que proponen la aplicación de medidores IoT para control energético, con Chou et al. (2024), que sugieren la validación de sistemas IoT en el doméstico y con Zwikael y Huemann (2023), sugiriendo, gestionar beneficios a partir de impactos demostrables

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

para usuarios y la sociedad. Así, la propuesta debe apoyarse en valor, claridad, seguridad y seguimiento.

Tabla 4. Síntesis integrada de resultados

Eje de análisis	Resultados en hogares	Resultados en expertos	Relación con el marco teórico	Orientación estratégica derivada
Facilidad de uso y comprensión del sistema	Los hogares solicitan información clara, lenguaje sencillo y una solución que pueda ser usada por cualquier integrante de la familia.	Los expertos señalan que la aceptación depende de capacitación, soporte inicial y acompañamiento durante el uso.	Davis (1989) sostiene que la utilidad percibida y la facilidad de uso inciden en la aceptación tecnológica.	Diseñar una solución con lenguaje claro, interfaz simple y acompañamiento básico para los usuarios.
Viability de implementación	Los hogares manifiestan dudas sobre instalación, compatibilidad con electrodomésticos y funcionamiento con internet.	Los expertos identifican como condiciones mínimas la conectividad, red eléctrica segura, dispositivos compatibles y soporte técnico.	Project Management Institute (2021) permite organizar alcance, recursos, riesgos e interesados para estructurar la implementación.	Definir criterios técnicos previos para verificar condiciones de conectividad, instalación y operación residencial.
Costos y beneficios esperados	Los hogares condicionan su aceptación a que el sistema sea económico y ayude realmente a reducir la factura.	Los expertos recomiendan evaluar inversión inicial, mantenimiento, ahorro esperado y costo-beneficio.	Zwikael y Huemann (2023) plantean que la gestión de beneficios debe enfocarse en impactos verificables.	Incorporar criterios de costo-beneficio e indicadores simples para evidenciar ahorro energético.
Seguridad y protección de datos	Los hogares expresan preocupación por privacidad, uso de información del hogar y posibles fallas del sistema.	Los expertos recomiendan medidas de ciberseguridad, protección de datos, control de accesos y autorización del usuario.	Zhang et al. (2023) advierten riesgos de seguridad en plataformas, dispositivos y comunicaciones de hogares inteligentes.	Incluir lineamientos de seguridad, manejo responsable de datos y consentimiento informado del usuario.
Apropiación y sostenibilidad del uso	Los hogares señalan que usarían el sistema si resulta práctico, útil y no genera complicaciones.	Los expertos advierten riesgo de baja adopción cuando no hay capacitación, soporte o beneficios visibles.	Rogers (2003) explica que la adopción depende de compatibilidad, complejidad, posibilidad de prueba y observabilidad.	Promover una apropiación progresiva basada en utilidad visible, comunicación de beneficios y soporte continuo.

Nota. Elaboración propia.

6 CONCLUSIONES

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que los hogares de Medellín reconocen los principales elementos asociados al consumo energético, especialmente aquellos vinculados con el uso cotidiano de nevera, lavadora, televisor, computadores, celulares y otros dispositivos eléctricos. Sin embargo, este reconocimiento se construye desde la experiencia diaria y desde el valor mensual de la factura, más que desde una medición precisa del consumo. Por ello, aunque los hogares manifiestan interés en ahorrar energía y controlar mejor sus gastos, todavía existe una brecha entre la intención de uso eficiente y la información disponible para tomar decisiones domésticas fundamentadas.

Respecto al segundo objetivo específico, se concluye que la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín es posible siempre que se consideren condiciones técnicas, económicas y sociales. Los expertos indicaron que para que la solución IoT para hogares sea viable, la conectividad, la seguridad de la red eléctrica, la compatibilidad de dispositivos, la asistencia técnica, la protección de datos y la relación costo-efecto son áreas que resultan determinantes. De manera complementaria, la adopción de la tecnología depende de asegurar que la solución sea asequible, segura, comprensible, y adecuada a las características reales de los hogares.

En relación con el tercer objetivo específico, se concluye que las orientaciones estratégicas para implementar la tecnología IoT se deben construir a partir de los inputs aportados por los hogares y los expertos. Los datos permiten concluir que es necesario priorizar la facilidad de uso, la claridad de la información, el acompañamiento del usuario, la seguridad de datos, la medición del ahorro y el monitoreo del funcionamiento del sistema. Estos insumos permiten orientar una propuesta gerencial que contemple la experiencia del usuario, las gestiones de riesgos, la supervivencia operativa y la generación de valor para los hogares de Medellín.

En términos generales, la investigación permite afirmar que una propuesta de gestión para la implementación de un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín es pertinente porque resulta ser una necesidad vista en la población en estudio; es decir, el conocer, controlar y mejorar el consumo energético residencial. El estudio evidencia que los hogares tienen disposición frente a soluciones inteligentes, siempre que estas sean claras, económicas, seguras y

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

útiles. Asimismo, confirma que la gerencia de proyectos aporta una ruta ordenada para articular tecnología, usuarios, condiciones técnicas y criterios de viabilidad, favoreciendo una implementación más coherente con el contexto residencial.

7 RECOMENDACIONES

Se recomienda que la propuesta gerencial para implementar tecnología IoT en hogares de Medellín parta de un diagnóstico inicial de las condiciones residenciales, considerando conectividad, estado de la red eléctrica, uso de dispositivos, hábitos de consumo y nivel de conocimiento de los usuarios. Este diagnóstico permitiría reconocer si los hogares cuentan con condiciones mínimas para adoptar soluciones inteligentes y evitaría formular una propuesta desconectada de la realidad doméstica. Además, resulta conveniente que la solución sea sencilla, clara y comprensible, de modo que pueda ser utilizada por diferentes integrantes del hogar sin requerir conocimientos técnicos especializados.

Se recomienda incorporar estrategias de capacitación y acompañamiento dirigidas a los hogares, debido a que los resultados evidencian dudas sobre el funcionamiento, la utilidad, la instalación y el manejo de la información generada por un sistema IoT. Estas acciones deberían dar explicación de manera práctica de qué forma son los datos de consumo, qué forma de mayor gasto tienen los equipos, cómo tomar decisiones en la vida diaria con el fin de propiciar el ahorro de energía, así como que la propuesta contemple soporte técnico, desarrollo de instrucciones muy bien estructuradas y el desarrollo de mecanismos de atención, tal y como aquellos que refuerzan la confianza de los usuarios e impiden posibles resistencias tecnológicas.

Se aconseja que otras investigaciones se centren en el análisis de la viabilidad económico, técnica y operativa de la incorporación de sistemas de IoT en las viviendas para la gestión del consumo energético. Para dicha indagación sería interesante conocer a fondo qué costes suponen la adquisición, la puesta en marcha, el mantenimiento y el soporte de soluciones para la conectividad, la seguridad eléctrica y la compatibilidad de dispositivos. También se considera necesario tener en cuenta aspectos sobre la protección de datos, la viabilidad económica del sistema y la determinación de indicadores que midan el ahorro energético conseguido, ya que estos aspectos pueden ayudar a mejorar futuras propuestas gerenciales de aplicación de tecnologías inteligentes en las ciudades.

Referencias

- Aghazadeh Ardebili, A., Zappatore, M., Ramadan, A. I. H. A., Longo, A., y Ficarella, A. (2024). Digital twins of smart energy systems: A systematic literature review on enablers, design, management and computational challenges. *Energy Informatics*, 7, 94. <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00385-5>
- Anvari, M., Proedrou, E., Schäfer, B., Beck, C., Kantz, H., y Timme, M. (2022). Data-driven load profiles and the dynamics of residential electricity consumption. *Nature Communications*, 13, 4593. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31942-9>
- Attié, E., y Meyer-Waarden, L. (2022). The acceptance and usage of smart connected objects according to adoption stages: An enhanced technology acceptance model integrating the diffusion of innovation, uses and gratification and privacy calculus theories. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121485. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121485>
- Bagdadee, A. H., Islam, M., y Zhang, L. (2025). Empowering smart homes by IoT-driven hybrid renewable energy integration for enhanced efficiency. *Scientific Reports*, 15, 41491. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-25328-2>
- Ball, C. S., y Degischer, D. (2024). IoT implementation for energy system sustainability: The role of actors and related challenges. *Utilities Policy*, 90, 101769. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101769>
- Basarir-Ozel, B., Turan, A. H., y Akman, I. (2022). Identifying the key drivers and barriers of smart home adoption: A thematic analysis from the business perspective. *Sustainability*, 14(15), 9053. <https://doi.org/10.3390/su14159053>
- Bertalanffy, L. von. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller.
- Billanes, J., y Enevoldsen, P. (2022). Influential factors to residential building occupants' acceptance and adoption of smart energy technologies in Denmark. *Energy and Buildings*, 276, 112524. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112524>
- Chen, Y., Zhang, H., y Zhong, S. (2024). Design and implementation of smart home system based on IoT. *Results in Engineering*, 24, 103410. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103410>
- Chou, J. S., Tran, D. S., y Ngo, N. T. (2024). State-of-the-art and real-time implementation of an IoT-based home energy management system. *Heliyon*, 10(23), e40557. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40557>
- Colmenares-Quintero, R. F., Baquero-Almazo, M., Kasperczyk, D., Stansfield, K. E., y Colmenares-Quintero, J. C. (2024). Analysis of IoT technologies suitable for remote areas in Colombia: Conceptual design of an IoT system for monitoring and managing distributed

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

- energy systems. *Cleaner Engineering and Technology*, 21, 100783. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100783>
- Condon, F., Martínez, J. M., Eltamaly, A. M., Kim, Y.-C., y Ahmed, M. A. (2023). Design and implementation of a Cloud-IoT-based home energy management system. *Sensors*, 23(1), 176. <https://doi.org/10.3390/s23010176>
- Congreso de Colombia. (2001). *Ley 697 de 2001, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 44.573. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4449>
- Congreso de Colombia. (2009). *Ley 1341 de 2009, por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones TIC, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 47.426. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>
- Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1581 de 2012, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Diario Oficial No. 48.587. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>
- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Diario Oficial No. 49.150. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Congreso de Colombia. (2021). *Ley 2099 de 2021, por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético y el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible*. Diario Oficial No. 51.731. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>
- Cortés Caicedo, B. (2023). *Estrategia de optimización para la ubicación, selección y operación de sistemas de almacenamiento en microrredes eléctricas* [Tesis de maestría, Institución Universitaria ITM]. Repositorio Institucional ITM. <https://hdl.handle.net/20.500.12622/5990>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/research-design/book237357>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Daza Davalos, C. E. (2024). *Diagnóstico y propuestas: Desafíos en la implementación de infraestructura avanzada de medición AMI en Colombia* [Trabajo de grado de maestría, Universidad del Rosario]. Repositorio Institucional Universidad del Rosario. https://doi.org/10.48713/10336_44753

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

- El-Azab, R. (2021). Smart homes: Potentials and challenges. *Clean Energy*, 5(2), 302–315. <https://doi.org/10.1093/ce/zkab010>
- Enam, R. N., Mustafa, S. M. N., Akbar, M., Khan, I., Asif, M., y Khalid, A. (2022). Implementation of a smart energy meter using blockchain and Internet of Things: A step toward energy conservation. *Frontiers in Energy Research*, 10, 1029113. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.1029113>
- Escobar Soto, J. A. (2025). *Plataforma web de Internet de las cosas para entornos educativos* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional Universidad EAFIT. <https://hdl.handle.net/10784/35422>
- Fleiß, E., Hatzl, S., y Rauscher, J. (2023). Smart energy technology: A survey of adoption by individuals and the enabling potential of the technologies. *Technology in Society*, 75, 102409. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102409>
- Gaviria Méndez, S. F. (2023). *Estudio de prefactibilidad de un negocio de operador móvil virtual de soluciones Machine-to-Machine y aplicaciones de IoT, en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional Universidad EAFIT. <http://hdl.handle.net/10784/32273>
- Gonçalves, R. F., Penha, R., Silva, L. F., Martens, C. D. P., y Silva, V. F. (2023). The relationship between project management and digital transformation: Systematic literature review. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 24(4), eRAMR230075. <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMR230075.en>
- Gøthesen, S., Haddara, M., y Kumar, K. N. (2023). Empowering homes with intelligence: An investigation of smart home technology adoption and usage. *Internet of Things*, 24, 100944. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100944>
- Guemri, R., Chikhi, S., y Benyettou, A. (2024). IoT in energy: A comprehensive review of technologies, applications, and challenges. *Peer-to-Peer Networking and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s12083-024-01725-8>
- Gumz, J., y Fettermann, D. C. (2023). Better deployments come with acceptance: An investigation of factors driving consumers' acceptance of smart meters. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 10, 23–35. <https://doi.org/10.1007/s40518-023-00208-3>
- Hakawati, B., Mousa, A., y Draidi, F. (2024). Smart energy management in residential buildings: The impact of knowledge and behavior. *Scientific Reports*, 14, 1702. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51638-y>
- Hanisch, M., Goldsby, C. M., Fabian, N. E., y Oehmichen, J. (2023). Digital governance: A conceptual framework and research agenda. *Journal of Business Research*, 162, 113777. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113777>

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Himeur, Y., Ghanem, K., Alsalemi, A., Bensaali, F., y Amira, A. (2021). Artificial intelligence based anomaly detection of energy consumption in buildings: A review, current trends and new perspectives. *Applied Energy*, 287, 116601. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116601>
- International Organization for Standardization. (2020). *ISO 21502:2020: Project, programme and portfolio management—Guidance on project management*. <https://www.iso.org/standard/74947.html>
- Jo, H.-C., Park, H.-A., Kwon, S.-Y., y Cho, K.-H. (2024). Home energy management systems with optimal energy management of home appliances using IoT. *Energies*, 17(12), 3009. <https://doi.org/10.3390/en17123009>
- Khan, M. M. U., Iqbal, J., Amin, S., Kim, D.-H., y Kim, Y.-J. (2024). Optimizing energy efficiency and comfort in smart homes through predictive optimization: A case study with indoor environmental parameter consideration. *Energy Reports*, 12, 3421–3436. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.08.063>
- Koltsaklis, N. E., Panapakidis, I. P., Christoforidis, G. C., y Knápek, J. (2022). Smart home energy management processes support through machine learning algorithms. *Energy Reports*, 8, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.033>
- Korsgaard, H., Dalsgaard, P., y Halskov, K. (2023). Diffusion of the Internet-of-Things: A framework based on smart technologies. *Telematics and Informatics*, 84, 102041. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2023.102041>
- Liu, Y., Yu, H., Huang, T., & Li, Y. (2021). Smart home energy management systems in Internet of Things networks for green cities demands and services. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101443. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101443>
- Liu, Z., Lu, Y., Peh, L. C., y Xue, F. (2023). Fostering digitalization of construction projects through integration: A conceptual project governance model. *Buildings*, 13(3), 825. <https://doi.org/10.3390/buildings13030825>
- Marikyan, D., Papagiannidis, S., y Alamanos, E. (2021). Smart home sweet smart home: An examination of smart home acceptance. *International Journal of E-Business Research*, 17(2), 1–23. <https://doi.org/10.4018/IJEBR.2021040101>
- Marnewick, C., y Marnewick, A. L. (2025). Digital transformation in project management: A systematic review and research agenda. *Systems*, 13(8), 625. <https://doi.org/10.3390/systems13080625>

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

- Martens, C. D. P., Silva, L. F., Silva, D. F., y Martens, M. L. (2022). Challenges in the implementation of internet of things projects and actions to overcome them. *Technovation*, 118, 102427. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102427>
- McRae, S. (2023). Residential electricity consumption and adaptation to climate change by Colombian households. *Economics of Disasters and Climate Change*, 7, 253–279. <https://doi.org/10.1007/s41885-023-00131-3>
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Decreto 1073 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía*. Diario Oficial No. 49.523. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77887>
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). *Resolución 40156 de 2022, por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2022-2030 para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía PROURE*. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40156_2022.htm
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Resolución 40117 de 2024, por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE*. https://www.minenergia.gov.co/documents/11563/Resoluci%C3%B3n_40117_de_2024.pdf
- Mischos, S., Dalagdi, E., y Vrakas, D. (2023). Intelligent energy management systems: A review. *Artificial Intelligence Review*, 56, 11635–11674. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10441-3>
- Moreno Arrieta, F. J., Vides Herrera, C. A., Roperó Castillo, C. C., Ramón Valencia, J. D., y Ruiz Ayala, D. C. (2025). Sistema para la eficiencia energética en edificaciones educativas utilizando tecnologías IoT. *Prospectiva*, 23(1). <https://doi.org/10.15665/rp.v23i1.3768>
- Moudgil, V., Hewage, K., Hussain, S. A., y Sadiq, R. (2023). Integration of IoT in building energy infrastructure: A critical review on challenges and solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 174, 113121. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113121>
- Muñoz, O., Ruelas, A., Rosales, P., Acuña, A., Suastegui, A., y Lara, F. (2022). Design and development of an IoT smart meter with load control for home energy management systems. *Sensors*, 22(19), 7536. <https://doi.org/10.3390/s22197536>
- Nascimento, D. R., y Fettermann, D. C. (2023). The acceptance of smart home technologies: A literature review of benefits and barriers perceived by users. *Contemporary Management Research*, 19(2), 107–129. <https://doi.org/10.7903/cmr.22539>
- Ochoa Restrepo, C. C. (2023). *Modelo de gestión de innovación sostenible en empresas consultoras del sector eléctrico de Medellín. Caso de estudio: HVM Ingenieros Ltda* [Tesis de maestría, Institución Universitaria ITM]. Repositorio Institucional ITM. <https://hdl.handle.net/20.500.12622/6261>

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

- Oquendo Correa, V. M. (2023). *Plan de adopción tecnológica de un sistema Waste to Energy como alternativa sostenible en el tratamiento de residuos sólidos urbanos aplicable a Medellín* [Tesis de maestría, Institución Universitaria ITM]. Repositorio Institucional ITM. <https://hdl.handle.net/20.500.12622/5995>
- Pachón Hernández, M., Carvajal Quintero, S. X., y Marín Jiménez, J. D. (2024). Esquemas de eficiencia energética usando infraestructura de medición avanzada en Colombia para demanda concentrada. *Simposio Internacional sobre la Calidad de la Energía Eléctrica, 11*. <https://doi.org/10.15446/sicel.v11.110267>
- Park, S. (2023). Machine learning-based cost-effective smart home data analysis and forecasting for energy saving. *Buildings, 13*(9), 2397. <https://doi.org/10.3390/buildings13092397>
- Pérez, C. S. (2025). *Optimización energética doméstica: Análisis de consumo y eficiencia con Big Data para ciudades sostenibles* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/67206>
- Prieto González, L., Fensel, A., Gómez Berbís, J. M., Popa, A., y de Amescua Seco, A. (2021). A survey on energy efficiency in smart homes and smart grids. *Energies, 14*(21), 7273. <https://doi.org/10.3390/en14217273>
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge and the standard for project management* (7th ed.). Project Management Institute.
- Raju, M. P., Sagar, E. S., y Laxmi, A. J. (2022). AI powered IoT based home energy management system towards DG integration. *Procedia Computer Science, 215*, 846–855. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.087>
- Ramokapane, K. M., Bird, C., Rashid, A., y Chitchyan, R. (2022). Privacy design strategies for home energy management systems (HEMS). En *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3491102.3517515>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Shah, S. A., y Mishra, S. (2025). Future of energy management models in smart homes: A systematic literature review. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series B*. <https://doi.org/10.1007/s41660-025-00506-x>
- Shyni, S. M., Manimegalai, P., y Venkatesh, K. (2024). Smart energy management: Real-time prediction and optimization for IoT-enabled smart homes. *Cogent Engineering, 11*(1), 2390674. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2390674>
- Simard, M., y Aubry, M. (2025). The project management office's active participation in a digital transformation: A trajectory full of twists and turns. *Project Management Journal, 56*(1), 124–140. <https://doi.org/10.1177/87569728241242029>

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

- Stojkoska, B. L. R., Trivodaliev, K. V., y Davcev, D. (2021). An IoT-based smart home automation system. *Sensors*, 21(11), 3784. <https://doi.org/10.3390/s21113784>
- Tak, A. N., Becerik-Gerber, B., Soibelman, L., y Lucas, G. (2023). A framework for investigating the acceptance of smart home technologies: Findings for residential smart HVAC systems. *Building and Environment*, 245, 110935. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110935>
- Tran, A., Pallant, J. I., Johnson, L. W., y White, K. M. (2025). Responsible smart home technology adoption: Exploring public concerns using social media analytics. *Internet of Things*, 31, 101536. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2025.101536>
- Umair, M., Cheema, M. A., Afzal, B., y Shah, G. (2023). Energy management of smart homes over fog-based IoT architecture. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 39, 100898. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2023.100898>
- Valencia-Arias, A., Cardona-Acevedo, S., Gómez-Molina, S., Gonzalez-Ruiz, J. D., y Valencia, J. (2023). Smart home adoption factors: A systematic literature review and research agenda. *PLOS ONE*, 18(10), e0292558. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292558>
- Yang, H., Lee, H., y Zo, H. (2021). How consumers' adopting intentions towards eco-friendly smart home services are formed: Extending the technology acceptance model. *The Annals of Regional Science*, 67, 35–63. <https://doi.org/10.1007/s00168-021-01082-x>
- Zhang, Y., Tao, X., Zhang, J., y Wang, X. (2023). On the security of smart home systems: A survey. *Journal of Computer Science and Technology*, 38, 272–305. <https://doi.org/10.1007/s11390-023-2488-3>
- Zhou, C., Qian, Y., y Kaner, J. (2024). A study on smart home use intention of elderly consumers based on technology acceptance models. *PLOS ONE*, 19(3), e0300574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300574>
- Zwikael, O., y Huemann, M. (2023). Project benefits management: Making an impact on organizations and society through projects and programs. *International Journal of Project Management*, 41(8), 102538. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2023.102538>

Anexos

Anexo 1.

Guía de entrevista semiestructurada dirigida a hogares de Medellín

Tipo de instrumento: Entrevista semiestructurada.

Duración aproximada: 15 a 20 minutos.

Responsable de la aplicación: Investigador del proyecto.

Datos generales del participante

Nombre o código del participante: _____

Edad: _____

Comuna o sector de residencia: _____

Número aproximado de personas que habitan en el hogar:

Fecha de aplicación: _____

Modalidad de aplicación: Presencial ____ Virtual ____

Preguntas de entrevista

1. ¿Cómo describiría el consumo de energía eléctrica en su hogar durante un mes normal?
2. ¿Cuáles son los dispositivos eléctricos o tecnológicos que más se utilizan en su vivienda?
3. ¿En qué momentos del día considera que se consume más energía en su hogar?
4. ¿Qué acciones realiza actualmente para reducir o controlar el consumo de energía eléctrica?
5. ¿Qué tanto conoce sobre el valor o comportamiento del consumo energético de su vivienda?

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

6. ¿Ha utilizado alguna aplicación, medidor, sensor o dispositivo inteligente para monitorear el consumo de energía en su hogar?
7. ¿Qué opinión tiene sobre el uso de tecnologías inteligentes para controlar o monitorear el consumo energético residencial?
8. ¿Qué beneficios esperaría obtener si su hogar contara con un sistema IoT para monitorear y controlar el consumo de energía?
9. ¿Qué dificultades o preocupaciones tendría frente a la implementación de un sistema IoT en su vivienda?
10. ¿Qué condiciones considera necesarias para aceptar o usar un sistema inteligente de optimización energética en su hogar?
11. ¿Qué tan dispuesto estaría a participar en una propuesta que busque mejorar la gestión del consumo energético mediante tecnología IoT?
12. ¿Qué recomendación haría para que una solución tecnológica de este tipo sea útil y fácil de usar para los hogares de Medellín?

Observaciones: _____

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Anexo 2.

Guía de entrevista semiestructurada dirigida a expertos

Tipo de instrumento: Entrevista semiestructurada.

Duración aproximada: 20 a 30 minutos.

Responsable de la aplicación: Investigador del proyecto.

8 Datos generales del experto

Nombre o código del participante: _____

Profesión o área de formación: _____

Área de experiencia: _____

Años de experiencia aproximados: _____

Institución, empresa o sector de desempeño: _____

Fecha de aplicación: _____

Modalidad de aplicación: Presencial ____ Virtual ____

9 Preguntas de entrevista

1. Desde su experiencia, ¿qué tan viable considera la implementación de sistemas IoT para optimizar el consumo energético en hogares urbanos?
2. ¿Qué condiciones técnicas mínimas debería tener un hogar para implementar un sistema inteligente de monitoreo o control energético?
3. ¿Qué oportunidades ofrece la tecnología IoT para mejorar la gestión del consumo energético residencial?
4. ¿Cuáles podrían ser las principales limitaciones económicas para implementar este tipo de soluciones en hogares de Medellín?
5. ¿Qué barreras técnicas pueden dificultar la instalación, operación o mantenimiento de un sistema IoT residencial?

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

6. ¿Qué riesgos deberían considerarse en una propuesta de implementación de tecnología IoT en hogares?
7. ¿Qué aspectos relacionados con privacidad, seguridad de datos o ciberseguridad deberían contemplarse en este tipo de sistemas?
8. Desde la gerencia de proyectos, ¿qué elementos deberían planearse antes de implementar una solución IoT residencial?
9. ¿Qué actores o interesados deberían participar en una propuesta de este tipo?
10. ¿Qué criterios deberían usarse para evaluar si una propuesta IoT residencial es viable?
11. ¿Qué recomendaciones daría para formular orientaciones estratégicas desde la gerencia de proyectos?
12. ¿Qué aspectos considera indispensables para que los hogares acepten y usen de forma sostenida una tecnología IoT orientada al consumo energético?

Observaciones: _____

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Anexo 3.

Consentimiento informado y autorización de participación

Título de la investigación: Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Yo, _____, identificado/a con documento No. _____, manifiesto que he sido informado/a sobre el propósito de esta investigación, orientada a recolectar información académica relacionada con el consumo energético en hogares, el uso de tecnologías IoT y las condiciones para implementar soluciones inteligentes en Medellín.

Declaro que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme del estudio o abstenerme de responder alguna pregunta si así lo considero. Autorizo el uso académico de la información suministrada, bajo criterios de confidencialidad y protección de mi identidad. La información no será utilizada con fines comerciales ni divulgada de forma individual.

Acepto participar en la entrevista:

Sí ____ No ____

Autorizo el uso académico de mis respuestas:

Sí ____ No ____

Autorizo la grabación de la entrevista solo para fines de transcripción:

Sí ____ No ____

Nombre del participante: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Firma del investigador: _____

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Anexo 4.

Matriz de procesamiento de entrevistas a hogares

Pre gunta asociada	Part icipantes relacionados	Respuesta sintetizada	C ódigo inicial	Categ oría de análisis	Relación con el objetivo específico 1
Con sumo de energía en el hogar	H1, H5, H17, H20	Los hogares perciben que el consumo energético varía mensualmente y, en algunos casos, la factura aumenta sin que los residentes identifiquen con claridad la causa.	V ariación de la factura	Perce pción del consumo energético	Permite identificar que los hogares reconocen el consumo desde el valor de la factura, pero no desde una medición técnica.
Con sumo de energía en el hogar	H2, H6, H9, H15, H16, H19	Algunos hogares reportan consumo medio o alto debido al número de integrantes, trabajo desde casa, uso constante de electrodomésticos y presencia de varios dispositivos conectados.	Al to uso doméstico	Facto res asociados al consumo	Evidencia que el consumo energético está relacionado con rutinas familiares, ocupación de la vivienda y cantidad de equipos eléctricos.
Dis positivos más utilizados	H1- H20	Los dispositivos más mencionados fueron nevera, lavadora, televisor, celulares, computadores, ventiladores, electrodomésticos de cocina y equipos de internet.	E quipos de uso frecuente	Dispo sitivos asociados al consumo	Identifica los elementos del hogar que los participantes asocian directamente con el consumo energético residencial.
Mo mentos de mayor consumo	H1, H4, H7, H10, H16, H20	La noche aparece como uno de los momentos de mayor consumo, debido a que los integrantes del hogar regresan, encienden luces, usan televisión, computadores y cargadores.	C onsumo nocturno	Horar ios críticos de consumo	Permite reconocer patrones temporales asociados al uso de energía en los hogares.
Mo mentos de mayor consumo	H5, H11, H17, H19	La tarde y la noche también se reportan como periodos de mayor consumo, especialmente por actividades domésticas, estudio, trabajo, entretenimiento y uso de ventiladores.	C onsumo tarde- noche	Horar ios críticos de consumo	Muestra que el consumo depende de las rutinas particulares de cada hogar.
Mo mentos de mayor consumo	H2, H9, H12, H18	Algunos hogares identifican la mañana o el mediodía como momentos de mayor consumo por cocina, oficios domésticos, lavado y uso simultáneo de equipos.	C onsumo diurno	Rutin as domésticas de consumo	Evidencia que no existe un único patrón de consumo para todos los hogares.
Acc iones de	H1, H2, H4, H7,	Las acciones de ahorro más frecuentes son apagar luces, desconectar cargadores, usar bombillos ahorradores o LED y evitar dejar equipos encendidos.	A horro básico	Prácti cas domésticas de ahorro	Permite identificar acciones actuales de control energético realizadas sin apoyo tecnológico.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

ahorro actuales	H10, H16, H18, H20				
Conocimiento sobre consumo	H1, H5, H7, H11, H16, H17, H19, H20	La mayoría de los hogares conoce poco sobre su consumo energético. Los participantes revisan principalmente el valor mensual de la factura, pero no identifican qué equipo consume más.	Conocimiento limitado	Breach de información energética	Evidencia una limitación importante para la gestión eficiente del consumo residencial.
Experiencia con tecnologías inteligentes	H1-H20	Los hogares no reportan uso previo de sensores, medidores inteligentes o aplicaciones para monitorear el consumo energético. Algunos solo han escuchado sobre estas tecnologías.	Baja experiencia a tecnológica	Uso de soluciones inteligentes	Permite reconocer que la adopción IoT parte de una experiencia previa limitada.
Opción sobre tecnología IoT	H1, H3, H5, H6, H7, H10, H11, H19, H20	Los participantes consideran útil una tecnología que permita monitorear el consumo, recibir alertas, conocer qué equipos gastan más y mejorar hábitos de ahorro.	Utilidad percibida	Disposición frente a soluciones IoT	Muestra una valoración positiva inicial frente al uso de sistemas inteligentes.
Beneficios esperados	H1, H5, H7, H8, H11, H17, H19, H20	Los hogares esperan ahorrar energía, reducir el valor de la factura, recibir avisos de consumo alto, controlar mejor los aparatos y evitar gastos inesperados.	Ahorro y control	Expectativas de beneficio	Permite identificar los beneficios que podrían favorecer la aceptación de la tecnología IoT.
Dificultades o preocupaciones	H1, H3, H5, H9, H12, H15, H17, H20	Las principales preocupaciones se relacionan con costo, dificultad de instalación, privacidad, mantenimiento, errores de medición y complejidad de uso.	Barreras percibidas	Limitaciones para la adopción	Identifica los factores que podrían dificultar la implementación de soluciones inteligentes en hogares.
Condiciones para aceptar el sistema	H1, H4, H6, H7, H10, H11, H16, H20	Los hogares aceptarían el sistema si es fácil de usar, económico, seguro, claro, con soporte técnico y explicación previa.	Facilidad y soporte	Condiciones de aceptación	Permite reconocer criterios básicos para diseñar una propuesta centrada en el usuario.
Recomendaciones de los hogares	H2, H5, H7, H11, H13, H18, H19, H20	Los participantes recomiendan que la solución sea sencilla, práctica, económica, compatible con hogares normales y que entregue recomendaciones claras, no solo datos técnicos.	Simplicidad de uso	Recomendaciones para la propuesta	Aporta insumos para orientar la propuesta gerencial hacia una solución comprensible y aplicable.

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Anexo 5.

Matriz de procesamiento de entrevistas aplicadas a expertos

Pregunta asociada	Participantes relacionados	Respuesta sintetizada	Código inicial	Categoría de análisis	Relación con el objetivo específico 2
Viabilidad de implementación IoT	E1, E2, E3, E4, E5	Los expertos consideran viable implementar IoT en hogares urbanos de Medellín, pero advierten que la viabilidad depende de costo, conectividad, instalación, aceptación del usuario y condiciones de cada vivienda.	Viabilidad condicionada	Viabilidad técnica y social	Permite caracterizar la implementación IoT como posible, pero dependiente del contexto residencial.
Viabilidad de implementación IoT	E2, E4, E5	Los expertos recomiendan una implementación gradual o piloto, evitando una solución única para todos los hogares.	Implementación gradual	Estrategia de adopción	Aporta criterios para formular una propuesta por fases y ajustada a diferentes condiciones de hogares.
Condiciones técnicas mínimas	E1, E2, E3, E4, E5	Las condiciones mínimas incluyen conexión estable a internet, red eléctrica segura, tomacorrientes adecuados, cobertura WiFi, puntos de medición y disponibilidad para instalar sensores o medidores.	Infraestructura básica	Condiciones técnicas de implementación	Identifica los requisitos técnicos que deben verificarse antes de implementar el sistema IoT.
Oportunidades del IoT	E1, E2, E3, E4, E5	IoT permite monitorear consumos en tiempo real, identificar equipos de alto gasto, detectar desperdicios, generar alertas, automatizar dispositivos y mejorar la toma de decisiones del hogar.	Monitoreo y control	Oportunidades de eficiencia energética	Permite reconocer el aporte potencial de IoT para optimizar el consumo energético residencial.
Limitaciones económicas	E1, E2, E3, E4, E5	Las principales limitaciones económicas son el costo inicial de equipos, instalación, mantenimiento, pagos de plataforma y capacidad de pago de algunos hogares.	Costo inicial	Barreras económicas	Caracteriza los factores económicos que pueden limitar la adopción del sistema.
Barreras técnicas	E1, E2, E3, E4, E5	Las barreras técnicas incluyen mala conectividad, baja cobertura WiFi, instalaciones eléctricas antiguas, cortes de energía, equipos no compatibles y falta de conocimiento del usuario.	Barreras operativas	Limitaciones técnicas	Permite identificar condiciones que pueden afectar el

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

						funcionamiento sostenido del sistema IoT.
Riesgos de implementación	E1, E2, E3, E4, E5	Los riesgos más mencionados son fallas técnicas, pérdida de datos, errores de medición, sobrecostos, baja adopción, abandono del sistema y falta de soporte.	Riesgos del proyecto	Gestión de riesgos	Aporta insumos para incluir gestión de riesgos dentro de la propuesta gerencial.	
Privacidad y ciberseguridad	E1, E2, E3, E4, E5	Los expertos señalan que deben protegerse los datos del hogar, limitar accesos, usar claves seguras, evitar uso no autorizado de la información y establecer políticas claras de seguridad.	Protección de datos	Seguridad y privacidad	Permite integrar criterios éticos y de ciberseguridad en la propuesta IoT.	
Elementos desde gerencia de proyectos	E1, E2, E3, E4, E5	Desde la gerencia de proyectos deben planearse alcance, costos, cronograma, riesgos, interesados, responsables, recursos, capacitación, soporte, indicadores y mantenimiento.	Planeación gerencial	Gestión de proyectos	Relaciona la implementación IoT con una ruta estructurada de gestión.	
Actores involucrados	E1, E2, E3, E4, E5	Los actores sugeridos son usuarios del hogar, técnicos eléctricos, proveedores IoT, gestores del proyecto, empresas de energía, comunidad y posibles entidades locales.	Interesados del proyecto	Participación de actores	Permite definir los participantes necesarios para una implementación articulada.	
Criterios de viabilidad	E1, E2, E3, E4, E5	La viabilidad debe medirse por costo-beneficio, facilidad de uso, ahorro esperado, seguridad, conectividad, confiabilidad, vida útil, sostenibilidad y aceptación del usuario.	Criterios de evaluación	Evaluación de viabilidad	Aporta criterios para valorar si la propuesta IoT puede ser aplicada en hogares de Medellín.	
Recomendaciones estratégicas	E1, E2, E3, E4, E5	Los expertos recomiendan diagnóstico, instalación piloto, soluciones escalables, capacitación, medición de resultados, seguimiento y ajustes.	Ruta por fases	Orientaciones estratégicas	Permite estructurar las fases de la propuesta gerencial.	
Aceptación sostenida del sistema	E1, E2, E3, E4, E5	Para que los hogares acepten el sistema, debe ser sencillo, económico, seguro, confiable, útil, con soporte técnico y beneficios visibles en el consumo o la factura.	Apropiación del usuario	Sostenibilidad de uso	Caracteriza las condiciones sociales necesarias para mantener el uso del sistema en el tiempo.	

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

Anexo 6.

Matriz de triangulación de resultados

Objetivo específico	Objeto de análisis	Ejemplos de hogares	Hallazgos en expertos	Hallazgos en	Relación con referentes teóricos	Interpretación integrada	Orientación derivada para la propuesta
Identificar los elementos en los hogares de Medellín asociados al consumo energético y al uso de soluciones tecnológicas inteligentes.	Diagnóstico de consumo	Los hogares asocian el consumo energético con nevera, lavadora, televisor, celulares, computadores, ventiladores y electrodomésticos de cocina. También reconocen mayor consumo en la noche, la tarde, los fines de semana o durante actividades domésticas.	Los expertos reconocen que el consumo residencial puede optimizarse mediante monitoreo, medición, alertas e identificación de equipos de alto gasto.	Los expertos reconocen que el consumo residencial puede optimizarse mediante monitoreo, medición, alertas e identificación de equipos de alto gasto.	Los referentes sobre gestión energética residencial e IoT señalan que los sistemas inteligentes permiten monitorear cargas, registrar datos y mejorar decisiones de consumo.	Existe relación entre la experiencia cotidiana de los hogares y la posibilidad técnica de convertir el consumo en información útil.	La propuesta debe iniciar con un diagnóstico del consumo percibido, equipos usados y horarios de mayor gasto energético.
	Conocimiento del consumo	La mayoría de los hogares conoce poco sobre el comportamiento interno del consumo. Los participantes revisan principalmente el valor mensual de la factura, pero no identifican qué equipos consumen más.	Los expertos indican que IoT puede transformar el consumo eléctrico en información comprensible para tomar decisiones y detectar desperdicios.	El Modelo de Aceptación Tecnológica plantea que la utilidad percibida influye en la disposición de uso de una tecnología.	La falta de información técnica en los hogares justifica una solución que traduzca datos energéticos en mensajes claros y útiles.	El sistema debe entregar información sencilla, alertas comprensibles y recomendaciones prácticas para el usuario.	
	Disposición a IoT	Los hogares muestran interés en usar IoT si la solución es fácil, económica, segura, clara y con acompañamiento. También expresan preocupación por costo, privacidad, instalación y dificultad de uso.	Los expertos coinciden en que la aceptación depende de facilidad de uso, soporte técnico, capacitación, confianza y beneficios visibles.	Davis (1989) plantea que la facilidad de uso y la utilidad percibida influyen en la aceptación tecnológica. Rogers (2003) resalta la compatibilidad, posibilidad de prueba y observación de beneficios.	La adopción depende de que los hogares perciban valor, seguridad y facilidad.	La propuesta debe incluir capacitación, soporte inicial, lenguaje claro, prueba piloto y comunicación de beneficios.	

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

<p>Objetivo específico 2. Caracterizar las oportunidades, limitaciones y condiciones de los hogares en Medellín frente a la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT.</p>	<p>C condiciones técnicas</p>	<p>Los hogares manifiestan dudas sobre instalación, compatibilidad con electrodomésticos y funcionamiento con internet.</p>	<p>Los expertos identifican como condiciones mínimas internet estable, red eléctrica segura, cobertura WiFi, puntos de medición, dispositivos compatibles y soporte técnico.</p>	<p>Los estudios sobre IoT residencial indican que la implementación requiere interoperabilidad, conectividad, sensores, plataformas, seguridad y adaptación al contexto.</p>	<p>La viabilidad IoT depende de condiciones técnicas previas; no todos los hogares pueden recibir la misma solución.</p>	<p>La propuesta debe incorporar una fase de diagnóstico técnico antes de seleccionar la tecnología.</p>
<p>Objetivo específico 3. Proponer orientaciones estratégicas desde la</p>	<p>Oportunidades y beneficios</p>	<p>Los hogares esperan ahorro, control de la factura, alertas, recomendaciones y mayor comprensión del consumo.</p>	<p>Los expertos señalan oportunidades como monitoreo en tiempo real, identificación de equipos de alto gasto, automatización, alertas y medición de resultados.</p>	<p>Los antecedentes sobre sistemas HEMS e IoT muestran que estas tecnologías permiten medir, controlar y optimizar el consumo energético residencial.</p>	<p>La expectativa de ahorro de los hogares coincide con las oportunidades técnicas señaladas por los expertos.</p>	<p>La propuesta debe orientar el sistema hacia beneficios visibles: ahorro, alertas, control y recomendaciones de uso.</p>
<p>Objetivo específico 3. Proponer orientaciones estratégicas desde la</p>	<p>Riesgos y limitaciones</p>	<p>Los hogares expresan preocupación por privacidad, información personal, fallas, datos equivocados, mantenimiento y dificultad de manejo.</p>	<p>Los expertos advierten riesgos de pérdida de datos, fallas técnicas, ciberseguridad, sobrecostos, baja adopción y falta de soporte.</p>	<p>Los referentes sobre seguridad en hogares inteligentes advierten vulnerabilidades en plataformas, dispositivos, comunicaciones y tratamiento de datos.</p>	<p>La seguridad y la confianza son condiciones necesarias para que los hogares acepten y mantengan el uso del sistema.</p>	<p>La propuesta debe integrar consentimiento informado, protección de datos, control de accesos, soporte técnico y comunicación transparente.</p>
<p>Objetivo específico 3. Proponer orientaciones estratégicas desde la</p>	<p>Ruta gerencial</p>	<p>Los hogares recomiendan una solución sencilla, económica, práctica, compatible con viviendas normales y acompañada por explicaciones claras.</p>	<p>Los expertos recomiendan diagnóstico, planeación, instalación piloto, capacitación, medición de</p>	<p>La gerencia de proyectos permite alcanzar, costos, riesgos, recursos, comunicación,</p>	<p>La propuesta debe articular necesidades de los usuarios, criterios técnicos y gestión del proyecto para evitar</p>	<p>La ruta gerencial debe estructurarse en fases: diagnóstico, planeación, selección tecnológica,</p>

Propuesta gerencial para implementar un sistema IoT de optimización energética en hogares de Medellín

<p>gerencia de proyectos para la implementación de un sistema inteligente basado en tecnología IoT en hogares de Medellín.</p>	<p>Viabilidad y aceptación</p>	<p>Los hogares condicionan la aceptación a que la tecnología sea clara, segura, útil, económica y que no genere complicaciones.</p>	<p>resultados, seguimiento y ajustes.</p> <p>Los expertos recomiendan criterios de viabilidad como costo-beneficio, facilidad de instalación, confiabilidad, sostenibilidad, vida útil y aceptación del usuario.</p>	<p>seguimiento y generación de valor.</p> <p>La gestión de beneficios plantea que el valor debe medirse más allá del entregable técnico y relacionarse con impactos para los usuarios.</p>	<p>una implementación improvisada.</p> <p>La implementación debe evaluarse por beneficios percibidos y sostenibilidad del uso, no solo por funcionamiento técnico.</p>	<p>capacitación, implementación, seguimiento y evaluación.</p> <p>La propuesta debe incluir indicadores simples: comprensión del usuario, aceptación, ahorro percibido, seguridad y continuidad de uso.</p>
--	--------------------------------	---	--	--	--	---