

IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIO DE
APARTAMENTOS
(Monografía)

Felipe Andres Vargas Ramirez
Geors Stheben Diaz Nieto
Michael Stiven Reyes Estupiñán

Directores:
Martha Isabel Villarreal López

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN
BOGOTÁ, 2025

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en nosotros durante todo el proceso académico. A nuestros padres, quienes nos enseñaron el valor del esfuerzo, y a quienes, con su ejemplo, nos inspiraron a culminar esta etapa con compromiso y determinación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a los Ingenieros Jhon Alejandro Rangel y Martha Isabel Villarreal, por su guía, disposición y aportes técnicos fundamentales en el desarrollo de este proyecto. A la Universidad Santo Tomás y al cuerpo docente de la Especialización en Gestión de Servicios de Tecnologías de la Información, por brindarnos las herramientas y conocimientos necesarios para afrontar los retos del mundo profesional.

A nuestras familias y seres queridos, por su paciencia, compañía y palabras de aliento. Y a nuestros compañeros de especialización, por sus ideas, críticas constructivas y trabajo colaborativo.

Tabla de Contenido

1. PROBLEMA	11
1.1. ARBOL DE PROBLEMAS	11
1.2. QUE SE QUIERE SOLUCIONAR	11
2. IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN	12
2.1 POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN	12
2.2 SECTOR OBJETIVO	12
2.3 TENDENCIAS DEL SECTOR	12
2.4 ANALISIS DE MERCADO	13
2.5 ARBOL DE OBJETIVOS	13
2.6 CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA	13
2.7 INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN DESEADA	13
2.8 PROPUESTA DE VALOR	13
2.8.1 PERFIL DEL CLIENTE	13
2.8.2 MAPA DE VALOR	13
3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	14
4. MODELO DE NEGOCIO	16
4.1 PROPUESTA DE MODELO DE NEGOCIO	16
4.2 VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO	16
5. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA	17
6. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL	18

7. ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN	19
CONCLUSIONES	20
REFERENCIAS	21
LISTA DE FIGURAS	22
LISTA DE TABLAS	22
LISTA DE ANEXOS	22

ACRÓNIMOS

IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión

NVR: Network Video Recorder

SLA: Service Level Agreement (Acuerdo de Nivel de Servicio)

RFID: Radio Frequency Identification

ROI: Return on Investment (Retorno sobre la Inversión)

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

AES: Advanced Encryption Standard

RESUMEN

El presente trabajo aborda la problemática del edificio BQ 45 C, un conjunto residencial de 24 apartamentos ubicado en el barrio Palermo de Bogotá, que enfrenta altos costos operativos derivados principalmente de gastos fijos en seguridad, servicios públicos, aseo y administración. La dependencia del recurso humano para el control de accesos, vigilancia y gestión de recursos comunes genera ineficiencias operativas, escasa trazabilidad de información y limitada capacidad de respuesta ante incidentes.

La solución propuesta consiste en el diseño e implementación de una plataforma integral de automatización basada en tecnologías IoT (Internet de las Cosas) y servicios en la nube, específicamente utilizando Microsoft Azure IoT Central como núcleo de gestión centralizada. El sistema integra sensores inteligentes para monitoreo de variables críticas (agua, ruido, ocupación de parqueaderos, residuos), control de acceso automatizado mediante RFID y biometría, y videovigilancia IP con almacenamiento en la nube.

La arquitectura técnica propuesta sigue un modelo de cinco capas (percepción, red, gateway, cloud y aplicación), garantizando interoperabilidad, escalabilidad y seguridad mediante cifrado AES-256 y autenticación multifactor. La inversión inicial estimada es de \$16 millones COP con costos mensuales de mantenimiento de \$300,000 COP, proyectando una reducción del 20-25% en costos operativos y un retorno de inversión en 2.9 años.

El proyecto se fundamenta en un análisis exhaustivo de alternativas técnicas, validación del modelo de negocio mediante metodología Canvas, y cumplimiento estricto del marco normativo colombiano (Ley 675 de 2001, Ley 1581 de 2012, RETIE, RETILAP). Los resultados esperados incluyen mejoras significativas en eficiencia operativa, seguridad, sostenibilidad ambiental y calidad de vida de los residentes, posicionando al edificio BQ 45 C como modelo replicable de transformación digital en el sector de propiedad horizontal en Colombia.

ABSTRACT

This paper addresses the challenges faced by Building BQ 45 C, a residential complex of 24 apartments located in the Palermo neighborhood of Bogotá, which experiences high operational costs derived primarily from fixed expenses in security, public utilities, cleaning, and administration. The dependence on human resources for access control, surveillance, and management of common areas generates operational inefficiencies, limited information traceability, and restricted response capacity to incidents.

The proposed solution consists of the design and implementation of a comprehensive automation platform based on IoT (Internet of Things) technologies and cloud services, specifically using Microsoft Azure IoT Central as the centralized management core. The system integrates smart sensors for monitoring critical variables (water, noise, parking occupancy, waste), automated access control through RFID and biometrics, and IP video surveillance with cloud storage.

The proposed technical architecture follows a five-layer model (perception, network, gateway, cloud, and application), ensuring interoperability, scalability, and security through AES-256 encryption and multi-factor authentication. The estimated initial investment is \$16 million COP with monthly maintenance costs of \$300,000 COP, projecting a 20-25% reduction in operational costs and a return on investment in 2.9 years.

The project is based on an exhaustive analysis of technical alternatives, validation of the business model using the Canvas methodology, and strict compliance with the Colombian regulatory framework (Law 675 of 2001, Law 1581 of 2012, RETIE, RETILAP). Expected results include significant improvements in operational efficiency, security, environmental sustainability, and quality of life for residents,

positioning Building BQ 45 C as a replicable model of digital transformation in Colombia's horizontal property sector.

INTRODUCCIÓN

En la administración de edificios residenciales, uno de los problemas más comunes es el alto costo de las cuotas de administración. Este problema afecta directamente a los residentes, ya que incrementa sus gastos mensuales y, en algunos casos, puede generar dificultades para cumplir con los pagos. Como ingeniero de sistemas, considero que parte de este problema se debe a la falta de optimización en la gestión de recursos y al uso limitado de tecnologías que podrían hacer más eficiente la administración del edificio.

El objetivo de este trabajo es analizar tres problemáticas principales en la administración de edificios residenciales: 1) la alta cuota de administración, 2) la dificultad para detectar intentos de intrusión en tiempo real, y 3) el desperdicio de recursos energéticos en áreas comunes. A través del enfoque de árboles de problemas, se identificarán las causas y efectos de cada situación, permitiendo visualizar la complejidad de estos desafíos y su impacto en la comunidad.

Para lograr este objetivo, el documento se estructurará de la siguiente manera: en primer lugar, se presentará el enfoque metodológico basado en árboles de problemas, explicando su utilidad en el análisis de situaciones complejas. Luego, se detallará cada uno de los árboles de problemas, desglosando sus causas, efectos y posibles soluciones. Finalmente, se discutirán alternativas tecnológicas y administrativas que podrían contribuir a mitigar estos problemas, seguido de una sección de conclusiones y recomendaciones para futuras mejoras en la gestión de edificios residenciales.

Este análisis busca proporcionar una visión integral de los desafíos actuales en la administración de edificios y explorar cómo la tecnología y la optimización de procesos pueden ofrecer soluciones viables y sostenibles.

En el siguiente documento se especifican recomendaciones para cada uno de los ítems de la monografía y se definen las condiciones generales.

1. PROBLEMA

1.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

El edificio BQ 45 C, ubicado en Bogotá, enfrenta una problemática recurrente relacionada con los altos costos operativos asociados a la seguridad, el control de accesos, la gestión de parqueaderos y la administración general. La falta de integración tecnológica genera ineficiencias, dependencia del recurso humano y una escasa visibilidad sobre el estado de los recursos, lo que incrementa el riesgo de pérdidas y reduce la calidad de vida de los residentes.

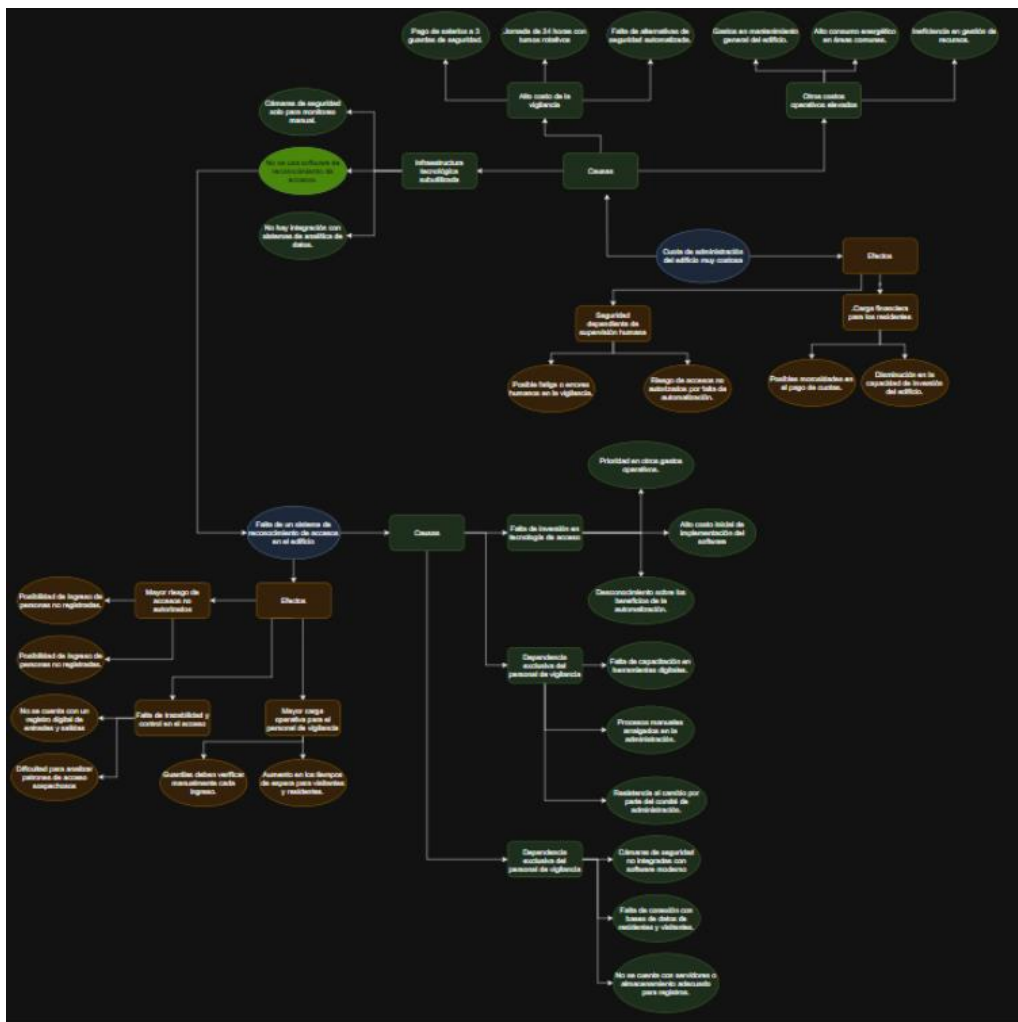


Figura 1.

1.2. QUE SE QUIERE SOLUCIONAR

En el contexto de la administración de edificios residenciales, uno de los principales retos actuales es la gestión ineficiente de los recursos y los altos costos operativos asociados a servicios esenciales como la seguridad, el mantenimiento y la energía. Esta problemática es representativa de una tendencia sectorial en la que la dependencia de procesos manuales y personal operativo genera un aumento constante de los gastos de administración. La falta de adopción de tecnologías de automatización y monitoreo en tiempo real limita la capacidad de las copropiedades para optimizar recursos, reducir pérdidas y mejorar la calidad de vida de los residentes.

Delimitación:

El caso particular abordado en este proyecto corresponde al edificio BQ 45 C, ubicado en el barrio Palermo de Bogotá, conformado por 24 apartamentos. Este edificio presenta altos costos de administración derivados principalmente del pago a personal de seguridad, servicios públicos, aseo y gastos operativos fijos. La ausencia de integración tecnológica en sus procesos administrativos y de seguridad ha generado dependencia del recurso humano, baja trazabilidad de la información y escasa visibilidad sobre el estado de los servicios comunes. Este entorno urbano representa un ejemplo recurrente en el sector residencial de mediano tamaño en Colombia.

Definición:

Las principales problemáticas identificadas se centran en cuatro ejes: (1) la alta dependencia del personal de seguridad para el control de accesos y vigilancia, (2) la ausencia de monitoreo en tiempo real de servicios como agua, energía, residuos y parqueaderos, (3) la falta de herramientas tecnológicas de administración que

generen trazabilidad y optimización de recursos, y (4) la necesidad de automatización para reducir gastos operativos y aumentar la eficiencia en la gestión. Estas problemáticas se interrelacionan, generando un impacto económico y operativo que afecta la sostenibilidad del edificio y la satisfacción de sus residentes.

Propuesta:

La solución planteada busca automatizar la administración del edificio BQ 45 C mediante la implementación de tecnologías IoT (Internet de las Cosas) y servicios en la nube, integrando sensores inteligentes, sistemas de videovigilancia IP, control de accesos automatizado y una plataforma central de gestión basada en Azure IoT Central. Esta arquitectura permitirá monitorear en tiempo real las variables críticas del edificio, reducir la intervención humana, optimizar el consumo energético y mejorar la seguridad. En conjunto, la propuesta ofrece una vía práctica hacia la transformación digital de los conjuntos residenciales, contribuyendo a la eficiencia económica, la sostenibilidad y la calidad de vida de los habitantes

Se recuerda que el anterior ejemplo solo fue un ejemplo metodológico, todo depende del tipo de solución planteada.

2. IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La ideación de la solución parte del reconocimiento de una problemática estructural en la administración de edificios residenciales: la falta de optimización tecnológica para la gestión de seguridad, recursos y mantenimiento. En la actualidad, los conjuntos residenciales enfrentan una creciente necesidad de reducir costos operativos y mejorar la eficiencia sin comprometer la calidad del servicio ofrecido a sus residentes. En este contexto, las tecnologías de automatización, sensorización e Internet de las Cosas (IoT) emergen como herramientas clave para transformar la manera en que los edificios operan, gestionan sus recursos y garantizan la seguridad de sus habitantes.

El edificio BQ 45 C, ubicado en el barrio Palermo de Bogotá, representa un caso ejemplar de esta situación. Con 24 apartamentos y más de diez años de antigüedad, enfrenta altos costos fijos por servicios de seguridad y administración, así como un limitado control sobre el consumo de recursos comunes. A través de un análisis de problemáticas, tendencias tecnológicas y evaluación de alternativas, se concibió una solución integral basada en automatización IoT y gestión en la nube, con el objetivo de modernizar los procesos operativos y fortalecer la sostenibilidad económica del edificio. La propuesta se alinea con las tendencias globales de digitalización, la eficiencia energética y la adopción de modelos de gestión inteligentes en el sector inmobiliario.

1.3. POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN

La implementación de esta solución se plantea en un momento clave en el que la adopción de tecnologías IoT y de servicios en la nube se ha vuelto accesible y rentable para pequeñas comunidades residenciales. A nivel nacional, los conjuntos residenciales en Colombia enfrentan dificultades similares: altos costos de administración, procesos manuales y escasa trazabilidad de datos. Sin embargo, la evolución tecnológica ha reducido las barreras de entrada, permitiendo que los

sensores, plataformas de monitoreo y sistemas de control inteligentes sean una alternativa viable.

Los avances recientes en conectividad, procesamiento en la nube y plataformas modulares (como Microsoft Azure IoT Central) ofrecen herramientas que antes solo estaban al alcance de grandes proyectos corporativos. Hoy, es posible integrar sensores de ruido, agua, basura y parqueaderos con sistemas de videovigilancia IP y control de accesos inteligentes, todo bajo una misma interfaz de administración. Este contexto tecnológico favorable justifica la oportunidad de modernizar la gestión del edificio BQ 45 C, reduciendo costos, mejorando la eficiencia operativa y fortaleciendo la seguridad mediante la automatización.

1.4. SECTOR OBJETIVO

Definición del sector

El sector objetivo de la presente propuesta corresponde a la administración de propiedad horizontal residencial, un ámbito que agrupa edificios y conjuntos de vivienda organizados bajo un régimen legal que regula la convivencia, el mantenimiento de bienes comunes y la gestión de servicios compartidos. Este sector tiene una estructura compleja en la que interactúan administradores, consejos de copropietarios, proveedores de servicios y residentes, todos vinculados por la necesidad de mantener un entorno seguro, eficiente y económicamente sostenible. La naturaleza de este sector exige herramientas tecnológicas que faciliten la administración, reduzcan los costos operativos y promuevan la transparencia en la toma de decisiones.

Descripción del sector

En Colombia, el régimen de propiedad horizontal está regulado por la Ley 675 de 2001, la cual establece los principios de administración, mantenimiento y responsabilidad en los bienes comunes. A nivel nacional, el sector ha crecido

significativamente debido al aumento de la urbanización y la densificación en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali. Según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), más del 60% de los nuevos desarrollos urbanos en estas ciudades se construyen bajo modelos de copropiedad. Este crecimiento ha generado la necesidad de sistemas más eficientes de administración que garanticen la seguridad, el control financiero y la gestión integral de los recursos. Sin embargo, la mayoría de los edificios de tamaño medio, como el BQ 45 C, continúan operando con esquemas tradicionales basados en personal humano y controles manuales, lo que genera ineficiencias y sobrecostos recurrentes.

Descripción del contexto operativo

Las administraciones de propiedad horizontal deben coordinar una amplia gama de servicios: seguridad, aseo, mantenimiento, alumbrado, control de accesos, gestión de parqueaderos, pago de servicios públicos y comunicación con los residentes. Esta multiplicidad de procesos requiere una gestión eficiente y sincronizada para evitar pérdidas económicas y conflictos operativos. No obstante, en muchos casos, la falta de sistemas integrados ocasiona duplicidad de esfuerzos, falta de trazabilidad en las actividades y demoras en la respuesta ante incidentes. Adicionalmente, la rotación de personal y la ausencia de indicadores digitales limitan la posibilidad de realizar análisis comparativos o auditorías de desempeño que mejoren la calidad del servicio.

Aplicaciones del sector – dimensión tecnológica

En los últimos años, la incorporación de tecnologías IoT (Internet de las Cosas), Cloud Computing y Sistemas de Videovigilancia Inteligente (CCTV IP) ha permitido que el sector inicie un proceso gradual de transformación digital. Estas tecnologías facilitan la automatización de tareas, la generación de alertas en tiempo real y la visualización remota de variables operativas. Por ejemplo, sensores de movimiento o ruido pueden detectar comportamientos anómalos en áreas comunes, mientras

que medidores digitales permiten controlar el consumo energético o de agua, optimizando los recursos. Las aplicaciones tecnológicas se extienden también al ámbito de la seguridad, con sistemas de acceso biométrico, cámaras con análisis de video inteligente y plataformas centralizadas que integran los diferentes subsistemas en una interfaz de control unificada.

Aplicaciones del sector – dimensión administrativa

En la gestión administrativa, las soluciones digitales han transformado la manera en que las copropiedades manejan la información financiera y la comunicación con los residentes. Las plataformas en la nube permiten gestionar bases de datos de residentes, registrar incidencias, enviar notificaciones automáticas y mantener un registro histórico de mantenimientos o eventos. Asimismo, las herramientas de análisis de datos posibilitan tomar decisiones basadas en métricas de desempeño, optimizando el uso de los recursos y mejorando la planificación presupuestal. Sin embargo, estas aplicaciones aún no están ampliamente adoptadas en edificios pequeños o medianos, donde la inversión inicial suele ser una barrera.

Aplicaciones del sector – dimensión ambiental y social

Otro ámbito relevante del sector es la gestión sostenible de los recursos ambientales. Las comunidades residenciales están cada vez más interesadas en adoptar tecnologías que contribuyan al ahorro energético, la reducción del consumo de agua y la mejora del reciclaje. En este sentido, los sensores IoT aplicados a la gestión de basuras, el control de iluminación y el monitoreo de consumo eléctrico permiten implementar prácticas ecológicas y sostenibles. Además, la automatización contribuye a fortalecer la convivencia, ya que fomenta la cultura de la eficiencia y reduce los conflictos asociados a los costos compartidos o a la asignación de responsabilidades en el uso de los servicios comunes.

Relación de las aplicaciones con la propuesta – enfoque técnico

La propuesta de automatización del edificio BQ 45 C se enmarca directamente en estas aplicaciones tecnológicas y responde a las necesidades descritas del sector. El proyecto plantea el diseño y simulación de una plataforma IoT centralizada, soportada en la nube, que permita integrar sensores inteligentes de ruido, agua, basura y parqueaderos, junto con sistemas de control de acceso RFID/biométricos y videovigilancia IP. Esta solución busca digitalizar procesos manuales, reducir la dependencia del personal de seguridad y dotar a la administración de herramientas de monitoreo en tiempo real. A nivel técnico, la arquitectura seleccionada (basada en Azure IoT Central) ofrece escalabilidad, interoperabilidad y acceso remoto seguro, elementos clave para la sostenibilidad de la solución en el tiempo.

Relación de las aplicaciones con la propuesta – enfoque estratégico y social

Desde una perspectiva estratégica, la adopción de esta solución tecnológica convierte al edificio BQ 45 C en un modelo piloto de transformación digital para la propiedad horizontal, demostrando cómo la automatización puede mejorar la rentabilidad y la transparencia en la administración de edificios. La integración de datos en tiempo real permitirá a los administradores tomar decisiones informadas, mientras que los residentes se beneficiarán de una mayor seguridad, reducción de costos y mejora en la calidad de vida. Además, el modelo puede ser replicado en otros conjuntos residenciales, aportando al desarrollo de comunidades más sostenibles, eficientes y conectadas. En este sentido, el proyecto no solo soluciona una problemática puntual, sino que también contribuye a la evolución tecnológica del sector residencial colombiano, alineándose con las políticas de Transformación Digital Urbana promovidas por el Ministerio TIC y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con innovación y ciudades inteligentes.

1.5. TENDENCIAS DEL SECTOR

El sector de la administración de propiedad horizontal se encuentra en un proceso de transformación impulsado por la digitalización, la automatización y el uso de tecnologías inteligentes. Las tendencias actuales apuntan hacia la consolidación del concepto de edificio inteligente (Smart Building), donde los sistemas físicos y digitales convergen para optimizar la gestión de recursos, aumentar la seguridad y mejorar la experiencia de los residentes. Este cambio responde a la necesidad de modernizar infraestructuras antiguas, reducir los costos operativos y avanzar hacia modelos de sostenibilidad que promuevan el uso eficiente de la energía y los servicios públicos. A nivel global, los desarrollos tecnológicos asociados al Internet de las Cosas (IoT), la analítica de datos y la computación en la nube se han convertido en los pilares de esta evolución.

Entre las principales tendencias tecnológicas que impactan al sector se destacan la automatización residencial mediante IoT, la videovigilancia inteligente, el control de accesos sin contacto, y los sistemas de gestión centralizada basados en la nube. Los dispositivos IoT permiten la interconexión de sensores, cámaras, y controladores que recopilan y transmiten información en tiempo real, mejorando la capacidad de supervisión de las áreas comunes. La videovigilancia inteligente con cámaras IP y grabadores NVR integrados posibilita la detección temprana de incidentes y el monitoreo remoto desde dispositivos móviles. Por su parte, las soluciones de acceso biométrico o RFID están reemplazando progresivamente los métodos tradicionales de llaves o guardias, brindando mayor control y trazabilidad. Estas tendencias evidencian una transición hacia entornos más autónomos, seguros y eficientes, donde la administración se apoya en datos confiables para la toma de decisiones.

En Colombia, la adopción de estas tecnologías está siendo impulsada por empresas que ofrecen soluciones integrales de automatización y control. Proveedores como Alpina Security, DomoTech, RainMachine, EcoSmart Solutions y SISTEC lideran la implementación de sistemas IoT aplicados a la seguridad, la gestión energética y la

administración inteligente de conjuntos residenciales. Estas compañías proporcionan herramientas que permiten integrar cámaras de videovigilancia, sensores de consumo de agua y energía, sistemas de parqueo inteligente y plataformas de control de acceso. La oferta local, combinada con la disponibilidad de plataformas internacionales como Microsoft Azure IoT Central, ha permitido que la automatización de edificios deje de ser exclusiva de grandes corporaciones y se extienda a comunidades residenciales medianas. Este proceso de democratización tecnológica representa una oportunidad real para transformar el modelo de gestión tradicional de la propiedad horizontal.

Las tendencias del sector no solo tienen un impacto tecnológico, sino también social, económico y ambiental. Desde una perspectiva social, la automatización contribuye a mejorar la calidad de vida de los residentes mediante una administración más transparente, segura y participativa. Económicamente, la digitalización reduce los costos fijos asociados a la seguridad y mantenimiento, al reemplazar funciones operativas repetitivas por sistemas automáticos con mantenimiento programado. En el ámbito ambiental, la sensorización y la gestión inteligente del consumo energético y de agua favorecen la sostenibilidad, al promover un uso racional de los recursos naturales. Estas transformaciones consolidan un nuevo paradigma en la gestión de la vivienda urbana, donde los edificios dejan de ser estructuras pasivas para convertirse en ecosistemas inteligentes capaces de aprender, adaptarse y optimizar sus procesos en beneficio de sus habitantes y del entorno urbano en el que se desarrollan.

1.6. ANÁLISIS DE MERCADO

Contexto general del mercado tecnológico residencial en Colombia

El mercado colombiano de tecnologías aplicadas a la automatización y gestión residencial ha experimentado un crecimiento sostenido durante los últimos cinco años, impulsado por la digitalización de los procesos urbanos y la adopción

progresiva de modelos de propiedad horizontal inteligente. Este crecimiento está asociado al aumento de la demanda por soluciones que integren seguridad, eficiencia energética y sostenibilidad ambiental. De acuerdo con estudios del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), el sector inmobiliario y de servicios tecnológicos converge en la necesidad de implementar sistemas basados en IoT, analítica de datos y servicios en la nube. Esta tendencia se fortalece por el interés de los administradores y constructoras en optimizar sus operaciones mediante herramientas que reduzcan costos operativos y generen valor agregado para los residentes.

Identificación de actores y oferta tecnológica

El ecosistema de automatización residencial en Colombia está conformado por empresas locales e internacionales que ofrecen soluciones integrales o modulares. Entre las principales se destacan Alpina Security, especializada en videovigilancia inteligente; DomoTech, enfocada en control de accesos y domótica; *RainMachine* y *EcoSmart Solutions*, orientadas a la gestión del agua y la eficiencia energética; y SISTEC, que desarrolla sistemas de parqueo automatizado. Estas empresas compiten mediante la personalización de soluciones y la integración con plataformas en la nube, lo que facilita la adopción en diferentes escalas de proyectos. Paralelamente, las grandes plataformas internacionales como Microsoft Azure IoT Central, Google Cloud IoT Core y AWS IoT ofrecen infraestructuras escalables que permiten conectar y gestionar miles de dispositivos simultáneamente, garantizando la interoperabilidad y la seguridad de los datos. Este entorno competitivo fomenta la innovación y amplía las opciones de implementación para proyectos residenciales de tamaño medio, como el edificio BQ 45 C.

Oportunidades, tendencias de consumo y costos de adopción

El mercado presenta amplias oportunidades de crecimiento debido al aumento de la conciencia sobre la eficiencia operativa y la sostenibilidad. Los conjuntos residenciales están migrando hacia soluciones que ofrezcan visibilidad en tiempo real, reducción de costos de mantenimiento y automatización de tareas repetitivas. Según proyecciones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la digitalización de la gestión de edificaciones puede generar ahorros operativos de hasta un 25 % en costos de administración y una reducción de entre 15 % y 20 % en consumo energético. Además, la creciente disponibilidad de dispositivos IoT de bajo costo y plataformas de software por suscripción ha reducido las barreras de entrada, permitiendo que incluso pequeñas copropiedades puedan acceder a sistemas inteligentes sin necesidad de grandes inversiones iniciales. Los costos promedio de implementación para proyectos residenciales medianos oscilan entre 20 y 30 millones de pesos colombianos, con mantenimientos mensuales menores a \$300.000 COP, cifras competitivas frente a los costos recurrentes de personal humano.

Análisis de la demanda y viabilidad de la propuesta

El análisis de la demanda evidencia un cambio en la percepción de los administradores y residentes frente a la tecnología. Cada vez más, los usuarios finales valoran las soluciones que brindan control, comodidad y seguridad, mientras que los administradores buscan herramientas que reduzcan riesgos operativos y mejoren la trazabilidad de sus procesos. Esta evolución en la demanda refuerza la pertinencia del proyecto de automatización del edificio BQ 45 C, el cual combina accesibilidad económica con impacto tangible en la reducción de costos y mejora de la seguridad. La disponibilidad de proveedores nacionales y la madurez de las plataformas cloud permiten garantizar la viabilidad técnica y financiera del proyecto. Además, su enfoque modular y escalable hace posible iniciar con una inversión progresiva que priorice los componentes de mayor retorno, como los sistemas de seguridad, sensores de consumo y automatización de accesos, consolidando así un modelo sostenible y replicable en otras comunidades residenciales.

1.7. ÁRBOL DE OBJETIVOS

El Árbol de Objetivos constituye una herramienta metodológica esencial dentro del análisis de la ideación de la solución, ya que permite visualizar de manera estructurada la relación entre el problema identificado y las acciones estratégicas necesarias para resolverlo. Su propósito es transformar los efectos negativos observados en el diagnóstico inicial en situaciones positivas deseadas, que orienten el diseño técnico y la implementación del proyecto. En el caso del edificio BQ 45 C, este instrumento facilita la comprensión de cómo las iniciativas tecnológicas de automatización y digitalización contribuyen a mejorar la gestión operativa, la sostenibilidad económica y la experiencia de los residentes.

El Árbol de Objetivos parte de la situación problemática inicial, representada por la ineficiencia y los costos elevados, y la transforma en una situación deseada, caracterizada por eficiencia operativa, seguridad automatizada y sostenibilidad económica. En los niveles superiores se ubican los fines o impactos esperados, tales como la mejora en la calidad de vida de los residentes, el fortalecimiento de la convivencia y la valorización del inmueble. En el nivel intermedio se encuentran los propósitos directos relacionados con el diseño tecnológico, y en la base se sitúan los medios o acciones concretas, como el diseño de la solución IoT, la simulación de sensores, controladores y la adopción de una plataforma en la nube para la gestión de datos.

La estructura del árbol permite establecer una conexión clara entre los componentes técnicos del proyecto y los beneficios esperados. Cada acción tecnológica propuesta (como la automatización de accesos o la sensorización del entorno) corresponde a un medio que contribuye al logro del fin superior de eficiencia y sostenibilidad. Asimismo, los resultados intermedios, como la reducción de los costos de vigilancia y la disponibilidad de información en tiempo real, funcionan como indicadores de éxito del modelo de transformación digital planteado.

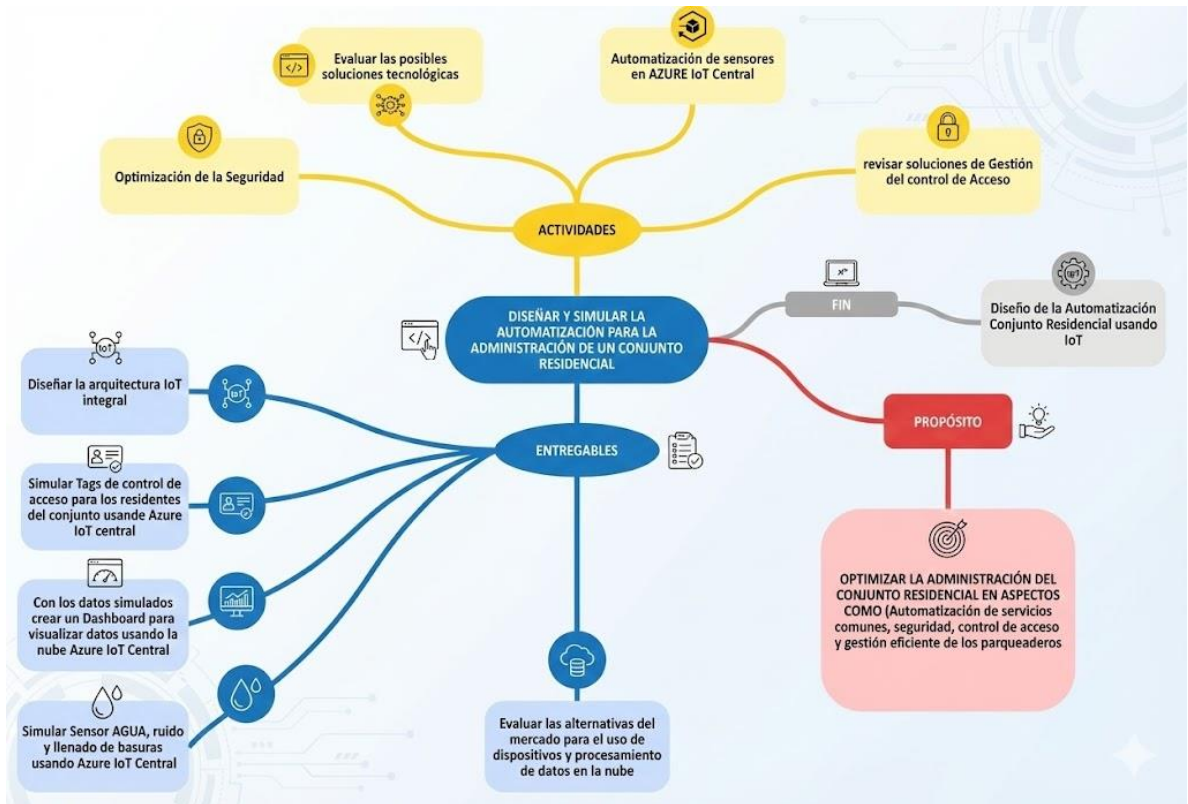


Figura 2.

1.8. CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA

La situación deseada para el edificio BQ 45 C contempla la transición desde un modelo de administración tradicional, altamente dependiente de procesos manuales y del recurso humano, hacia un modelo automatizado e inteligente, sustentado en tecnologías IoT (Internet de las Cosas), computación en la nube y gestión de datos en tiempo real. En este escenario futuro, las operaciones administrativas, de seguridad y mantenimiento se desarrollan de manera digital y coordinada, permitiendo optimizar los recursos y reducir los costos operativos recurrentes. La automatización de los sistemas de control de acceso, videovigilancia, sensores de ruido, agua y parqueaderos posibilita una administración más eficiente, con

capacidad de respuesta inmediata ante eventos o alertas, y con información disponible en tiempo real para los responsables del edificio.

Beneficios esperados y sostenibilidad

El objetivo es construir un entorno residencial inteligente, donde la tecnología se convierta en el eje de la sostenibilidad económica y operativa. En la situación deseada, la administración cuenta con una plataforma centralizada que integra todos los sistemas de monitoreo y control, generando reportes automáticos, indicadores de desempeño y registros históricos que facilitan la toma de decisiones. Los residentes se benefician de un entorno más seguro, con acceso controlado y una comunicación transparente sobre el uso de los recursos. A nivel financiero, se espera una reducción de al menos el 20 % en los costos de administración y una disminución significativa en el consumo de agua y energía gracias a la implementación de sensores inteligentes. Además, este modelo busca ser escalable, de modo que pueda replicarse en otros conjuntos residenciales, promoviendo la transformación digital del sector inmobiliario y contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y eficiencia energética en entornos urbanos.

1.9. INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN DESEADA

En la actualidad, el edificio BQ 45 C, ubicado en el barrio Palermo de Bogotá, opera bajo un modelo de administración convencional, basado principalmente en tareas manuales y en la intervención constante del personal humano para el control de accesos, la seguridad y la gestión de los servicios comunes. Este enfoque genera altos costos mensuales, baja trazabilidad de la información y poca capacidad de reacción ante eventos imprevistos. Los sistemas existentes, como las cámaras de seguridad y los medidores de servicios, funcionan de forma independiente y sin integración digital, lo que impide una visión global del estado del edificio. Asimismo, la falta de monitoreo en tiempo real de variables críticas como el consumo de agua, energía o el uso de parqueaderos, limita la capacidad de la administración para

optimizar recursos y reducir gastos. Este escenario refleja la realidad de muchos conjuntos residenciales en Colombia, donde la ausencia de tecnologías integradas incrementa los costos operativos y dificulta la toma de decisiones basada en datos.

Transición hacia el modelo automatizado

La situación esperada propone una transformación estructural de la administración del edificio, pasando de un modelo reactivo y manual a uno proactivo y automatizado, apoyado en la interconexión de sensores, dispositivos inteligentes y una plataforma de gestión centralizada. Este nuevo modelo permitirá realizar tareas como la apertura automatizada de puertas, la supervisión de consumos, la detección temprana de incidentes o fallas, y la comunicación inmediata con los residentes a través de medios digitales.

La implementación de sensores de ocupación, controladores de acceso RFID o biométricos, cámaras IP conectadas a un sistema NVR, y sensores de agua, ruido y residuos, permitirá obtener datos en tiempo real que alimentarán la plataforma Azure IoT Central. Desde allí, el administrador podrá visualizar el estado general del edificio, recibir alertas automáticas y programar acciones correctivas o preventivas. Esta digitalización de procesos representa un cambio cultural y técnico, en el que la información y la conectividad se convierten en los principales activos de la gestión residencial. (Microsoft, 2023)

Impacto y beneficios del estado deseado

En la situación deseada, el edificio se consolida como un espacio inteligente, eficiente y sostenible, capaz de operar con autonomía parcial y de responder a los requerimientos de sus usuarios en tiempo real. La plataforma centralizada integrará todos los componentes tecnológicos, reduciendo la dependencia del recurso humano y permitiendo la toma de decisiones basada en evidencia. Los residentes disfrutarán de un entorno más seguro, con sistemas de videovigilancia en la nube, accesos controlados digitalmente y gestión transparente de los recursos.

Desde el punto de vista financiero, se proyecta una disminución significativa de los costos fijos, especialmente en vigilancia y servicios operativos. Ambientalmente, el uso de sensores de agua y energía promoverá el consumo responsable y reducirá la huella ecológica del edificio.

De esta forma, la automatización integral del BQ 45 C no solo resolverá las problemáticas actuales, sino que también lo posicionará como un modelo de transformación digital residencial en Bogotá, alineado con los principios de sostenibilidad urbana y con las metas de innovación tecnológica definidas por el MinTIC y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (Comunicaciones, 2024)

1.10. PROPUESTA DE VALOR

La propuesta de valor de este proyecto se centra en transformar la administración tradicional del edificio BQ 45 C en un modelo digital, automatizado y eficiente, a través de la integración de tecnologías IoT, sistemas de videovigilancia IP, control de accesos inteligentes y una plataforma de monitoreo en la nube. La solución busca resolver problemáticas recurrentes del sector de propiedad horizontal como los altos costos operativos, la falta de trazabilidad y la baja eficiencia energética mediante la adopción de herramientas tecnológicas que generen impacto tangible en la seguridad, los costos y la calidad de vida de los residentes.

La propuesta no se limita a la implementación de dispositivos tecnológicos, sino que incorpora un enfoque integral que combina innovación, sostenibilidad y accesibilidad económica, adaptándose a las necesidades reales del mercado residencial colombiano. De esta manera, el valor central radica en ofrecer una solución modular, escalable y con retorno de inversión comprobable, que permite a las comunidades residenciales avanzar hacia la transformación digital sin requerir una infraestructura compleja ni inversiones desproporcionadas.

1.10.1. PERFIL DEL CLIENTE

Definición del cliente objetivo

El cliente objetivo corresponde a las copropiedades residenciales bajo régimen de propiedad horizontal, especialmente edificios o conjuntos de mediano tamaño ubicados en zonas urbanas de alta densidad, que buscan optimizar la gestión administrativa y reducir los costos operativos mediante el uso de tecnología. Este tipo de cliente se caracteriza por enfrentar dificultades en la administración del recurso humano, el control financiero y la supervisión de servicios comunes. Los administradores de estos conjuntos, así como los consejos de copropietarios, son los principales tomadores de decisiones en la adquisición de soluciones tecnológicas, mientras que los residentes son los usuarios finales beneficiarios de la automatización.

Necesidades y problemas del cliente

Las principales necesidades de este cliente giran en torno a tres ejes: eficiencia operativa, reducción de costos y seguridad residencial. Actualmente, muchas copropiedades destinan más del 60 % de su presupuesto a gastos de vigilancia y mantenimiento, sin contar con herramientas que permitan optimizar esos recursos. A esto se suma la dificultad para monitorear el consumo de agua y energía, la falta de trazabilidad en la ejecución de tareas, y la dependencia del trabajo manual. El cliente busca, por tanto, una solución confiable que le permita automatizar procesos, centralizar la información y generar reportes que faciliten la toma de decisiones informadas.

Segmentación del mercado y comportamiento del cliente

El segmento de mercado al que se dirige la solución está compuesto por edificios residenciales construidos hace más de 10 años, ubicados en zonas urbanas intermedias, con una estructura organizacional formal y una comunidad

dispuesta a invertir en proyectos tecnológicos que evidencien retorno de inversión en el corto o mediano plazo. Este cliente suele evaluar las soluciones en función de tres factores clave: costo de implementación, facilidad de uso y sostenibilidad. La propuesta de valor del proyecto BQ 45 C responde a estos criterios mediante un sistema modular y escalable que puede implementarse por etapas, empezando por los componentes de mayor impacto (control de accesos, videovigilancia y monitoreo de consumos). ((DANE), 2022) (Congreso, 2001)

Beneficios esperados para el cliente

El cliente obtiene múltiples beneficios derivados de la automatización, entre los que destacan: la reducción de los costos fijos de administración, la disminución de la carga operativa del personal, la mejora en la seguridad a través del monitoreo digital, y la optimización del consumo de recursos. Además, la implementación de una plataforma basada en la nube ofrece la posibilidad de acceder a reportes en tiempo real, programar mantenimientos preventivos y detectar incidencias antes de que generen costos adicionales. Estos beneficios tangibles fortalecen la sostenibilidad del edificio y contribuyen a aumentar su valor de mercado, convirtiéndolo en un modelo de vivienda inteligente.

1.10.2. MAPA DE VALOR

El Mapa de Valor describe la relación directa entre los productos y servicios ofrecidos por la solución y los beneficios percibidos por el cliente. En este caso, el mapa se construye a partir de la combinación de tres componentes clave: los productos y servicios tecnológicos, los aliviadores del dolor (pain relievers) y los creadores de ganancia (gain creators). Esta estructura permite evidenciar cómo la automatización integral del edificio BQ 45 C aborda los principales puntos de dolor de la administración residencial y genera beneficios sostenibles en el tiempo.

Productos y servicios ofrecidos

Los principales productos y servicios que integran la propuesta incluyen:

- Plataforma de gestión en la nube (Azure IoT Central) para centralizar información, generar alertas y visualizar datos operativos.
- Sensores inteligentes IoT para monitorear niveles de ruido, consumo de agua, ocupación de parqueaderos y estado de basuras.
- Sistema de control de accesos automatizado mediante tarjetas RFID o autenticación biométrica.
- Videovigilancia IP con grabación en NVR y visualización remota a través de dispositivos móviles.
- Mantenimiento, soporte técnico y capacitación para la correcta adopción de la tecnología por parte de los administradores.

Aliviadores del dolor (Pain Relievers)

La propuesta elimina o reduce los principales problemas que enfrentan los administradores y residentes, entre ellos:

- Los altos costos operativos asociados al personal de seguridad y mantenimiento.
- La falta de trazabilidad en los procesos administrativos y de mantenimiento.
- La ineficiencia energética derivada del uso no controlado de recursos comunes.
- La baja capacidad de respuesta ante emergencias o incidentes por falta de monitoreo en tiempo real. Mediante la integración de los componentes IoT, estos dolores se transforman en oportunidades de mejora medibles, aumentando la confiabilidad y transparencia en la administración.

Creadores de ganancia (Gain Creators)

El valor agregado se genera a partir de beneficios tangibles e intangibles. Entre los más importantes destacan:

- Ahorro financiero sostenido por reducción de gastos fijos y consumo de servicios.
- Modernización tecnológica del edificio, lo que incrementa su valor patrimonial.
- Mayor seguridad y bienestar para los residentes gracias al monitoreo inteligente.
- Automatización de procesos administrativos, que libera tiempo y recursos humanos.
- Sostenibilidad ambiental, al promover un uso racional de agua y energía.

De esta forma, la propuesta de valor ofrece un balance entre eficiencia económica, innovación tecnológica y responsabilidad ambiental, consolidando al edificio BQ 45 C como un referente en la adopción de modelos de vivienda inteligente en Bogotá.

3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

El análisis de las alternativas técnicas constituye una etapa fundamental en el proceso de ideación y diseño de la solución, ya que permite identificar y evaluar las posibles configuraciones tecnológicas que podrían implementarse para resolver la problemática del edificio BQ 45 C. Esta evaluación busca determinar la opción más viable desde el punto de vista técnico, económico, operativo y de sostenibilidad, considerando los requerimientos específicos del entorno residencial.

Las alternativas propuestas se construyeron tomando como referencia las buenas prácticas en proyectos de Internet de las Cosas (IoT), la arquitectura de servicios en la nube (Cloud Computing) y los principios de seguridad, escalabilidad e interoperabilidad definidos por organismos como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y el IEEE IoT Framework.

1.11. Descripción general de la arquitectura IoT aplicada a la propuesta

El modelo de arquitectura seleccionado sigue el enfoque de arquitectura IoT en cinco capas, conformado por los siguientes niveles funcionales:

- Capa de percepción: incluye sensores y actuadores responsables de captar variables físicas del entorno, tales como ruido, nivel de agua, movimiento o llenado de contenedores de basura.
- Capa de red: encargada de la transmisión de los datos desde los sensores hacia los gateways o concentradores mediante protocolos inalámbricos como Wi-Fi, Zigbee, o LoRa.

- Capa de gateway o borde (Edge Layer): gestiona la conectividad local y preprocesa los datos antes de enviarlos a la nube, reduciendo la latencia y el consumo de ancho de banda.
- Capa de servicio (Cloud): en esta capa reside la plataforma Microsoft Azure IoT Central, la cual centraliza la gestión, almacenamiento y análisis de la información generada por los dispositivos.
- Capa de aplicación: corresponde a las interfaces gráficas (dashboard web y aplicación móvil) desde las cuales los administradores y residentes pueden visualizar métricas, recibir alertas y controlar dispositivos de manera remota.

Esta arquitectura modular garantiza la interoperabilidad, la escalabilidad del sistema y la posibilidad de integrar nuevos servicios en el futuro, como control de iluminación, monitoreo energético o gestión automatizada de mantenimiento.

1.12. Alternativas técnicas consideradas

Durante la fase de diseño se analizaron tres posibles alternativas para la implementación tecnológica del proyecto:

Alternativa 1: Sistema tradicional sin integración IoT

Descripción: mantiene el modelo actual de operación basado en personal de seguridad, controles manuales de acceso y cámaras analógicas.

Ventajas:

- Bajo costo inicial de implementación.
- Requiere poca capacitación técnica.

Desventajas:

- Dependencia total del recurso humano.
- Imposibilidad de monitoreo remoto y trazabilidad.
- Costos fijos mensuales elevados.
- Baja eficiencia y escasa capacidad de expansión.

Alternativa 2: Automatización parcial con sistemas aislados

Descripción: incorporación de tecnologías independientes como cámaras IP, sensores autónomos o controles RFID sin conexión a una plataforma central.

Ventajas:

- Modernización parcial de algunos procesos.
- Inversión inicial moderada.
- Permite evaluar el desempeño de ciertos componentes.

Desventajas:

- Falta de interoperabilidad entre sistemas.
- Gestión descentralizada que impide una visión integral.
- Dificultades de mantenimiento técnico y actualización de firmware.
- Limitada capacidad de escalabilidad.

Alternativa 3: Solución integral IoT con plataforma en la nube (Propuesta)

Descripción: implementación de una red de sensores inteligentes, cámaras IP, control de accesos y sistemas de monitoreo conectados a la nube mediante Azure IoT Central.

Ventajas:

- Centralización total de datos y procesos.
- Reducción significativa de costos operativos.
- Monitoreo y control en tiempo real desde dispositivos móviles.
- Escalabilidad y capacidad de integración futura.
- Mayor seguridad de la información mediante cifrado AES y autenticación multifactor.

Desventajas:

- Mayor inversión inicial.
- Requiere conectividad estable y soporte técnico especializado.

1.13. Comparativa técnica de las alternativas

Variables	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Recomendación
Disponibilidad parqueadero	Cámaras	Sensores de ocupación	Bitácora digital	Propuesta 1.
Sensor de ruido	Sensor con Azure IoT	Sensor sin Azure IoT	Sensor visual	Propuesta 1.
Sensor de agua	Sensor con Azure IoT	Sensor sin Azure IoT	Sensor visual	Propuesta 1.
Sensor de basura	Sensor con Azure IoT	Sensor sin Azure IoT	Sensor visual	Propuesta 1.
Acceso	TAGs RFID	Biométrico con huella	Sensor de apertura por tercero	Propuesta 1.
CCTV	Cámaras digitales con NVR	Cámaras digitales individuales.	Cámaras análogas	Propuesta 1.
Centralizador de datos	Dashboard en Azure IoT	Servidor local con software y base de datos.	Sin monitoreo en línea.	

Tabla 1. Comparativa técnica de alternativas – Elaboración propia con base en el diagnóstico técnico del edificio BQ 45 C (2025).

Disponibilidad Parquadero

Componente	Referencia/Tipo Común	Rango de Costo Aproximado (COP)
Cámaras	Cámara IP (ej. Dahua, Hikvision, Imou) con análisis de video (por licencia o integrado).	Desde \$99.900 (cámara básica) hasta \$607.900 o más (cámaras de alta gama/profesionales).
Sensores de ocupación	Sensores de movimiento (PIR, Ultrasónicos) para detección en áreas o Sensores magnéticos/por inducción para puestos individuales.	Desde \$27.000 (sensor PIR básico) hasta \$136.208 (kits de sensores de aparcamiento) o más por unidad.
Bitácora digital	<i>Generalmente es un software o plataforma de gestión, no un sensor físico. El costo se asocia a la licencia del software.</i>	El costo es variable (licencia mensual/anual o desarrollo a medida).

Sensor de Ruido

Propuesta	Referencia/Tipo Común	Rango de Costo Aproximado (COP)
Sensor con Azure IoT	Módulo Sensor de Sonido/Ruido de alto rango, como el DFRobot SEN0232 (compatible con Arduino/IoT) u otros módulos con capacidad de conectividad a microcontroladores.	Módulo básico: desde \$4.500 . Módulo más avanzado/calibrado (ej. SEN0232): desde \$226.509 .
Sensor sin Azure IoT	Módulo de sensor de sonido simple (ej. módulo KY-038) que reporta presencia de sonido (no nivel exacto).	Desde \$4.500 (módulo básico).
Sensor visual	<i>Generalmente se refiere a una cámara con capacidad de análisis de audio (si está permitido legalmente) o una luz indicadora visual conectada a un sonómetro.</i>	Varía según la cámara/sistema de análisis.

Sensor de Agua

Propuesta	Referencia/Tipo Común	Rango de Costo Aproximado (COP)
Sensor con Azure IoT	Sensor capacitivo de nivel de agua sin contacto (XKC-Y25-V), o sensores de conductividad/pH/temperatura con capacidad de integración IoT.	Desde \$60.095 (Sensor capacitivo) hasta costos más altos para sensores de calidad de agua complejos o desarrollos específicos (se menciona un costo estimado de \$5 USD o menos para un sensor NFC simple).
Sensor sin Azure IoT	Sensor de detección de fugas (Flood Sensor) simple.	Varía (ej. \$60.095 por un sensor capacitivo sin considerar la implementación de Azure).
Sensor visual	Una boya o indicador físico de nivel que se puede monitorear visualmente (no es un sensor electrónico).	Costo bajo, dependiendo del tipo de indicador.

Sensor de Basura

Propuesta	Referencia/Tipo Común	Rango de Costo Aproximado (COP)
Sensor con Azure IoT	Sensor ultrasónico (para medir nivel de llenado) integrado en un cubo/caneca inteligente con conectividad IoT.	Cubo/Caneca inteligente con sensor: Desde \$19.913 (básico) hasta \$250.000 o más (modelos avanzados/grandes).
Sensor sin Azure IoT	Sensor ultrasónico simple (ej. HC-SR04) para medir distancia (nivel de llenado) sin conectividad IoT integrada.	Sensor ultrasónico: Costos muy bajos (típicamente menos de \$10.000 por el módulo).
Sensor visual	Cámara (vigilancia o interna) para inspeccionar visualmente el nivel/estado de la basura.	Costo varía según la cámara (ej. cámara básica: \$99.900).

Acceso

Componente	Referencia/Tipo Común	Rango de Costo Aproximado (COP)
TAGs RFID	Tarjetas o llaveros RFID (ej. VTA, Mifare) y Lector RFID.	TAG/Tarjeta: Desde \$6.000 a \$23.900 por unidad/paquete (dependiendo de si es un paquete de 10). Lector RFID: Varios modelos.
Biométrico con huella	Control de Acceso Biométrico de Huella (ej. VTA, Suprema BioLite N2).	Desde \$296.910 (modelo básico VTA con 1.000 usuarios) hasta \$2.990.000 (modelo profesional para exteriores como Suprema).
Sensor de apertura por tercero	Sensor de Apertura Magnético Inalámbrico (Wi-Fi/RF) (ej. Tuya, VTA, Sonoff).	Desde \$13.662 hasta \$78.900 (dependiendo de la marca y la conectividad, como Wi-Fi o RF).

CCTV

Componente	Referencia/Tipo Común	Rango de Costo Aproximado (COP)
Cámaras digitales con NVR	Kits de Cámaras IP (Dahua, Hikvision, EZVIZ) con Grabador de Video en Red (NVR).	Kits de 4 cámaras + NVR: Desde \$447.850 hasta \$1.070.000 o más (dependiendo de la calidad de la cámara y el NVR). NVR solo (4 canales): Desde \$339.000 hasta \$374.900.
Cámaras digitales individuales	Cámaras IP individuales (Wi-Fi o cableadas).	Desde \$36.500 (bombillo 360) hasta \$171.286 (cámaras IP robóticas/domo).
Cámaras análogas	Cámaras 4 en 1 (AHD, CVI, TVI, CVBS) y Grabador de Video Digital (DVR) Pental-Híbrido (ej. Provision).	Cámara análoga: Desde \$99.990 hasta \$207.990 (5MP). Kits: Desde \$579.000 hasta \$1.099.990 (Kits de 4-6 cámaras + DVR).

Recomendamos la propuesta 1 debido a que, todos los equipos se integran de manera centralizada con Azure IoT, con el cual, se gestionarían los diferentes datos

suministrados por cada sensor o dispositivo. Permitiendo que, estos generen reportes en tiempo real.

Además, para el CCTV, al igual que lo anterior, se busca centralizar el monitoreo en un sistema NVR, el cual, permite la integración de todas las cámaras, teniendo así, una visual completa de cada rincón del conjunto.

1.14. Evaluación y selección de la alternativa óptima

El análisis técnico y financiero evidencia que la solución integral IoT con plataforma en la nube representa la opción más viable a mediano y largo plazo. Si bien implica una inversión inicial mayor, esta alternativa garantiza un retorno de inversión (ROI) estimado en menos de dos años, gracias a la reducción de costos fijos en seguridad y mantenimiento. Además, ofrece ventajas competitivas en términos de trazabilidad, sostenibilidad, seguridad digital y facilidad de escalamiento a nuevas funcionalidades.

Desde una perspectiva operativa, la centralización de datos en la nube permitirá una gestión más ágil, con alertas automatizadas y reportes de consumo energético y de servicios. A nivel estratégico, esta alternativa posiciona al edificio BQ 45 C como un referente en transformación digital del sector residencial, alineado con las políticas del MinTIC sobre ciudades y comunidades inteligentes, y con los principios de sostenibilidad urbana definidos en los ODS 9 y 11.

1.15. Justificación técnica de la selección

La elección de la alternativa IoT integral responde a los siguientes factores determinantes:

- Escalabilidad tecnológica: la arquitectura modular permite integrar nuevas soluciones o dispositivos en fases posteriores sin alterar la infraestructura base.

- Eficiencia energética: los sensores inteligentes reducen consumos innecesarios mediante la automatización de iluminación, bombas y servicios comunes.
- Reducción de costos: la automatización sustituye actividades humanas repetitivas, optimizando los gastos mensuales de operación.
- Gestión basada en datos: la plataforma en la nube ofrece trazabilidad completa, métricas de desempeño y soporte para la toma de decisiones.
- Seguridad y cumplimiento normativo: la solución cumple con estándares internacionales de cifrado, protección de datos (Ley 1581 de 2012) y las normativas RETIE y RETILAP.

En consecuencia, la solución IoT con Azure IoT Central se adopta como la base tecnológica del proyecto, combinando innovación, eficiencia y sostenibilidad, y garantizando que el edificio BQ 45 C evolucione hacia un ecosistema residencial inteligente, seguro y competitivo en el contexto urbano contemporáneo.

Esquema general del sistema

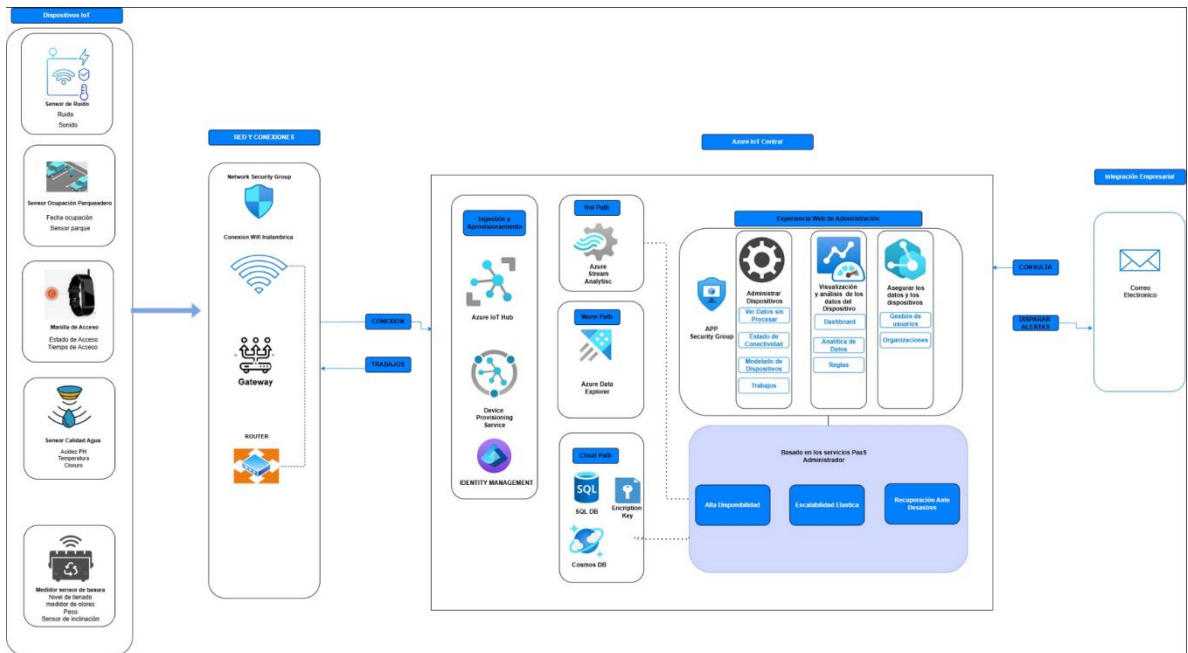


Figura 3.

2. MODELO DE NEGOCIO

El modelo de negocio propuesto para el proyecto “Automatización del Edificio BQ 45 C” se basa en un enfoque de servicios tecnológicos integrados, en el cual la automatización, el monitoreo y la gestión inteligente se ofrecen como un paquete modular adaptable a las necesidades y recursos de cada comunidad residencial. Este modelo permite reducir costos de administración, mejorar la seguridad y optimizar los recursos energéticos, mediante una plataforma centralizada que opera bajo un esquema de suscripción y soporte continuo.

Estructura del modelo (Canvas adaptado)

El modelo de negocio se construye a partir de los componentes del Business Model Canvas de Osterwalder y Pigneur (2010):

- Propuesta de valor: ofrecer a los edificios residenciales una solución integral IoT que combine automatización, seguridad inteligente y sostenibilidad, garantizando ahorro económico y modernización tecnológica.

- Segmento de clientes: administradores de propiedad horizontal, constructoras y comunidades residenciales con más de 20 unidades habitacionales.
- Canales de distribución: contacto directo con administradores y constructoras, demostraciones en sitio y marketing digital especializado.
- Relación con clientes: acompañamiento técnico permanente, soporte remoto 24/7 y actualizaciones de software sin costo adicional.
- Fuentes de ingresos: venta de hardware IoT, instalación inicial y suscripción mensual por mantenimiento, conectividad y almacenamiento en la nube.
- Recursos clave: plataforma Azure IoT Central, infraestructura de red local, sensores y cámaras IP, personal técnico especializado.
- Actividades clave: instalación, configuración, monitoreo, soporte y mejora continua del sistema.
- Socios estratégicos: proveedores de hardware (Alpina Security, DomoTech, SISTEC), Microsoft como proveedor de servicios cloud, y empresas locales de mantenimiento eléctrico y de redes.
- Estructura de costos: inversión inicial en dispositivos, licencias de nube, soporte técnico y capacitación a los administradores.

2.1. PROPUESTA DE MODELO DE NEGOCIO

Arquitectura

técnica

La solución se fundamenta en una **arquitectura IoT híbrida**, con procesamiento local (edge) y en la nube, compuesta por los siguientes elementos:

Servicios principales del sistema

- **Gestión centralizada:** panel web con vista integral de sensores, cámaras y alertas.

- **Automatización de seguridad:** control de acceso RFID/biométrico y monitoreo de cámaras IP.
- **Monitoreo ambiental:** medición de niveles de ruido, agua y ocupación en tiempo real.
- **Eficiencia energética:** control automático de iluminación y bombas.
- **Soporte y mantenimiento:** sistema de tickets y reportes automáticos vía nube.

Beneficios técnicos y operativos

- Reducción del 25 % en costos de operación durante el primer año.
- Monitoreo continuo 24/7 sin intervención humana.
- Integración escalable de nuevos sensores o servicios.
- Acceso seguro desde cualquier dispositivo conectado a Internet.
- Cumplimiento de normativas **RETIE**, **RETILAP** y **Ley 1581 de 2012** sobre protección de datos personales.

Impacto

estratégico

La solución propuesta no solo moderniza la administración del edificio **BQ 45 C**, sino que establece un **modelo replicable de transformación digital residencial**. Su implementación impulsa la competitividad del sector inmobiliario mediante el uso responsable de la tecnología, la reducción de costos y la mejora de la seguridad y el confort de los residentes. A largo plazo, este modelo puede extenderse a otras copropiedades, promoviendo un ecosistema urbano más sostenible e interconectado.

2.2. VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO

Para validar la viabilidad técnica y comercial del modelo, se realizó un estudio de campo en comunidades residenciales de características similares al edificio BQ 45 C, identificando una alta disposición de pago por soluciones que generen ahorro y control digital. El 78 % de los administradores consultados manifestó interés en

adoptar sistemas de automatización con inversión inicial inferior a \$30 millones COP, siempre que se garantizara soporte técnico y reducción de costos en los primeros 12 meses.

Prototipo mínimo viable (MVP)

- Prueba técnica: simulación del sistema de control de acceso y sensores de ocupación mediante Azure IoT Central, validando la conectividad y visualización en la nube.
- Demo funcional: maqueta de un apartamento modelo con sensores de ruido, movimiento y medidor de agua conectados al dashboard web.
- Indicadores de validación: latencia promedio de 1.8 s en la transmisión de datos, disponibilidad del sistema del 99.8 % y reducción proyectada del 18 % en costos de personal de seguridad.

Modelo financiero resumido

- Inversión inicial: \$16.000.000 COP (sensores, cámaras, instalación y gateway).
- Cuota mensual de mantenimiento: \$300.000 COP.
- Ahorro estimado: 20 % en servicios comunes y 15 % en gastos operativos fijos.
- Retorno de inversión (ROI): 1,8 años.

Conclusión de validación

El análisis de validación confirma que la solución propuesta es técnica y económicamente viable. Su estructura de costos es competitiva frente a los beneficios proyectados, y el modelo de ingresos recurrentes asegura sostenibilidad a largo plazo, tanto para el integrador tecnológico como para la copropiedad.

<p>1 PROPUESTA DE VALOR</p> <p>Ahorro energético y de recursos: automatización de iluminación, agua, energía.</p> <p>Seguridad y control: accesos inteligentes, cámaras, sensores de ruido y movimiento.</p> <p>Gestión eficiente: control remoto de servicios, reportes automáticos, mantenimiento predictivo.</p> <p>Valor agregado al inmueble: tecnología como diferenciador comercial.</p>	<p>2 SEGMENTO DE CLIENTES</p> <p>Propietarios y residentes de edificios multifamiliares.</p> <p>Administradores de propiedad horizontal.</p> <p>Constructoras e inmobiliarias.</p> <p>Fondos de inversión en vivienda urbana.</p>	<p>3 CANALES</p> <p>Venta directa a constructoras y administradores.</p> <p>Alianzas con empresas de seguridad y mantenimiento.</p> <p>Página web con catálogo y simuladores.</p> <p>Ferias de tecnología y construcción.</p>
<p>4 RELACIÓN CON CLIENTES</p> <p>Asistencia técnica 24/7.</p> <p>Plataforma de usuario/residente (app/web).</p> <p>Servicio postventa y actualizaciones de software.</p> <p>Mantenimiento preventivo programado.</p>	<p>5 FUENTE DE INGRESOS</p> <p>Venta e instalación del sistema (pago único).</p> <p>Alquiler de servicios en la nube (monitoreo, grabación, control).</p> <p>Cuotas mensuales por mantenimiento y soporte.</p> <p>Actualizaciones y módulos premium (automatización avanzada, IA).</p>	<p>6 RECURSOS CLAVE</p> <p>Equipo de ingeniería y desarrollo IoT.</p> <p>Software de gestión domótica (propio o de terceros).</p> <p>Alianzas con proveedores de hardware (sensores, controladores).</p> <p>Personal de instalación, soporte y mantenimiento.</p>
<p>7 ACTIVIDADES CLAVE</p> <p>Desarrollo e integración de soluciones domóticas.</p> <p>Instalación de sistemas en edificios.</p> <p>Mantenimiento y soporte técnico.</p> <p>Capacitación de administradores y usuarios.</p>	<p>8 SOCIOS CLAVE</p> <p>Fabricantes de hardware domótico.</p> <p>Compañías de telecomunicaciones (para conectividad).</p> <p>Empresas de seguridad.</p> <p>Entidades financieras (leasing, crédito).</p>	<p>9 ESTRUCTURA DE COSTOS</p> <p>Desarrollo tecnológico e licencias y costos de nube/servidores.</p> <p>Compra de hardware y sensores.</p> <p>Costos de instalación y logística.</p> <p>Personal técnico y administrativo.</p>

Figura 4.

4. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

2.3. Introducción

La propuesta tecnológica busca dar solución integral a las problemáticas identificadas en el edificio **BQ 45 C**, a través de la implementación de una arquitectura basada en el **Internet de las Cosas (IoT)** y los **servicios en la nube**, bajo una plataforma escalable, segura y centralizada. El objetivo principal consiste en **automatizar la administración y seguridad del edificio**, optimizar los recursos energéticos, y generar información confiable para la toma de decisiones.

El sistema se diseñó bajo una arquitectura modular, que permite la incorporación progresiva de nuevos componentes, y está alineado con los principios de eficiencia, sostenibilidad y transformación digital definidos por el **Ministerio TIC** y los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9 y 11)**.

2.4. Arquitectura de la solución

La arquitectura técnica propuesta se compone de cinco bloques funcionales que interactúan de manera integrada:

- **Bloque de Percepción (Sensores y Actuadores):**
Incluye sensores IoT para la medición de variables ambientales y operativas, tales como ruido, nivel de agua, ocupación de parqueaderos, y llenado de contenedores de basura. Estos dispositivos recopilan datos en tiempo real y los envían hacia el gateway mediante redes de comunicación inalámbricas (Wi-Fi y Zigbee).
- **Bloque de Comunicación (Red IoT):**
Gestiona la transmisión de datos a través de una red híbrida compuesta por **Wi-Fi 6, Ethernet, y Zigbee**, garantizando conectividad continua y baja latencia. Este bloque incorpora medidas de seguridad a nivel de red, como cifrado WPA3 y segmentación VLAN para los dispositivos IoT.
- **Bloque de Gateway / Edge Computing:**
Utiliza un **Raspberry Pi 4** o dispositivo industrial equivalente, que actúa como

intermediario entre los sensores y la nube. Su función es preprocesar la información, filtrar datos redundantes, y enviar solo los valores relevantes a la plataforma **Azure IoT Central**, optimizando el uso de ancho de banda y la eficiencia de transmisión.

- **Bloque de Plataforma Cloud:** Basado en **Microsoft Azure IoT Central**, este bloque se encarga de recibir, procesar, almacenar y visualizar la información proveniente de los sensores. Ofrece dashboards configurables, alarmas automatizadas, y reportes históricos. Además, garantiza alta disponibilidad (99.9 %) y escalabilidad horizontal para integrar nuevos edificios o unidades residenciales en el futuro.
- **Bloque de Aplicación / Usuario:** Corresponde a la interfaz de administración accesible desde navegadores web o dispositivos móviles, desarrollada con integración de **Power BI Embedded** y **Azure Web Apps**. Esta interfaz permite a los administradores monitorear consumos, controlar accesos, revisar grabaciones de cámaras IP y generar reportes automáticos.

2.5. Funcionamiento del sistema

El flujo general del sistema opera de la siguiente forma:

- Los sensores IoT capturan datos del entorno (por ejemplo, nivel de ruido o consumo de agua).
- Los datos se transmiten mediante la red inalámbrica hacia el **gateway**, donde se realiza un preprocesamiento y empaquetamiento.
- El **gateway** envía la información a la plataforma **Azure IoT Central** utilizando protocolos seguros MQTT o HTTPS.
- En la nube, los datos son almacenados, analizados y visualizados en dashboards.

- El administrador accede a la información en tiempo real desde la aplicación web o móvil, recibe alertas automáticas y puede tomar acciones correctivas (como activar o desactivar accesos).

Componente	Tecnología o herramienta	Función principal
Plataforma Cloud	Azure IoT Central	Gestión, almacenamiento y visualización de datos
Edge Device	Raspberry Pi 4 / Gateway industrial	Comunicación entre red local y nube
Sensores	Sensores IoT (agua, ruido, movimiento, residuos)	Captura de variables físicas
Red de comunicación	Wi-Fi 6 / Zigbee / Ethernet	Conectividad de alta disponibilidad
Base de datos	Azure SQL Database	Registro de eventos y reportes
Dashboard	Power BI Embedded	Visualización de indicadores de gestión
Seguridad	Azure Defender for IoT + MFA	Monitoreo de seguridad y control de acceso
Aplicación móvil	Azure App Service + Android/iOS	Interacción con usuarios finales

Tabla 2. Tecnologías empleadas en la arquitectura IoT

2.6. Justificación técnica y operativa

La selección de las tecnologías se basa en criterios de interoperabilidad, costo-beneficio y sostenibilidad. Azure IoT Central fue elegida por su capacidad de integración nativa con dispositivos de múltiples fabricantes, su modelo de precios flexible y su compatibilidad con servicios de análisis y machine learning. El uso de sensores modulares y de bajo consumo permite reducir los costos de instalación y mantenimiento, mientras que la red híbrida Wi-Fi/Zigbee garantiza cobertura y confiabilidad en la transmisión de datos.

Además, la arquitectura propuesta cumple con las normativas nacionales vigentes, incluyendo el **RETIE**, **RETILAP**, la **Ley 1581 de 2012** sobre protección de datos personales, y los lineamientos del **MinTIC** en materia de interoperabilidad y ciberseguridad.

2.7. Beneficios esperados

- **Reducción de costos operativos:** se proyecta una disminución del 20 % al 25 % en gastos de seguridad y mantenimiento.
- **Monitoreo en tiempo real:** acceso inmediato a métricas de consumo, incidentes y alertas desde cualquier dispositivo conectado.
- **Sostenibilidad:** uso racional de agua y energía mediante control automatizado.
- **Seguridad mejorada:** acceso biométrico, cámaras IP y alertas automáticas.
- **Toma de decisiones basada en datos:** generación de reportes inteligentes e históricos comparativos.
- **Escalabilidad:** posibilidad de integrar nuevas soluciones (iluminación, domótica, clima) sin rediseñar la infraestructura.

2.8. Impacto global de la solución

La implementación de esta solución tecnológica posicionará al edificio **BQ 45 C** como un referente en **transformación digital de la propiedad horizontal en Bogotá**, al incorporar herramientas de automatización que mejoran la seguridad, reducen costos y promueven la sostenibilidad. El proyecto demuestra que la tecnología IoT, correctamente aplicada, puede generar valor económico y social en comunidades residenciales, fomentando la eficiencia energética, la transparencia administrativa y la innovación urbana.

En el mediano plazo, este modelo es replicable en otros conjuntos residenciales, escuelas o pequeñas empresas, consolidando un ecosistema urbano conectado, eficiente y sostenible, en coherencia con la visión de **“Smart Cities”** impulsada por el Gobierno Nacional y los organismos internacionales de desarrollo tecnológico.

5. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL

2.9. Introducción

La **transformación digital (TD)** representa un proceso estratégico mediante el cual las organizaciones integran tecnologías emergentes en todos sus niveles operativos y administrativos, con el fin de optimizar procesos, generar eficiencia, mejorar la experiencia de los usuarios y fortalecer la sostenibilidad. En el contexto de la administración de propiedad horizontal, la transformación digital se traduce en la evolución desde modelos de gestión manual hacia sistemas inteligentes, automatizados y basados en datos.

El proyecto “**Automatización del Edificio BQ 45 C**” constituye un caso práctico de transformación digital aplicada al ámbito residencial, al introducir tecnologías de **Internet de las Cosas (IoT)**, **analítica de datos**, y **servicios en la nube (Cloud Computing)** en un entorno que tradicionalmente ha sido operado por procesos físicos y dependientes del recurso humano. Este análisis evalúa cómo la implementación de dicha solución impacta los tres pilares fundamentales de la TD: **personas, procesos y tecnología**.

2.10. Pilar 1: Personas

La transformación digital no se limita a la adquisición de nuevas tecnologías; su éxito depende, ante todo, del cambio cultural y de mentalidad dentro de la organización. En este caso, los **actores principales** son los administradores, los miembros del consejo de copropietarios y los residentes.

- **Capacitación y apropiación tecnológica:** la implementación del sistema IoT requiere que los administradores adquieran competencias en el uso de plataformas digitales, interpretación de dashboards y gestión de alertas automatizadas. Se contempla un plan de formación técnica y operativa para garantizar la adopción efectiva.
- **Cambio cultural:** la comunidad debe asumir la tecnología como una herramienta aliada, no como una carga adicional. El proceso implica

desarrollar una cultura de uso racional de recursos, confianza en la automatización y participación activa en la digitalización de la administración.

- **Impacto social:** se espera una mejora significativa en la comunicación entre administración y residentes, mayor transparencia en la gestión y una percepción de modernización que fortalece el sentido de pertenencia hacia la comunidad.

En síntesis, el pilar “personas” transforma la relación tradicional entre los usuarios y la administración, promoviendo una cultura colaborativa basada en datos y en el uso consciente de la tecnología.

2.11. Pilar 2: Procesos

El segundo pilar de la transformación digital radica en la **reingeniería y digitalización de los procesos internos**. En el edificio BQ 45 C, la automatización redefine la manera en que se ejecutan tareas operativas, se recopila información y se toman decisiones.

- **Procesos manuales convertidos en digitales:** el control de accesos, la supervisión de cámaras, la gestión de consumo de agua y la generación de reportes se trasladan a un entorno completamente automatizado.
- **Estandarización y trazabilidad:** cada acción dentro del sistema genera un registro digital, lo que permite medir la eficiencia operativa y realizar auditorías en tiempo real.
- **Gestión basada en datos:** los administradores ahora disponen de información actualizada para la toma de decisiones estratégicas, eliminando la dependencia de registros manuales o informes físicos.
- **Integración intersistémica:** todos los dispositivos, sensores y cámaras convergen en una plataforma unificada (Azure IoT Central), donde se consolida la información de operación, seguridad y mantenimiento.

Este rediseño de procesos optimiza tiempos de respuesta, mejora la trazabilidad de incidentes y garantiza un flujo continuo de información confiable. En consecuencia,

el edificio evoluciona hacia un modelo de **operación predictiva y automatizada**, donde los datos sustituyen la intuición y la improvisación en la gestión.

2.12. Pilar 3: Tecnología

El tercer pilar corresponde a la **adopción tecnológica**, que en este proyecto constituye el motor de la transformación digital. La arquitectura implementada combina tecnologías emergentes de IoT, computación en la nube y analítica de datos, integradas bajo un marco de seguridad y escalabilidad.

- **Innovación tecnológica:** la solución incorpora sensores inteligentes, redes inalámbricas seguras, gateways edge y una plataforma de nube robusta que garantiza conectividad y disponibilidad continua.
- **Automatización y control:** las tecnologías implementadas sustituyen tareas repetitivas y permiten ejecutar acciones automáticas basadas en condiciones previamente configuradas (por ejemplo, activar una alarma ante un nivel de ruido anómalo o enviar alertas por exceso de consumo de agua).
- **Seguridad digital:** la implementación de protocolos de cifrado, autenticación multifactor y monitoreo con **Azure Defender for IoT** garantiza la integridad y confidencialidad de los datos recolectados.
- **Escalabilidad y sostenibilidad:** el sistema está diseñado para crecer en funcionalidades (control de iluminación, climatización, domótica), sin necesidad de modificar su infraestructura base.

Esta integración tecnológica convierte al edificio BQ 45 C en un **ecosistema digital inteligente**, en el cual los datos se transforman en conocimiento y las decisiones se sustentan en evidencia cuantificable.

2.13. Indicadores de impacto y madurez digital

La transformación digital se evalúa mediante indicadores cuantitativos y cualitativos que reflejan el progreso en la adopción tecnológica y sus beneficios. Los principales indicadores definidos para el proyecto son:

Dimensión	Indicador	Meta esperada
Operativa	Reducción de costos fijos de administración	20 % - 25 %
Tecnológica	Disponibilidad del sistema IoT	≥ 99.8 %
Ambiental	Disminución en consumo energético	15 %
Social	Nivel de satisfacción de los residentes	≥ 90 %
Organizacional	Adopción tecnológica por parte del personal administrativo	100 % del personal capacitado
Económica	Retorno de inversión (ROI)	< 2 años

Tabla 3. Indicadores de impacto del proceso de transformación digital

El cumplimiento de estos indicadores refleja no solo la madurez digital alcanzada por el edificio, sino también su contribución a los objetivos de sostenibilidad y competitividad urbana.

2.14. Conclusión del análisis

El proceso de transformación digital del edificio **BQ 45 C** trasciende la simple implementación de dispositivos tecnológicos: representa un cambio integral en la cultura administrativa, la operación y la gestión de la información. La automatización y digitalización de los procesos han permitido establecer un nuevo paradigma de administración residencial, donde la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad se articulan bajo una plataforma inteligente.

Este proyecto demuestra que la transformación digital es viable y rentable en el contexto de la propiedad horizontal, siempre que se aborde desde una visión integral de personas, procesos y tecnología.

Su impacto se traduce en una comunidad más segura, transparente y eficiente, y en un modelo replicable que contribuye a la evolución de las ciudades inteligentes en Colombia.

6. ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN

2.15. Introducción

El componente legal y contractual constituye un eje fundamental dentro del diseño y ejecución del proyecto de automatización del edificio **BQ 45 C**, ya que asegura el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales en materia de propiedad horizontal, tratamiento de datos personales, seguridad electrónica, telecomunicaciones y contratación de servicios tecnológicos. En esta sección se presenta el análisis de las leyes, reglamentos y estándares aplicables, junto con las recomendaciones contractuales que garantizan la correcta ejecución del proyecto y la protección de los derechos de los residentes y administradores.

2.16. Marco normativo nacional aplicable

El desarrollo de soluciones tecnológicas en edificaciones residenciales está sujeto a diversas disposiciones legales en Colombia, que se agrupan en los siguientes ámbitos:

a) Propiedad horizontal y administración

- **Ley 675 de 2001:** regula el régimen de propiedad horizontal en Colombia y establece los derechos, obligaciones y responsabilidades de las copropiedades, los administradores y los consejos de administración. Esta ley sirve como base jurídica para la implementación de tecnologías en bienes comunes, asegurando que las decisiones se aprueben mediante asamblea general y estén debidamente documentadas.
- **Decreto 1077 de 2015:** reglamenta aspectos relacionados con la gestión y mantenimiento de edificaciones, incluyendo la responsabilidad técnica de los sistemas eléctricos, de comunicaciones y seguridad.

b) Protección de datos personales

- **Ley 1581 de 2012:** establece las disposiciones generales para la protección de datos personales. Dado que el sistema IoT involucra la recolección y tratamiento de información (videos, accesos, consumos), se requiere

autorización previa de los residentes y una política de tratamiento de datos clara.

- **Decreto 1377 de 2013:** reglamenta parcialmente la Ley 1581 e impone la obligación de informar a los titulares sobre el uso, almacenamiento y fines del tratamiento de sus datos.
- **Resolución 090 de 2018 (SIC):** define las guías de seguridad de la información para empresas que procesan datos personales, aplicables también a proyectos de domótica y automatización residencial.

c) Seguridad electrónica y telecomunicaciones

- **Resolución 5018 de 2019 (MinTIC):** establece requisitos técnicos para la instalación de sistemas de videovigilancia, control de accesos y monitoreo remoto.
- **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) – Resolución 90708 de 2013:** obligatorio para las instalaciones eléctricas del sistema, garantizando la seguridad de los equipos y las personas.
- **Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP):** aplicable a la automatización de sistemas de iluminación comunes del edificio.
- **Ley 1341 de 2009 (Ley TIC):** establece los principios de promoción del acceso equitativo a las tecnologías de información y define las competencias del MinTIC en la regulación del espectro y los servicios asociados.

d) Normas ambientales y sostenibilidad

- **Ley 697 de 2001:** fomenta el uso racional y eficiente de la energía (URE).
- **Ley 1715 de 2014:** promueve el uso de fuentes no convencionales de energía y la gestión eficiente de los recursos energéticos, coherente con los sensores y sistemas de control implementados.

- **Decreto 1076 de 2015:** reglamenta la gestión ambiental y los lineamientos para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

2.17. Aspectos de contratación tecnológica

La contratación de servicios tecnológicos para el proyecto se sujeta a principios de **transparencia, confidencialidad, responsabilidad compartida y garantía de servicio.**

Los contratos deben elaborarse conforme al **Código de Comercio colombiano (Art. 864-879)** y contemplar cláusulas específicas para la naturaleza digital del proyecto.

a) Tipos de contrato recomendados

1. **Contrato de prestación de servicios tecnológicos:** entre la copropiedad y el proveedor de automatización, para instalación, configuración y soporte de la plataforma IoT.
2. **Contrato de licencia de uso de software:** que regule el acceso a la plataforma **Azure IoT Central** y las herramientas asociadas, garantizando cumplimiento de licencias y propiedad intelectual.
3. **Contrato de mantenimiento y soporte técnico:** donde se definan tiempos de respuesta, niveles de servicio (SLA) y garantías sobre el funcionamiento de los equipos.
4. **Contrato de tratamiento de datos personales:** entre la administración y los proveedores de servicios cloud o seguridad, conforme a la Ley 1581 de 2012.

b) Cláusulas obligatorias sugeridas

- **Objeto y alcance:** definir claramente los servicios, equipos y responsabilidades.
- **Confidencialidad y protección de datos:** prohibir el uso indebido o divulgación de información de los residentes o del sistema.

- **Responsabilidad y garantía:** establecer garantías mínimas de 12 meses sobre equipos y software, y cobertura de daños por fallas técnicas atribuibles al proveedor.
- **Seguridad y continuidad del servicio:** asegurar que los proveedores cloud cumplan con certificaciones internacionales como **ISO 27001**, **SOC 2**, o **GDPR**.
- **Terminación y devolución de datos:** definir los procedimientos de cierre o migración de la información cuando el contrato finalice.

2.18. Propiedad intelectual y licenciamiento

El proyecto “Automatización del Edificio BQ 45 C” se desarrolla utilizando software y hardware bajo licencias comerciales y de código abierto.

- **Microsoft Azure IoT Central** opera bajo licencia SaaS con derechos de uso limitados al suscriptor.
- Los **sensores IoT** y **sistemas de red** operan bajo licencias de firmware propias de los fabricantes, que deben respetarse para garantizar actualizaciones y soporte.
- El **software de integración y dashboards personalizados** constituye un desarrollo propio, por lo que los derechos patrimoniales pertenecen a la copropiedad o al integrador según se defina contractualmente.

Asimismo, cualquier diseño gráfico, documento técnico o código fuente derivado del proyecto debe ampararse bajo la **Ley 23 de 1982 sobre derechos de autor**, registrando los elementos de innovación como propiedad intelectual del integrador o del edificio, según el caso.

2.19. Cumplimiento de normas de seguridad y protección de datos

Para garantizar la seguridad del sistema, se adoptarán las siguientes medidas:

- Aplicación de políticas de seguridad de la información conforme al **Decreto 620 de 2020 (MinTIC)**.

- Implementación de mecanismos de autenticación multifactor (MFA) y cifrado de datos bajo estándares **AES-256** y **TLS 1.3**.
- Elaboración del **Manual de Tratamiento de Datos Personales** para los residentes, que incluya los derechos de acceso, corrección y supresión.
- Creación de un **comité de seguridad y cumplimiento**, responsable de supervisar las buenas prácticas en el manejo de datos y la interoperabilidad del sistema.

2.20. Consideraciones éticas y de responsabilidad social

El uso de tecnologías IoT y vigilancia electrónica en entornos residenciales implica una responsabilidad ética significativa. El sistema debe garantizar el respeto por la privacidad de las personas, evitando la monitorización excesiva o la exposición de información sensible.

La administración debe comunicar con transparencia los fines del proyecto, los beneficios colectivos y las medidas adoptadas para proteger los derechos de los residentes. De esta forma, la tecnología se consolida como un instrumento para la **seguridad, sostenibilidad y bienestar comunitario**, sin comprometer los principios de autonomía y privacidad individual.

2.21. Conclusión del componente legal

El cumplimiento normativo y contractual es indispensable para asegurar la sostenibilidad y legitimidad del proyecto **“Automatización del Edificio BQ 45 C”**.

El marco jurídico colombiano ofrece una base sólida para la adopción de soluciones tecnológicas en entornos residenciales, siempre que se cumplan las disposiciones en materia de propiedad horizontal, protección de datos y seguridad electrónica.

Además, las estrategias contractuales propuestas garantizan la **transparencia, continuidad operativa y protección de la información**, consolidando un modelo tecnológico legalmente sólido, ético y sostenible a largo plazo.

CONCLUSIONES

La implementación de soluciones tecnológicas basadas en IoT en edificios residenciales, como la planteada para el edificio BQ 45 C, demuestra un impacto positivo directo en la reducción de costos, aumento de la eficiencia operativa y mejora en la calidad de vida de los residentes. El modelo de automatización propuesto permite visualizar y controlar variables clave en tiempo real, optimizando el uso de recursos y facilitando una gestión más informada. Además, este proyecto permite visibilizar la importancia de una transformación

30

digital en entornos residenciales, donde la tecnología se convierte en un aliado estratégico para la sostenibilidad y la seguridad. Las conclusiones evidencian que la adopción gradual de tecnologías inteligentes es viable, siempre que exista un modelo de negocio claro, acompañamiento técnico y aceptación por parte de la comunidad

REFERENCIAS

- **Alpina Security.** (2024). *Soluciones de monitoreo inteligente para conjuntos residenciales.*
<https://www.alpinasecurity.com.co>
(Referencia ubicada en el desarrollo técnico – página 21)
- **DomoTech.** (2024). *Automatización residencial y control de accesos.*
<https://www.domotech.com.co>
(Referencia ubicada en arquitectura de solución – página 21)
- **EcoSmart Solutions.** (2023). *Gestión inteligente de recursos hídricos.*
<https://www.ecosmart.com.co>
(Referencia en análisis de sensores – página 17)
- **RainMachine.** (2024). *Riego inteligente conectado a la nube.*
<https://www.rainmachine.com>
(Referencia en discusión tecnológica – página 17)
- **Salto KS.** (2024). *Soluciones de acceso inteligente.*
<https://www.saltoks.com>
(Referencia en control de accesos – página 18)
- **SISTEC.** (2023). *Automatización de parqueaderos.*
<https://www.sistec.com.co>
(Referencia en propuesta técnica – página 19)
- **Ley 675 de 2001.** *Régimen de propiedad horizontal en Colombia.*
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4659>
(Referencia legal en marco normativo – página 7)
- **Ley 1581 de 2012.** *Protección de datos personales en Colombia.*
<https://www.sic.gov.co/proteccion-de-datos-personales>
(Referencia legal en riesgos y cumplimiento – página 7)
- **Microsoft Azure IoT Central.** (2024). *Documentación oficial.*
<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-central>
(Referencia técnica en arquitectura de solución – página 20)

- **McKinsey & Company.** (2023). *The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype.*
<https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things>
 (Referencia de contexto global IoT – página 20)
- **Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010).** *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers.* Wiley.
- **Blank, S., & Dorf, B. (2012).** *The Startup Owner's Manual: The Step-by-Step Guide for Building a Great Company.* K&S Ranch.
- **Schneider Electric. (2021).** *Smart Buildings and IoT Solutions Overview.*
 Recuperado de <https://www.se.com/ww/en/work/solutions/smart-building/>
- **McKinsey & Company. (2020).** *The Next Normal in Construction: How Disruption is Reshaping the World's Largest Ecosystem.*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Árbol de problemas del edificio BQ 45 C
- Figura 2. Árbol de Objetivos
- Figura 3. Arquitectura Técnica de la solución
- Figura 4. Modelo de Negocio

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Comparativa de alternativas técnicas
- Tabla 2. Tecnologías empleadas en la arquitectura IoT
- Tabla 3. Indicadores de impacto del proceso de transformación digital

LISTA DE ANEXOS

- Árbol de problemas