

**Optimización del sistema domótico de control de líneas eléctricas en sucursales
estratégicas de UNIDROGAS S.A.S.**

Joseph Sneyder Ariza Romero

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero mecatrónico

Director

Omar Leonardo Peña Galvis

Magister en ingeniería electrónica

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de ingenierías y arquitectura

Ingeniería mecatrónica

2026

Dedicatoria

A Dios, fuente de luz y fortaleza en cada paso de este camino. A mi familia, pilar inquebrantable de apoyo, compañía y esperanza. Y al amor, en todas sus formas, por dar sentido y plenitud a este logro.

Contenido

Introducción	8
1. Optimización del Sistema Domótico de Control de Líneas Eléctricas	9
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Justificación	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo general	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
2. Marco referencial	13
2.1 Marco teórico	13
2.2 Marco conceptual	15
2.3 Marco legal	17
3. Método	18
4. Resultados	20
5. Conclusiones	33
Referencias	35

Lista de figuras

Figura 1. <i>Diagrama general de funcionamiento del sistema domótico.</i>	10
Figura 2. <i>Cantidad de incidencias previas por sucursal y por tipo en promedio mensual</i>	20
Figura 3. <i>Distribución previa del tablero de automatización</i>	21
Figura 4. <i>Distribución posterior del tablero de automatización.</i>	23
Figura 5. <i>Nueva versión de controlador.</i>	24
Figura 6. <i>Diagrama de flujo de script de control de dispositivos.</i>	26
Figura 7. <i>Diagrama de flujo de script de manejo de horarios especiales.</i>	27
Figura 8. <i>Propuesta de mock up.</i>	29
Figura 9. <i>Tablero de control de dispositivos domóticos.</i>	30
Figura 10. <i>Tablero de indicadores de consumo eléctrico.</i>	31
Figura 11. <i>Tablero de prioridad de implementaciones del sistema domótico.</i>	31
Figura 12. <i>Cantidad de incidencias posteriores por sucursal y por tipo en promedio mensual.</i>	34

Resumen

El sistema de automatización implementado en sucursales de UNIDROGAS S.A.S. presentaba deficiencias críticas en hardware, software y herramientas de visualización, generando fallos recurrentes, riesgos eléctricos y limitaciones en el monitoreo centralizado. Se plantea como objetivo optimizar el sistema domótico mediante un diagnóstico integral, fortalecimiento de la arquitectura de hardware, mejora del software, implementación de herramientas de visualización y ejecución de nuevas implementaciones. Se aplicó una metodología de diagnóstico técnico integral, seguida de intervenciones estructuradas en hardware (reorganización de tableros, mejora de alimentación, reemplazo de componentes), software (ajustes en firmware ESP32, desarrollo de scripts Python automatizados), y creación de tableros de visualización para monitoreo y priorización. Con esto se logró una mejora significativa en la estabilidad del sistema, eliminando prácticamente los bloqueos inesperados y fallas de comunicación. Se implementaron herramientas de visualización que permitieron reactivar el proyecto y establecer criterios objetivos de priorización. La intervención integral demostró la importancia de abordar simultáneamente aspectos técnicos y operativos para generar soluciones sostenibles en sistemas de automatización industrial.

Palabras clave: domótica, automatización industrial, ESP32, sistemas de control, eficiencia energética

Abstract

The automation system implemented in UNIDROGAS S.A.S. branches presented critical deficiencies in hardware, software, and visualization tools, generating recurring failures, electrical risks, and limitations in centralized monitoring. The objective is to optimize the automation system

through a comprehensive diagnosis, strengthening the hardware architecture, software improvement, implementation of visualization tools, and execution of new implementations. A comprehensive technical diagnostic methodology was applied, followed by structured interventions in hardware (panel reorganization, power supply improvement, component replacement), software (ESP32 firmware adjustments, development of automated Python scripts), and the creation of visualization dashboards for monitoring and prioritization. This led to a significant improvement in the stability of the system, practically eliminating unexpected blockages and communication failures. Visualization tools were implemented, which made it possible to reactivate the project and establish objective prioritization criteria. The comprehensive intervention demonstrated the importance of simultaneously addressing technical and operational aspects to generate sustainable solutions in industrial automation systems.

Keywords: home automation, industrial automation, ESP32, control systems, energy efficiency

Glosario

Automatización: Proceso mediante el cual se utilizan dispositivos tecnológicos y software para ejecutar tareas de forma automática, reduciendo o eliminando la intervención humana [1].

Bloqueo (del sistema): Situación en la que un dispositivo deja de responder a comandos o deja de operar correctamente, requiriendo intervención manual para ser restablecido [2].

Cliente-servidor: Modelo de comunicación en el que un dispositivo (cliente) realiza peticiones a otro dispositivo (servidor), que responde con datos o acciones. En el sistema domótico, los clientes suelen ser scripts que consultan o envían información al ESP32, que actúa como servidor [3].

Crontab: Herramienta en sistemas Linux que permite programar la ejecución automática de tareas (como scripts) en intervalos de tiempo definidos (por ejemplo, cada 5 minutos, todos los días, etc.) [4].

ESP32: Microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento que integra Wi-Fi y Bluetooth. Es ampliamente utilizado en proyectos de Internet de las Cosas (IoT) por su versatilidad y capacidad de procesamiento [5].

Mock up: Prototipo visual o funcional de una interfaz o aplicación, que permite mostrar cómo se verá o funcionará el sistema final antes de ser implementado completamente. Se utiliza para validar ideas o recolectar retroalimentación [6].

Ping: Comando utilizado para verificar si un dispositivo conectado a una red está disponible y respondiendo correctamente. Es una forma básica de comprobar si hay conexión entre equipos [7].

Relé (o relay): Dispositivo electromecánico que permite abrir o cerrar circuitos eléctricos desde señales de bajo voltaje, funcionando como interruptor controlado electrónicamente [8].

Script de Python: Archivo de instrucciones programadas en el lenguaje Python, que permite automatizar tareas como el control de dispositivos, recolección de datos, o verificación del estado de sistemas [9].

Shield de expansión: Placa complementaria que se conecta al ESP32 u otros microcontroladores para ampliar sus funcionalidades (como controlar más relés, manejar voltajes distintos o agregar protecciones eléctricas) [10].

Sistema domótico: Sistema que permite controlar de forma remota o automática diversos dispositivos eléctricos o electrónicos dentro de una infraestructura (por ejemplo, encendido y

apagado de luces, ventilación, etc.), con el objetivo de mejorar la eficiencia, seguridad y comodidad [11].

Tablero de control: Caja o estructura donde se agrupan y organizan los componentes eléctricos o electrónicos de un sistema, incluyendo microcontroladores, relés, fuentes de alimentación y protecciones [12].

Introducción

El presente trabajo de grado narra el desarrollo de un proyecto de prácticas profesionales orientado a optimizar el sistema domótico encargado de controlar las líneas eléctricas en las sucursales estratégicas de UNIDROGAS S.A.S. Esta infraestructura, discreta pero esencial, sostiene parte de la operación diaria al automatizar el encendido y apagado de circuitos que determinan el funcionamiento de espacios críticos. Su desempeño influye directamente en la continuidad del servicio y en la capacidad de cada sede para operar dentro de los parámetros esperados.

El proyecto surgió de una pregunta que orientó cada decisión técnica: ¿cómo optimizar el sistema domótico existente para mejorar su confiabilidad y eficiencia operativa? Para responderla, fue necesario examinar de manera integral las fallas presentes en el sistema actual y diseñar soluciones que, además de resolver los problemas inmediatos, permitieran construir una base más sólida para su crecimiento futuro.

La necesidad de intervenir el sistema era evidente: las deficiencias detectadas afectaban la confiabilidad del suministro eléctrico en puntos clave de venta y generaban riesgos operativos, sobrecostos y dificultades en la gestión cotidiana. Atender estos problemas no solo permitió

mejorar la eficiencia del consumo eléctrico y el control operativo, sino también reducir la vulnerabilidad frente a interrupciones que comprometen el funcionamiento de cada sucursal.

Metodológicamente, el proyecto se desarrolló a partir de un diagnóstico técnico exhaustivo, seguido de intervenciones estructuradas en tres frentes: hardware, software y herramientas de visualización. Este proceso permitió abordar las causas raíz de las fallas y sentar las bases para un sistema más robusto, escalable y alineado con las necesidades reales de la empresa.

El documento se organiza en seis capítulos: el primero expone el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos; el segundo presenta el marco referencial que sustenta teóricamente la investigación; el tercero describe la metodología; el cuarto capítulo muestra los resultados obtenidos; el quinto presenta las conclusiones; y, finalmente, el sexto capítulo reúne las recomendaciones para la evolución futura del sistema.

1. Optimización del Sistema Domótico de Control de Líneas Eléctricas

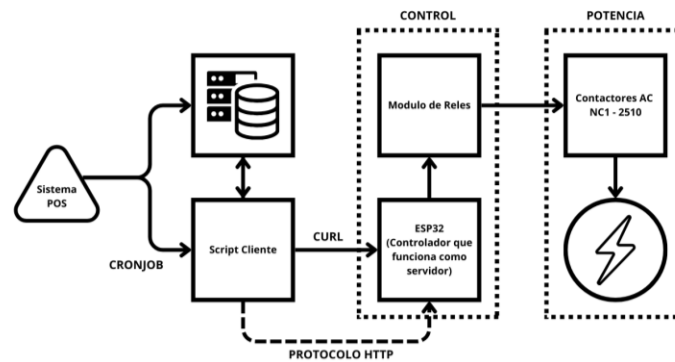
1.1 Planteamiento del problema

UNIDROGAS S.A.S. opera a nivel nacional a través de una red de sucursales estratégicamente distribuidas en distintas regiones del país. Esta estructura descentralizada exige un control eficiente y seguro de los recursos eléctricos, dado que cada punto de venta depende del funcionamiento ininterrumpido de sus sistemas para garantizar la disponibilidad de productos farmacéuticos y el cumplimiento de estándares operativos.

En este escenario, el sistema domótico implementado para el control de líneas eléctricas constituye un componente clave para la operación de las sucursales. Su función principal es automatizar el encendido y apagado de circuitos específicos, permitiendo gestionar de forma

remota los horarios de funcionamiento eléctrico y asegurar que las líneas operen conforme a los parámetros definidos por la empresa.

Figura 1. *Diagrama general de funcionamiento del sistema domótico.*



Nota: Diagrama elaborado teniendo como referencia el funcionamiento general del sistema.

Sin embargo, la versión anterior del sistema presentaba deficiencias significativas: inestabilidad en el control, fallos en la alimentación, interrupciones en la comunicación entre dispositivos y una implementación no estandarizada. Estas fallas no eran eventos aislados, sino síntomas de una arquitectura frágil que representaba un riesgo recurrente para la operatividad de la empresa.

La falta de herramientas de visualización y la dependencia de procesos manuales para el diagnóstico de fallos dificultaban la detección oportuna de problemas y limitaban la capacidad de respuesta del equipo técnico.

Frente a este panorama, el proyecto se planteó como una solución integral, basada en un diagnóstico exhaustivo del sistema existente, con el fin de rediseñar tanto el hardware como el software involucrado. Asimismo, se propuso la incorporación de nuevas herramientas de

monitoreo, orientadas a garantizar un control más preciso, seguro y escalable, en coherencia con las metas de crecimiento y modernización tecnológica de la organización.

1.2 Justificación

El sistema domótico implementado en algunas sucursales de UNIDROGAS S.A.S. presentaba deficiencias en su diseño y operación, lo que generaba fallos recurrentes, riesgos eléctricos y limitaciones en el monitoreo centralizado. Estas problemáticas comprometían la confiabilidad y continuidad del suministro eléctrico en puntos estratégicos de venta, incrementando el riesgo de interrupciones operativas, sobrecostos y afectaciones a la seguridad del personal y de los equipos.

Ante esta situación, se planteó la necesidad de realizar un diagnóstico técnico integral que permitiera identificar el origen de las fallas y definir soluciones sostenibles, abarcando mejoras en el hardware, el software y las herramientas de visualización. La intervención fue concebida como un proceso sistemático orientado al fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, con el propósito de incrementar la capacidad operativa de la empresa y reducir su vulnerabilidad ante incidencias eléctricas.

La ejecución del proyecto permitió optimizar el control, la seguridad y la eficiencia energética en las sucursales priorizadas, estableciendo a su vez un modelo replicable para futuras implementaciones. En ausencia de esta intervención, las limitaciones del sistema anterior habrían persistido, afectando la operación diaria y dificultando la escalabilidad del sistema domótico, con implicaciones crecientes en términos de complejidad técnica y costos.

De esta manera, el proyecto respondió a una necesidad técnica crítica, a la vez que se alineó con los objetivos de innovación y sostenibilidad de UNIDROGAS S.A.S., aportando valor estratégico tanto en el corto como en el largo plazo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar el sistema domótico de control de líneas eléctricas en las sucursales estratégicas de la empresa UNIDROGAS SAS, a partir de un diagnóstico integral del sistema existente, que permita identificar e implementar mejoras en hardware, software y herramientas de visualización, orientadas a garantizar la fiabilidad, seguridad y eficiencia del sistema.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico general del sistema domótico existente, considerando la arquitectura actual, los registros de incidencias y el desempeño operativo, con el fin de identificar oportunidades de mejora a nivel de hardware y software.
- Fortalecer la arquitectura de hardware del sistema domótico, implementando ajustes en la alimentación, el diseño general y el reemplazo de componentes críticos para aumentar la fiabilidad, seguridad y mantenibilidad del sistema.
- Mejorar el software del sistema domótico mediante ajustes al programa de control del ESP32 y el desarrollo de scripts externos orientados a la gestión, monitoreo y comunicación del sistema, con enfoque en su seguridad, escalabilidad y facilidad de implementación.

- Implementar herramientas de visualización para representar el comportamiento en las sucursales domotizadas, así como identificar las sucursales no domotizadas con mayores niveles de consumo para su priorización en futuras implementaciones.
- Ejecutar la implementación del sistema domótico en las sucursales pertinentes, a partir del análisis de consumo energético y la viabilidad de ahorro, abarcando la instalación del hardware, la validación de la instalación eléctrica y la configuración operativa del sistema.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

La automatización aplicada a infraestructuras comerciales ha evolucionado desde sistemas centralizados hacia arquitecturas distribuidas basadas en dispositivos inteligentes e interconectados. Este enfoque ha permitido el control eficiente de cargas eléctricas, la reducción de consumo energético y el incremento de la confiabilidad operativa, especialmente en redes de establecimientos con procesos repetitivos y horarios definidos [13]. En estos entornos, la automatización no solo busca ejecutar acciones previamente programadas, sino garantizar estabilidad y capacidad de recuperación ante fallas.

Dentro de este paradigma, los microcontroladores se han consolidado como elementos clave para el control local de actuadores. El ESP32, en particular, destaca por su capacidad de procesamiento, conectividad Wi-Fi integrada y soporte para múltiples protocolos (entre ellos HTTP) lo que permite su integración tanto en entornos domésticos como industriales [14]. Estas características lo hacen adecuado para sistemas donde los dispositivos deben ejecutar lógicas independientes, responder a comandos remotos y mantenerse funcionales incluso ante

interrupciones temporales de red o software remoto, condición crítica en redes operativas de múltiples sucursales.

En sistemas de automatización eléctrica como los empleados en instalaciones comerciales, los microcontroladores interactúan con módulos de relés y contactores para conmutar circuitos de potencia mediante señales de bajo voltaje. Esta separación entre control y potencia protege la electrónica sensible y garantiza la integridad de los circuitos energizados, alineando la implementación con prácticas aceptadas en automatización de baja tensión [15].

Además, la integración de control distribuido con lógica programada desde un dispositivo externo (como scripts ejecutados periódicamente en un punto de servicio local) responde a una tendencia de coordinación híbrida. En este modelo, el microcontrolador ejecuta las órdenes de manera autónoma, pero la lógica de decisión se consulta mediante procesos externos que analizan horarios, reglas operativas y condiciones dinámicas antes de enviar comandos [16]. Este esquema reduce la carga computacional sobre el dispositivo embebido, facilita la actualización remota de reglas de negocio sin modificar el firmware y contribuye a mantener la escalabilidad del sistema en instalaciones múltiples.

La optimización de este tipo de soluciones requiere intervenciones tanto de hardware como de software. A nivel físico, es indispensable garantizar alimentación eléctrica estable, organización de tableros, cableado seguro y selección adecuada de elementos de conmutación. A nivel lógico, se requiere manejo robusto de errores, cifrado o control de acceso para peticiones externas y herramientas de monitoreo que permitan detectar fallas antes de que afecten la operación. La implementación de indicadores de desempeño y visualización centralizada complementa este enfoque, permitiendo priorizar sucursales según su impacto energético y validar la efectividad de la automatización en la práctica.

Finalmente, toda automatización eléctrica en Colombia debe realizarse bajo las directrices del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), el cual establece requisitos de seguridad, puesta a tierra, protección contra contactos indirectos y criterios para el manejo de cargas y acometidas en baja tensión [17]. El cumplimiento de este marco regulatorio asegura que las mejoras tecnológicas implementadas no solo incrementen eficiencia y estabilidad, sino que operen bajo condiciones seguras para equipos y personal en instalaciones comerciales.

2.2 Marco conceptual

Este proyecto se apoya en una serie de conceptos clave que pertenecen al campo de la automatización y el control de sistemas eléctricos. Comprenderlos permite tener una visión más clara de cómo se integran los diferentes componentes, estructuras y procesos dentro de la solución de optimización domótica que se plantea. La automatización se entiende como el uso de dispositivos tecnológicos y software capaces de ejecutar tareas sin necesidad de intervención humana constante. Más allá de reducir esfuerzos, este proceso busca optimizar recursos, aumentar la eficiencia y garantizar que los sistemas funcionen de manera continua incluso en entornos complejos [1].

En ocasiones, los sistemas pueden enfrentarse a un bloqueo, es decir, cuando un dispositivo deja de responder y queda inoperante. Este tipo de situaciones requieren de intervención manual para recuperar su funcionamiento normal. Anticipar y gestionar estos bloqueos resulta fundamental en aplicaciones críticas, ya que de ello depende la disponibilidad y confiabilidad del sistema [2]. El termino cliente-servidor es un modelo de comunicación ampliamente utilizado en informática. En esta dinámica, un dispositivo cliente envía solicitudes y un servidor responde con datos o acciones. En el caso del sistema domótico trabajado, el ESP32 asume el rol de servidor,

mientras que los equipos POS o los scripts de monitoreo funcionan como clientes que interactúan con él [3]. Para mantener las tareas automatizadas de manera ordenada se recurre a herramientas como Crontab, presente en sistemas Linux. Esta utilidad permite programar la ejecución de acciones en intervalos definidos, lo que facilita que ciertos procesos de mantenimiento o monitoreo se realicen de manera periódica sin necesidad de supervisión humana [4].

Dentro de los dispositivos más relevantes se encuentra el ESP32, un microcontrolador de bajo costo que combina gran capacidad de procesamiento con conectividad Wi-Fi y Bluetooth. Gracias a su versatilidad, es uno de los elementos más usados en proyectos de Internet de las cosas y en soluciones de automatización, convirtiéndose en el núcleo del sistema. En la fase de diseño, los prototipos son de gran utilidad. El mock up cumple justamente ese papel: representar de manera visual o funcional cómo se verá o cómo trabajará una interfaz o aplicación. De esta forma, es posible validar ideas y recoger opiniones antes de construir la versión final [6]. Para garantizar la comunicación en una red, se utilizan herramientas sencillas como el comando ping, que permite comprobar si un dispositivo está disponible y responde correctamente. Aunque parezca básico, es esencial para diagnosticar problemas de conectividad y asegurar que todos los equipos del sistema se mantengan en comunicación [7]. El relé también ocupa un lugar central en los sistemas domóticos, pues permite controlar circuitos eléctricos de mayor potencia mediante señales de baja tensión. Actúa como un interruptor de seguridad que protege tanto a los equipos como a las personas [8]. La automatización del proyecto se apoya en la programación. Un script en Python consiste en un archivo con instrucciones que permiten ejecutar tareas de forma automática, desde controlar dispositivos hasta recolectar datos o diagnosticar estados de operación [9]. Para ampliar las capacidades del microcontrolador se emplean accesorios como el shield de expansión, que

añade nuevas funciones, como la posibilidad de manejar más relés, trabajar con diferentes niveles de voltaje o integrar protecciones adicionales al sistema [10].

El conjunto completo se articula bajo la idea de sistema domótico, entendido como la integración de tecnologías que permiten controlar de manera automática o remota dispositivos como luces, ventilación o circuitos eléctricos. El propósito es mejorar la eficiencia, la seguridad y la comodidad de los espacios [11]. Finalmente, el tablero de control actúa como el centro de operaciones. Allí se organizan y concentran los diferentes componentes, microcontroladores, módulos relé, fuentes de alimentación de manera que sea más sencillo gestionar y mantener el sistema [12].

2.3 Marco legal

La implementación de sistemas domóticos, especialmente para el control y automatización de líneas eléctricas en establecimientos comerciales e industriales en Colombia, está rigurosamente regulada por un conjunto de normativas y estándares que garantizan la seguridad, eficiencia y conformidad técnica de dichas instalaciones.

En primer lugar, la Reglamentación Técnica de Instalaciones Eléctricas (RETIE), expedida y actualizada por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia [17], constituye la norma fundamental que establece los requisitos mínimos que deben cumplir todos los sistemas eléctricos, incluidos aquellos con componentes automatizados como los controladores y módulos empleados en domótica. El RETIE regula aspectos esenciales tales como diseño, instalación, protección contra fallas eléctricas, certificación de equipos, y pruebas de seguridad, asegurando la protección tanto de las personas como de los bienes materiales y del medio ambiente. Su cumplimiento es obligatorio para acceder a la conexión con la red pública y para la legalidad de la operación

eléctrica en territorio nacional. Este marco legal obliga a las empresas a implementar soluciones que garanticen continuidad, fiabilidad y seguridad en la gestión energética.

En el contexto normativo específico colombiano, también es pertinente mencionar la Ley 1480 de 2011 [18] que protege al usuario final y fija responsabilidades sobre la calidad y funcionalidad de los equipos y sistemas que se suministran, incluyendo los sistemas domóticos, en el marco de un mercado regulado. En ciudades como Bucaramanga adoptan reglamentaciones complementarias que regulan la ejecución de proyectos eléctricos y tecnológicos en edificaciones, incluyendo requisitos para permisos, inspecciones técnicas y certificaciones, contribuyendo a políticas locales de innovación tecnológica y protección ambiental.

En suma, la implementación adecuada de sistemas domóticos en Colombia requiere una estricta observancia de estándares y normativas que van desde la regulación técnica y eléctrica nacional (RETIE), leyes de protección al consumidor y datos personales, hasta disposiciones locales específicas, garantizando así un desarrollo tecnológico con altos estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad.

3. Método

La metodología aplicada en el proyecto de optimización del sistema domótico en las sucursales de UNIDROGAS S.A.S. se diseñó con un enfoque progresivo y sistemático, estructurado en cinco fases principales. Cada fase respondió directamente a los objetivos específicos del proyecto, integrando técnicas de diagnóstico, prácticas de ingeniería de software y herramientas de desarrollo. Este enfoque garantizó un avance coherente, orientado a la mejora continua, la seguridad y la escalabilidad del sistema.

Para alcanzar dichos objetivos, se empleó un método mixto, con componentes cualitativos y cuantitativos. El enfoque cualitativo permitió comprender el estado del sistema a través de la observación de campo y análisis documental; mientras que el enfoque cuantitativo se apoyó en la recolección de datos técnicos y mediciones de desempeño, con el fin de obtener indicadores verificables.

La estrategia metodológica se organizó en fases secuenciales. En la primera, se contempló el diagnóstico de la infraestructura existente, lo cual implicaba aplicar listas de verificación, pruebas de funcionamiento y análisis de riesgos. En la segunda, se proyectó el diseño de mejoras de hardware y software, guiado por criterios de seguridad eléctrica, eficiencia energética y buenas prácticas en ingeniería de sistemas.

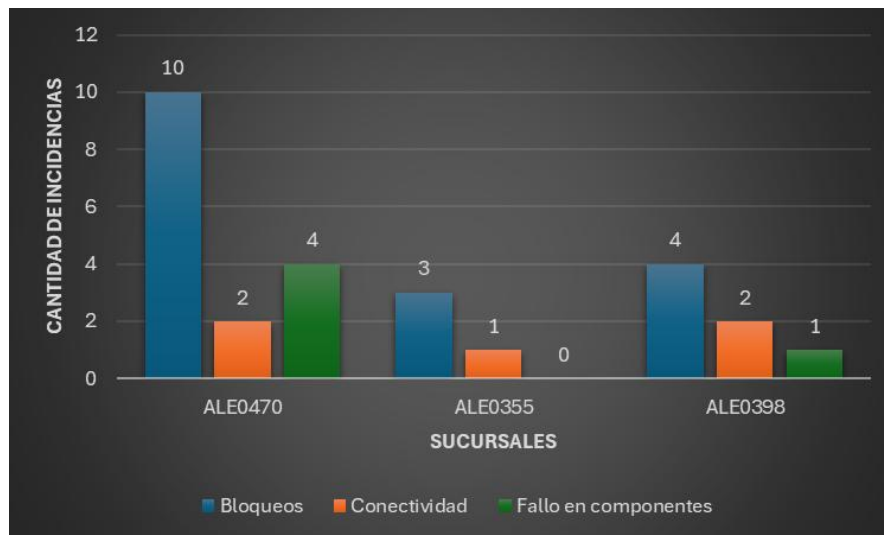
La tercera fase consideró la implementación de herramientas de automatización y control, siguiendo principios de modularidad, escalabilidad y confiabilidad en la comunicación de datos. Posteriormente, se planteó una fase de evaluación y priorización, basada en indicadores de criticidad y desempeño, para definir el orden de intervención de las sucursales. Finalmente, se definió la fase de visualización y monitoreo, cuyo propósito fue consolidar la información recolectada en herramientas de apoyo a la toma de decisiones.

Este camino metodológico, más que detallar procedimientos puntuales, establece las bases para orientar de manera coherente las acciones de diagnóstico, mejora e implementación. De este modo, se asegura que el desarrollo del proyecto no dependa de acciones aisladas, sino de una ruta definida que garantice replicabilidad, validez técnica y alineación con los objetivos estratégicos de la organización.

4. Resultados

Se llevó a cabo un diagnóstico integral del sistema domótico implementado en las sucursales estratégicas, el cual permitió obtener una visión clara y detallada del estado actual tanto del hardware como del software que conforman la solución. En primera instancia, se efectuó un registro de todas las fallas que afectaron el funcionamiento del sistema domótico en promedio por mes, diferenciando su origen para facilitar el análisis posterior. Este monitoreo permitió no solo cuantificar la magnitud del problema, sino también comprender cómo interactúan los distintos componentes del sistema y cuáles concentraban la mayor fragilidad.

Figura 2. *Cantidad de incidencias previas por sucursal y por tipo en promedio mensual*



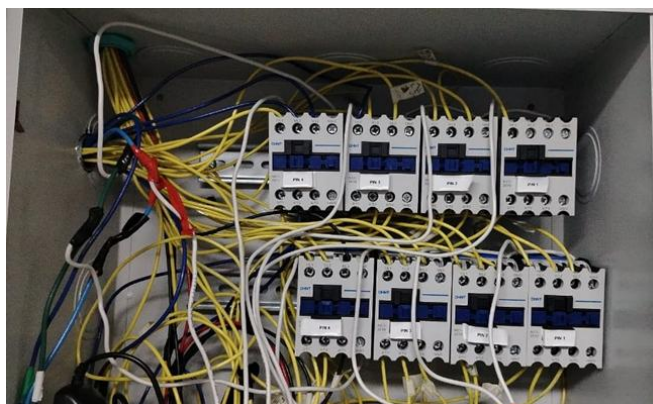
Nota: Diagrama elaborado con base a incidencias, mantenimientos y reportes de falla en sucursales.

A partir de este análisis fue posible identificar patrones de falla y comportamientos anómalos que comprometían la estabilidad del sistema. Se observó que algunos ESP32 presentaban bloqueos intermitentes, asociados principalmente a deficiencias en la alimentación

eléctrica, caídas en la red o errores en la lógica del programa. Además, tanto el firmware del microcontrolador como el script cliente ejecutado en los POS carecían de mecanismos robustos de manejo de errores, lo que aumentaba la probabilidad de bloqueos y ejecuciones incompletas. También se evidenció que el código del ESP32 inicializaba las salidas digitales en estado alto (HIGH). En consecuencia, cualquier reinicio inesperado activaba simultáneamente todas las líneas eléctricas, generando un riesgo operativo significativo, especialmente fuera del horario laboral. Asimismo, durante la inspección de las cajas de control instaladas en cada sucursal se identificaron deficiencias estructurales relevantes. Entre ellas se encontraban fallas de alimentación originadas en el shield, el uso de jumpers poco seguros susceptibles a desconexiones involuntarias y la alimentación del sistema desde puntos eléctricos no regulados, circunstancias que incrementaban la vulnerabilidad del equipo frente a variaciones de tensión en la red.

Por otro lado, se realizó la revisión de la arquitectura general instalada, donde se evidenció que, aunque las conexiones eran funcionales, el cableado dentro del tablero de automatización estaba desorganizado, lo cual representaba una dificultad significativa para labores de mantenimiento o diagnóstico.

Figura 3. Distribución previa del tablero de automatización



Nota: Foto tomada en el tablero de automatización de la sucursal alemana 470.

A su vez, en cuanto a los procesos de monitoreo y mantenimiento del sistema, se evidenció que la verificación del estado de los dispositivos requería acciones manuales como hacer ping desde terminales tipo Putty, lo cual representaba una carga operativa considerable. Se observó también que el sistema no contemplaba la gestión de horarios especiales por días festivos u otras condiciones particulares, por lo que su comportamiento no se adaptaba a las necesidades reales de operación de algunas sucursales. A nivel de gestión de datos, se identificó que la creación de bases de datos y tablas debía hacerse manualmente para cada nueva implementación, lo que ralentizaba el proceso de expansión del sistema. Además, los consumos eléctricos se seguían registrando de forma manual en hojas de cálculo Excel, sin mecanismos automáticos de recolección o análisis de esta información. Finalmente, no existía una estrategia clara para priorizar la implementación del sistema en las sucursales, por lo que se evidenció la necesidad de establecer un sistema de clasificación o ranking basado en variables críticas como consumo energético o impacto operativo.

En cumplimiento al segundo objetivo, y gracias a lo que se pudo destacar inicialmente, se llevaron a cabo una serie de intervenciones orientadas a optimizar la arquitectura de hardware del sistema domótico, basadas en los hallazgos obtenidos durante la fase de diagnóstico. En primer lugar, se abordó la reorganización física del tablero de automatización, priorizando el orden, la accesibilidad y la facilidad de mantenimiento. Para ello, se instalaron canaletas internas que permitieron canalizar y distribuir los cables de forma ordenada, eliminando el desorden que previamente dificultaba cualquier tipo de intervención técnica.

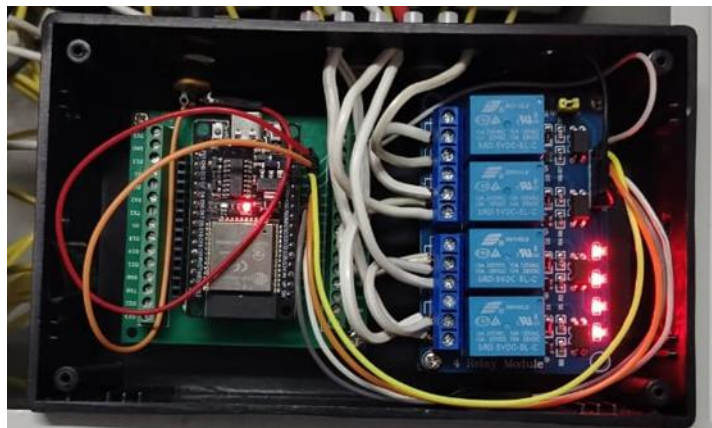
Figura 4. *Distribución posterior del tablero de automatización.*



Nota: Foto tomada en el tablero de automatización de la sucursal alemana 470.

Paralelamente, se reemplazó el shield de expansión que se venía utilizando, ya que representaba el componente más propenso a fallas y estaba directamente relacionado con daños tanto en el ESP32 como en el módulo de relés. Se optó por una versión más simplificada de shield que permitiera un uso más directo del microcontrolador, sin que la alimentación pasara por este. La nueva configuración implicó redirigir la alimentación de los dispositivos directamente desde un adaptador externo, para lo cual se incorporó un jack hembra que permitiera distribuir de forma segura la alimentación de 5V y tierra tanto al ESP32 como al módulo de relés, junto a unos capacitores de desacoplo que contribuyeran a manejar las subidas de corriente y bajadas de tensión. Esta solución permitió reducir la dependencia del shield y mejorar significativamente la estabilidad eléctrica del sistema.

Figura 5. *Nueva versión de controlador.*

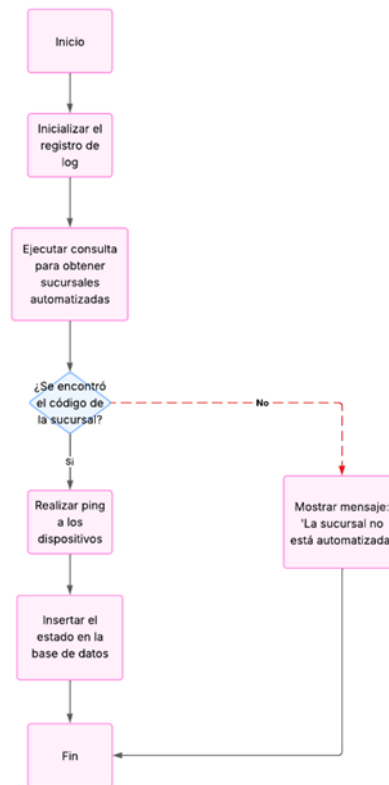


Nota: Foto de controlador del sistema tomada en la sucursal alemana 470.

Adicionalmente, se gestionó el cambio de los puntos eléctricos utilizados en las cajas de control, conectándolos a tomas reguladas para asegurar un suministro eléctrico constante y libre de variaciones que pudieran comprometer los dispositivos. También se intervinieron las cajas de control a nivel estructural: los componentes que anteriormente estaban fijados con cinta fueron elevados y montados sobre soportes diseñados para mejorar tanto la estabilidad como la estética del dispositivo, lo cual también favorece el mantenimiento posterior. Como resultado complementario, se propuso el uso de una nueva versión de controlador, basada en una placa integrada que unifica el ESP32 y el módulo de relés en un solo circuito impreso. Esta propuesta tiene como objetivo eliminar completamente el uso de jumpers, minimizar las posibilidades de desconexión accidental y ofrecer una solución más robusta, compacta y visualmente profesional. No obstante, esta alternativa aún no ha sido implementada ni validada, y su adopción dependerá de futuras pruebas de funcionamiento que permitan evaluar su estabilidad y pertinencia como microcontrolador del sistema. Por ahora, se continúa utilizando la arquitectura anterior, mejorada

con todas las intervenciones realizadas en hardware y software, las cuales han incrementado significativamente la estabilidad del sistema.

Por otra parte, se abordaron diversas mejoras orientadas al fortalecimiento del software que compone el sistema domótico, tanto a nivel del microcontrolador, como del entorno de gestión y monitoreo distribuido en los equipos POS. Inicialmente, se realizaron ajustes puntuales en el firmware del ESP32, específicamente en la lógica de inicialización de los pines de salida que controlan los relés. Anteriormente, los pines eran configurados en estado alto (HIGH) al momento de arrancar y todos se activaban casi al mismo tiempo, lo cual representaba un riesgo, por un lado, ante una interrupción eléctrica o reinicio inesperado fuera del horario laboral, todas las líneas eléctricas podían activarse simultáneamente, además, el cambio de estado de todos los pines en simultaneo representaba una carga considerable en la infraestructura eléctrica. La nueva configuración inicia los pines en estado bajo (LOW) con un delay de activación y desactivación predeterminado, mitigando este riesgo y alineando el comportamiento del sistema con las condiciones operativas reales. En complemento a los ajustes en el microcontrolador, se desarrollaron varios scripts en Python para automatizar procesos clave que anteriormente se realizaban manualmente. Uno de ellos tiene como función realizar un ping periódico a los controladores ESP32 desde cada POS, con el objetivo de verificar su disponibilidad en red y facilitar la detección temprana de caídas. Este script, ejecutado mediante tareas programadas en crontab, optimiza el monitoreo operativo y agiliza las respuestas técnicas ante incidencias.

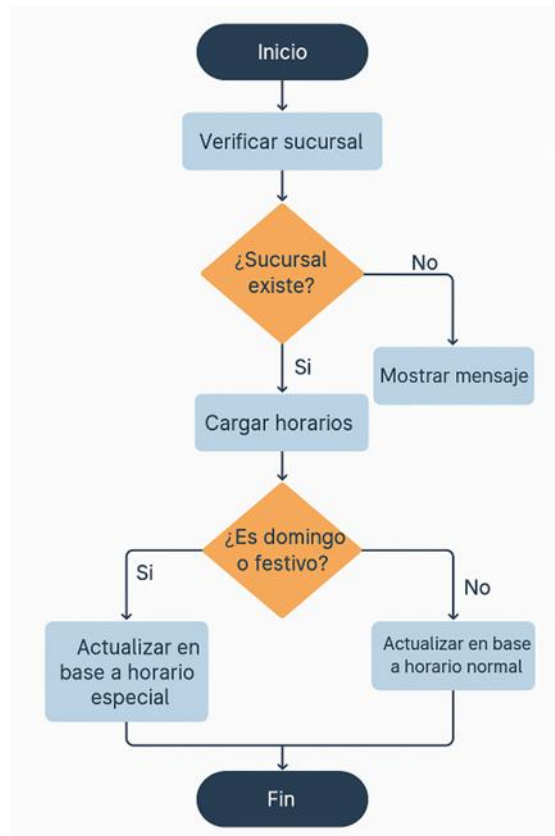
Figura 6. *Diagrama de flujo de script de control de dispositivos.*

Nota: Diagrama elaborado con base al funcionamiento lógico del script de control de dispositivos.

Adicionalmente, se implementó un segundo script encargado de gestionar los horarios especiales de operación de las sucursales. La configuración original del sistema domótico se basaba en horarios estáticos almacenados en la base de datos, sin contemplar excepciones por eventos particulares. Este nuevo script consulta diariamente si la sucursal actual tiene configuraciones especiales (a través de su código de identificación), y según el día, determina si debe aplicar los horarios normales o especiales. La detección de festivos se realiza mediante una consulta a la base de datos local, y tras esa verificación, se actualiza la tabla de horarios de domótica con los valores correspondientes. Además, el script incluye un registro en archivos log que permite confirmar su correcta ejecución y facilitar la trazabilidad ante posibles errores. Es

importante señalar que esta solución está sujeta a dos limitaciones: las sucursales con horarios especiales deben estar explícitamente incluidas en el script, y el funcionamiento está orientado únicamente a domingos y festivos; días atípicos no programados requieren gestión manual.

Figura 7. Diagrama de flujo de script de manejo de horarios especiales.



Nota: Diagrama elaborado con base al funcionamiento lógico del script de horarios especiales.

Con el fin de mejorar la escalabilidad y facilitar la implementación en nuevas sucursales, todos los scripts fueron organizados y versionados en un repositorio Git, accesible desde cualquier POS autorizado. Esto permite mantener una trazabilidad de cambios, centralizar actualizaciones y facilitar futuras intervenciones. Asimismo, para proteger la integridad del sistema y las credenciales de bases de datos utilizadas por los scripts, se aplicó un proceso de encriptación

mediante herramientas como PyInstaller (para scripts de Python) y soluciones equivalentes para scripts de Shell. Esta medida impide la edición no autorizada de los archivos, protegiendo tanto la seguridad operativa como la confidencialidad de la información. Finalmente, como parte de una propuesta orientada a mejorar la interacción entre el sistema domótico y los usuarios administrativos de las sucursales, se desarrolló un mockup de una interfaz gráfica de gestión. Esta interfaz fue diseñada como insumo para los desarrolladores de frontend del sistema MAIA ERP, y su objetivo es permitir que la creación, edición y programación de líneas eléctricas domotizadas se realice de forma visual e intuitiva, sin requerir manipulación directa de bases de datos. La propuesta contempla funcionalidades como la inserción y modificación de dispositivos y líneas, la asignación de horarios (estándar, semanal o único), y validaciones lógicas para evitar errores comunes como la duplicidad de frecuencias. Además, se estableció un sistema de verificación previo para cualquier cambio realizado desde esta interfaz, de manera que los usuarios administrativos no puedan modificar información crítica sin una revisión o validación adicional, protegiendo así la integridad y funcionamiento del sistema. Este desarrollo busca descentralizar el control del sistema, permitiendo que tanto el personal de sistemas como supervisores o administradores puedan gestionar la automatización de manera más eficiente, segura y autónoma.

Figura 8. Propuesta de mock up.

*** Frecuencia**
 Estándar
 Semanal
 Única

*** Fecha**
 [Calendar Icon]
*** Dias**
 [Dropdown]

*** Hora Encendido**
 00:00
*** Hora Apagado**
 00:00

Dispositivo (IP):	Nombre Línea:	Descripción:
192.168.11.161	Luces 1	Luces del área market
192.168.11.161	Luces 2	Luces del área market
192.168.11.161	Luces 3	Luces del área recepción
192.168.11.161	Aviso	Letrero de la fachada
192.168.11.162	Muebles 1	Dermo y Maquillaje
192.168.11.162	Cabezotes	Dermo y Maquillaje

Al darle guardar se insertarán los registros en las tablas respectivas. Cabe aclarar que si un supervisor le da en guardar no insertará inmediatamente, saldrá un aviso de confirmación como el que se muestra en la siguiente diapositiva.

Dispositivo (IP): **Nombre Línea:** **Descripción:** **Frecuencia:** **Fecha:** **Hora Encendido:** **Hora Apagado:**

192.168.11.161	Luces 1	Luces del área market	Estándar	NULL	7:00:00	12:00:00
192.168.11.161	Luces 1	Luces del área market	Estándar	NULL	14:00:00	21:00:00
192.168.11.161	Luces 2	Luces del área market	Semanal	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábado	7:00:00	20:30:00
192.168.11.161	Luces 2	Luces del área market	Semanal	Domingo, Festivos	7:00:00	15:00:00
192.168.11.161	Aviso	Letrero de la fachada	Estándar	NULL	17:00:00	21:00:00
192.168.11.161	Aviso	Letrero de la fachada	Única	5/05/2025	17:00:00	22:00:00
192.168.11.162	Muebles 1	Dermo y Maquillaje	Semanal	Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes	9:00:00	21:00:00
192.168.11.162	Muebles 1	Dermo y Maquillaje	Semanal	Sábado, Domingo, Festivos	10:00:00	19:00:00
192.168.11.162	Muebles 1	Dermo y Maquillaje	Única	20/05/2025	7:00:00	21:00:00
192.168.11.162	Mallas	Vida saludable y SS	Estándar	NULL	7:00:00	20:00:00
192.168.11.162	Mallas	Vida saludable y SS	Semanal	Jueves	8:00:00	20:00:00

Una misma línea no puede tener frecuencia "Estándar" y "Semanal" a la vez, por consiguiente, los registros del recuadro están mal. No se debe dejar agregar una línea con ambas frecuencias; Cada línea solo puede tener frecuencia "Semanal" o "Estándar" y una solo una frecuencia "Única".

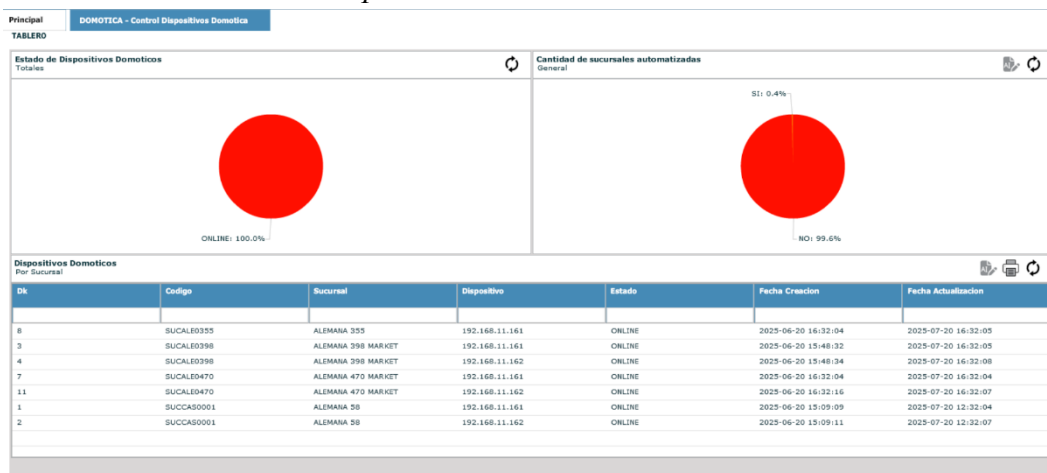
Guardar **Cancelar**

Nota: Propuesta montada teniendo como base el aplicativo empresarial MAIAERP.

Además, Para el cumplimiento de este objetivo, se diseñaron tres tableros que integran un total de ocho indicadores, enfocados en representar el estado del sistema domótico y facilitar decisiones sobre su expansión. Sin embargo, antes de llegar a la visualización, fue necesario construir y depurar cuidadosamente las consultas SQL que alimentarían los datos de los tableros. Uno de los retos principales fue procesar los pagos a proveedores de energía eléctrica, ya que la información de fechas de consumo no se encontraba en campos estructurados, sino dentro de descripciones que variaban su formato. Por eso, fue necesario analizar y extraer manualmente las fechas de inicio y fin desde cadenas de texto, para luego agrupar correctamente los pagos por periodos mensuales. El primer tablero desarrollado muestra el estado actual de los dispositivos domóticos por sucursal, a partir de la información generada por el script que realiza ping a las IPs de los ESP32. Este script se ejecuta tres veces al día (8:00, 12:00 y 16:00), lo que permite llevar una trazabilidad del estado de los dispositivos de manera centralizada. Antes, para revisar si un microcontrolador se encontraba en línea, había que hacer pruebas desde cada punto de venta de

forma manual. Ahora, con este tablero, se puede monitorear en tiempo real desde un solo lugar y de forma gráfica, lo cual resulta fundamental a medida que el número de sucursales domotizadas continúa creciendo.

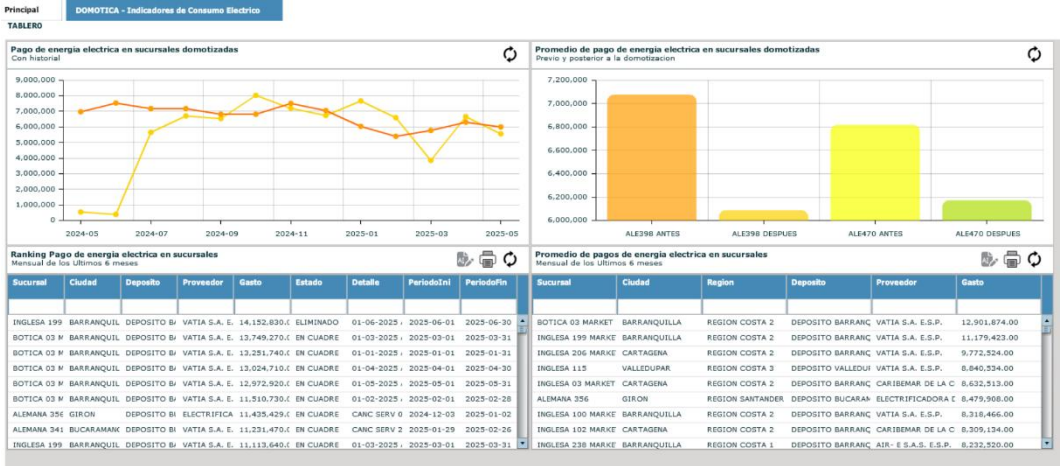
Figura 9. *Tablero de control de dispositivos domóticos.*



Nota: Imagen tomada del dashboard de MAIAERP relacionado al control de dispositivos.

El segundo tablero está enfocado en el consumo energético. Incluye cuatro indicadores: los dos primeros analizan el pago a proveedores de energía eléctrica en las sucursales con historial (es decir, aquellas que ya estaban operando antes de implementar la domótica), lo que permite comparar el antes y el después del sistema. Anteriormente, este análisis se realizaba en Excel, ingresando uno a uno los consumos desde la página del proveedor, lo que resultaba ineficiente y poco escalable. Gracias a este tablero, el análisis es automático y preciso, y fue clave para que la empresa retomara el proyecto domótico, que se encontraba en pausa. Los otros dos indicadores muestran los pagos por sucursal, ordenados de mayor a menor, lo que ayuda a identificar qué sedes presentan los mayores gastos de energía y por lo tanto deberían priorizarse en futuras fases del proyecto.

Figura 10. Tablero de indicadores de consumo eléctrico.



Nota: Imagen tomada del dashboard de MAIAERP relacionado al consumo energético en sucursales.

El tercer tablero muestra un único indicador, pero quizás el más estratégico: el ranking de priorización nacional de sucursales a domotizar. Esta ponderación se calcula tomando en cuenta el gasto energético promedio, si la sucursal opera 24 horas y el tipo de formato. Gracias a esta herramienta, ya se tiene proyectada la implementación del sistema en la “Inglesa 199” y una visita técnica programada para la “Botica 3”. A su vez, ha facilitado la toma de decisiones en procesos locales, como la próxima implementación en la sucursal “Alemana 55”.

Figura 11. Tablero de prioridad de implementaciones del sistema domótico.

DOMOTICA - Prioridad de implementaciones en sucursales									
Ranking de sucursales por Domotizar									
Prioridad de consumo eléctrico últimos 6 meses									
Código	Sucursal	Ciudad	Region	Deposito	24 Horas	Formato	Gasto	Prioridad	
ING0003	BOTICA 03 MARKET	BARRANQUILLA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	12.901.874.00	100.00	
ING0199	INGLESA 199 MARKET	BARRANQUILLA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	11.170.423.00	88.60	
ING0026	INGLESA 206 MARKET	CARTAGENA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	9.772.524.00	79.29	
ING0003	INGLESA 03 MARKET	CARTAGENA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	8.632.513.00	71.14	
ING0102	INGLESA 102 MARKET	CARTAGENA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	8.309.134.00	69.40	
ING0236	INGLESA 236 MARKET	BARRANQUILLA	REGION COSTA 1	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	8.232.520.00	69.09	
ING0115	INGLESA 115	VALLEDUPAR	REGION COSTA 3	DEPOSITO VALLEDUPAR	SI	TRADICIONAL	8.846.324.00	66.32	
ALE0444	ALEMANA 444 MARKET	BARRANQUILLA	REGION SANTANDER	DEPOSITO BUCARAMANGA	SI	MARKET	7.977.626.00	67.41	
ING0100	INGLESA 100 MARKET	BARRANQUILLA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	TRADICIONAL	8.318.466.00	64.46	
ING0075	INGLESA 75 MARKET	CARTAGENA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	7.193.860.00	62.15	
ALE0305	ALEMANA 305 PLUS MARKET	BUCARAMANGA	REGION SANTANDER	DEPOSITO BUCARAMANGA	SI	MARKET	7.174.400.00	62.12	
ING0154	INGLESA 154 MARKET	VALLEDUPAR	REGION COSTA 3	DEPOSITO VALLEDUPAR	SI	MARKET	6.605.462.00	58.32	
ING0239	INGLESA 239 MARKET	CARTAGENA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	6.492.710.00	57.38	
ING0083	INGLESA 83	CARTAGENA	REGION COSTA 1	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	TRADICIONAL	7.005.072.00	55.97	
ALE0356	ALEMANA 356	GIRON	REGION SANTANDER	DEPOSITO BUCARAMANGA	SI	TRADICIONAL	6.474.809.00	55.79	
ING0124	INGLESA 124	PUERTO COLOMBIA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	TRADICIONAL	6.777.932.00	54.47	
ING0186	INGLESA 186 MARKET	CARTAGENA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	MARKET	5.990.543.00	54.25	
ING0264	BOTICA 66	CARTAGENA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	TRADICIONAL	6.496.382.00	53.94	
ING0159	INGLESA 159	MONTIELA	REGION COSTA 4	DEPOSITO MONTIELA	SI	TRADICIONAL	6.472.794.00	53.37	
ALE0562	ALEMANA 62	BARRANQUILLA	REGION SANTANDER	DEPOSITO BUCARAMANGA	SI	TRADICIONAL	6.425.907.00	53.46	
ING0209	BOTICA 09	BARRANQUILLA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	SI	TRADICIONAL	6.428.210.00	53.13	
ING0047	INGLESA 47 MARKET	PUERTO COLOMBIA	REGION COSTA 2	DEPOSITO BARRANQUILLA	NO	MARKET	6.946.130.00	50.59	

Nota: Imagen tomada del dashboard de MAIAERP relacionado a prioridad de implementaciones domóticas.

Por último, se realizó la instalación efectiva del sistema domótico en la sucursal “Alemana 58”, seleccionada con base en su alta prioridad operativa y el hecho de encontrarse en proceso de apertura, lo que facilitó la planeación e intervención técnica desde etapas tempranas. Dado que aún no contaba con consumo histórico, la evaluación energética se realizó mediante una auditoría exhaustiva del diseño de cargas. Se partió de una segmentación eléctrica integral que permitió definir adecuadamente la distribución de líneas, puntos eléctricos, cámaras y tomas reguladas, con especial énfasis en lograr un balance adecuado entre fases y evitar sobrecargas en el futuro. Posteriormente, se procedió con la preparación del sistema domótico desde la oficina técnica, donde se armó completamente el tablero: se instalaron los contactores en rieles DIN, se realizaron los puentes eléctricos, se incorporaron canaletas internas para organización del cableado y se practicaron orificios estratégicos para el ingreso ordenado de las líneas en campo. Este trabajo previo permitió una instalación rápida, limpia y segura en sitio. Durante la instalación en campo, se conectaron todas las líneas de iluminación y puntos eléctricos al sistema de control, respetando el diseño estipulado en la segmentación. Una vez completada esta fase, se inició la puesta en marcha del sistema, que incluyó:

- Ejecución de scripts encriptados para la creación automática de bases de datos, registros de configuración y estado de las líneas.
- Activación del código principal del sistema mediante su programación en crontab.
- Validación en tiempo real de cada línea domotizada a través de pruebas funcionales.

Finalizada la instalación, se aplicó un protocolo de validación técnica, que constó de:

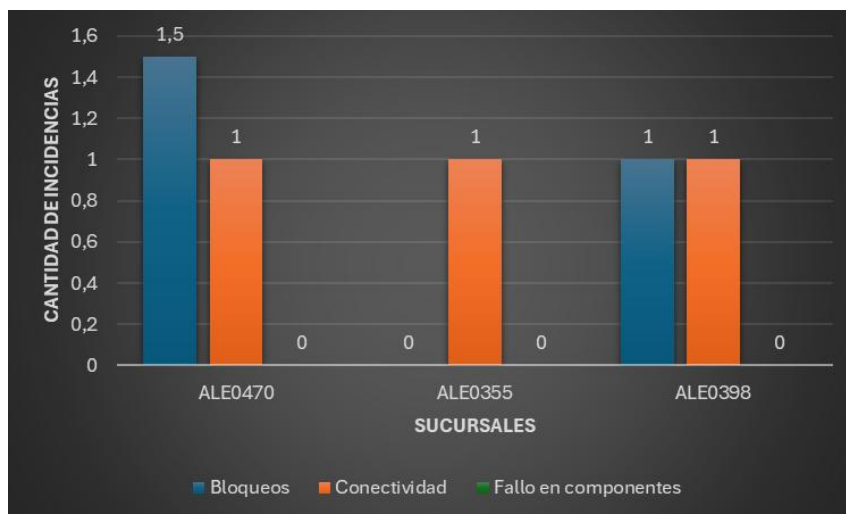
- Un checklist eléctrico que evaluó aspectos como riesgos de sobrecarga, advertencias visuales de seguridad y delimitación perimetral alrededor del tablero para prevenir bloqueos o riesgo de incendio.
- La elaboración de un acta de responsabilidad, en la cual se deja constancia de que la instalación cumple con criterios técnicos, normativos y funcionales. Esta acta advierte que cualquier modificación del sistema o adición de nuevas cargas sin previa autorización del área de sistemas será responsabilidad directa de la supervisión o administración de la sede.

5. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto permitió abordar de manera estructurada las deficiencias críticas del sistema domótico existente en las sucursales de UNIDROGAS S.A.S., al tiempo que estableció una ruta clara hacia su mejora continua y expansión sostenible.

El diagnóstico técnico inicial evidenció fallas relevantes tanto en el diseño físico como en la lógica operativa del sistema, incluyendo desorden en el cableado, conexiones poco confiables, dispositivos mal fijados, escasa protección eléctrica, y software con bajo nivel de robustez. La identificación precisa de estas debilidades fue fundamental para diseñar intervenciones focalizadas, alineadas con las condiciones reales de operación en campo.

Las mejoras implementadas lograron estabilizar significativamente el comportamiento del sistema en la mayoría de las sucursales intervenidas, reduciendo de forma sustancial las fallas técnicas, los reinicios inesperados y los bloqueos que anteriormente afectaban la operación. Esta nueva estabilidad incrementó la eficiencia operativa, mejoró la experiencia del personal técnico y generó la confianza institucional necesaria para reactivar el despliegue del sistema.

Figura 12. *Cantidad de incidencias posteriores por sucursal y por tipo en promedio mensual*

Nota: Diagrama elaborado con base a incidencias, mantenimientos y reportes de falla en sucursales.

Adicionalmente, el proyecto dejó establecidas bases sólidas para futuras mejoras tecnológicas, incluyendo la validación de nuevos diseños de hardware más robustos e integrados. La inclusión anticipada del sistema domótico en las nuevas sucursales, desde su etapa de obra civil, evidencia el nivel de madurez y la confianza alcanzada por la solución desarrollada.

En síntesis, el proyecto demostró que un enfoque técnico riguroso, basado en diagnóstico preciso, ejecución estructurada y priorización objetiva, puede generar impactos tangibles y sostenibles en los procesos de automatización. El sistema resultante no solo es más confiable y eficiente, sino que también está mejor preparado para acompañar la estrategia de crecimiento y modernización tecnológica de UNIDROGAS S.A.

Referencias

- [1] IBM. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/automation>.
- [2] G. Davies, «theknowledgeacademy,» 1 abril 2025. [En línea]. Available: <https://www.theknowledgeacademy.com/blog/deadlock-in-os/>.
- [3] A. Taktak y R. Blockmon, «study.com,» 21 Noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://study.com/learn/lesson/client-server-network-examples.html>.
- [4] S. Sasikumar, «zyxware,» 28 junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.zyxware.com/articles/2672/the-linux-cron-crontab-and-cron-jobs-why-what-how>.
- [5] J. G. Carmenate, «programafacil.com,» [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/>.
- [6] D. Walsh, «blog.hubspot.es,» 28 septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/website/mockup-que-es>.
- [7] R. Awati y A. Zola, «techtargget.com,» 14 mayo 2025. [En línea]. Available: <https://www.techtargget.com/searchnetworking/definition/ping>.
- [8] «seas.es,» 22 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>.

- [9] «ack3.eu,» 18 marzo 2025. [En línea]. Available: <https://ack3.eu/es/que-es-un-script-de-python-su-rol-en-inteligencia/>.
- [10] J. Bots, «Ja-bots.com,» 06 Octubre 2024. [En línea]. Available: <https://ja-bots.com/producto/esp32-io-placa-shield-expansion-esp32/>.
- [11] Hiraoka, «hiraoka.com.pe,» [En línea]. Available: <https://hiraoka.com.pe/blog/post/domotica-que-es-como-functiona-y-para-que-sirve?srsId=AfmBOortlhRzoV8F7mAXDu7e-qyMPKKjxJFMGCmHJbovZwDJIA6dXpOc>.
- [12] kinenergy.internacional, «kin.energy,» 12 marzo 2024. [En línea]. Available: <https://www.kin.energy/blogs/post/importancia-de-un-tablero-de-control-consideraciones-generales>.
- [13] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntic y O. Tezak, *Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices*, 23(15) ed., MDPI, 2023.
- [14] *ESP32 Technical Reference Manual Version 5.4*, Espressif Systems, 2020.
- [15] A. Sabo, H. Suleiman, Y. Dahiru, N. Jatau, A. Yusuf y A. Chikodi, *Development and Implementation of an ESP32 IOT-Based Smart Grid for Enhanced Energy Efficiency and Management*, Kaduna: EJTAS, 2024, pp. 565-576.
- [16] M. Sankar, K. Reddy, Nagaraja y Tejaswi, *IoT Based Smart Control of Load for Demand Side Management*, vol. 10, Forex Publication, 2022, pp. 684-688.
- [17] República de Colombia, Ministerio de Minas y Energía, «minenergia,» 2 Abril 2024. [En línea]. Available:

<https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>.

- [18] E. d. C. Congreso de Colombia, 2011.
- [19] CRAI USTA Bucaramanga, Informe de recursos y servicios bibliográficos, Bucaramanga: Universidad Santo Tomás, 2020.