



**IoT para ahorro energético de los hogares de Santo Domingo  
de los Tsáchilas**

Ramírez Bósquez Ronald Emerson

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención de título de Ingeniero/a en Tecnologías  
de la Información

Ing. Diego Ricardo Salazar Armijos, Ph.D

1 de marzo de 2024

## Reporte de verificación de contenido



### Plagiarism and AI Content Detection Report

RamírezRonald\_TrabajoDeIntegracio...

#### Scan details

Scan time: February 28th, 2024 at 20:11 UTC  
Total Pages: 86  
Total Words: 21311

#### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	1.4%	288
Minor Changes	0.5%	99
Paraphrased	2.4%	521
Omitted Words	0%	0

#### AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	0%	0
Human text	100%	21311

[Learn more](#)

**Plagiarism Results: (45)**

Firma:



DIEGO RICARDO  
SALAZAR ARMIJOS

.....  
Ing. Diego Ricardo Salazar Armijos, Ph.D

Director



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería en tecnologías de la Información**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"IoT para ahorro energético de los hogares de Santo Domingo de los Tsáchilas"** fue realizado por el señor **Ramírez Bósquez, Ronald Emerson**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Santo Domingo, 1 de marzo de 2024**

Firma:



.....  
**Ing. Diego Ricardo Salazar Armijos, Ph.D**

C.C.: 1710481027



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería en tecnologías de la Información**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Ramírez Bósquez, Ronald Emerson**, con cédula de ciudadanía N.º **2300660236**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **IoT para ahorro energético de los hogares de Santo Domingo de los Tsáchilas** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Santo Domingo, 1 de marzo de 2024**

Firma

**Ramírez Bósquez, Ronald Emerson**

C.C.: 2300660236



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería en tecnologías de la Información**

**Autorización de Publicación**

Yo **Ramírez Bósquez, Ronald Emerson**, con cédula de ciudadanía N.º **2300660236**, autorizo/autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **IoT para ahorro energético de los hogares de Santo Domingo de los Tsáchilas** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Santo Domingo, 1 de marzo de 2024**

Firma

**Ramírez Bósquez, Ronald Emerson**

C.C.: 2300660236

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres, por su constante apoyo, por ser mi fuente de inspiración y por su amor incondicional. A mi familia, por estar siempre presente en cada paso que doy en mi vida y por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles. A mis amigos, por su amistad, compañía y por ser mi sostén en los momentos de estrés. A todos aquellos que han sido parte de mi vida y han contribuido, de una u otra forma, a mi crecimiento personal y académico. Este trabajo está dedicado a ustedes, con todo mi cariño.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Diego Ricardo Salazar Armijos, Ph.D, Por su orientación y su dedicación durante la elaboración de este proyecto. Sus consejos fueron fundamentales para enriquecer este trabajo y orientarlo en la dirección correcta.

No puedo dejar de mencionar a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para llevar a cabo este proyecto, además por ser parte de mi formación profesional.

A mi padre Leonardo y mi madre Esperanza, les agradezco por su constante apoyo, su ánimo y su comprensión durante este proceso. Su apoyo incondicional fue mi mayor motivación y me dio la fuerza necesaria para seguir adelante.

## Índice

Dedicatoria .....	I
Agradecimientos.....	II
Resumen .....	1
Abstract .....	2
1. Introducción .....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Antecedentes .....	5
1.3. Justificación.....	5
2. Objetivos .....	6
2.1. Objetivo general .....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. Marco teórico .....	6
3.1. Tecnologías .....	6
3.1.1. Internet of things (IoT): .....	6
3.1.2. Sensores de movimiento PIR wi-fi: .....	7
3.1.3. Interruptores inteligentes: .....	9
3.1.4. Wi-fi smart switch on/off:.....	12
3.1.5. Breaker 220V basado en IoT (IoT-based micro circuit breaker intelligent):.....	13
3.1.6. Luces y tiras led RGB wi-fi: .....	14
3.1.7. Mini enchufe inteligente wi-fi: .....	15
3.1.8. Tuya smart: .....	15
3.1.9. Redes inalámbricas: .....	19
3.1.10. Amazon Alexa: .....	20
3.1.11. Google assistant (asistente de Google): .....	20

3.1.12. Amazon Alexa vs Google assistant: .....	21
3.2. Estado del arte .....	22
4. Metodología .....	24
4.1. Enfoque y diseño de investigación.....	24
4.2. Instrumentos y materiales.....	25
4.3. Procedimiento.....	26
4.3.1. Diagnóstico de necesidades: .....	26
4.3.2. Medición del consumo energético antes de la implementación: .....	33
4.3.3. Diseño de la propuesta de IoT: .....	34
4.3.4. Implementación: .....	50
4.3.5. Medición del consumo energético después de la implementación: .....	77
4.3.6. Encuestas complementarias: .....	78
4.4. Análisis de datos.....	81
4.5. Limitaciones .....	83
5. Resultados .....	83
6. Conclusiones .....	87
7. Recomendaciones.....	87
8. Referencias .....	88

## Lista de tablas

TABLA I COMPARACIÓN DE ASISTENTES DE VOZ, AMAZON Y GOOGLE .....	21
TABLA II DISPOSITIVOS IOT CON SU POTENCIA EN VATIOS .....	26
TABLA III HORARIOS TÍPICOS DE ACTIVIDADES EN EL HOGAR .....	27
TABLA IV DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y NIVEL DE CONSUMO .....	27
TABLA V DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN DEL HOGAR Y NIVEL DE CONSUMO ...	28
TABLA VI DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS USADOS EL FIN DE SEMANA.....	29
TABLA VII DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS USADOS DIARIAMENTE .....	30
TABLA VIII HORAS IMPORTANTES PARA AUTOMATIZAR .....	32
TABLA IX DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BAJA DE DISPOSITIVOS IOT .....	34
TABLA X DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ALTA DE DISPOSITIVOS IOT .....	35
TABLA XI DISTRIBUCIÓN EN LA TERRAZA DE DISPOSITIVOS IOT .....	36
TABLA XII AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL HOGAR .....	37
TABLA XIII AUTOMATIZACIÓN DE LOS SENSORES .....	39
TABLA XIV AUTOMATIZACIÓN DE TOMACORRIENTES DEL HOGAR .....	41
TABLA XV ESCENARIOS EJECUTABLES .....	43
TABLA XVI DISTRIBUCIÓN DE LOS ROUTERS .....	49
TABLA XVII DISPOSITIVOS ADQUIRIDOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN .....	51
TABLA XVIII REINICIO DE DISPOSITIVOS IOT PARA VINCULACIÓN .....	66
TABLA XIX RESULTADOS GENERALES DE LA ENCUESTA.....	78
TABLA XX RESUMEN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL 2023.....	82
TABLA XXI ÁREAS DEL HOGAR CON MAYOR OPTIMIZACIÓN .....	84
TABLA XXII DISPOSITIVOS IOT CON MAYOR CONSUMO ENERGÉTICO .....	85

## Lista de figuras

Fig. 1. Sensor PIR Wi-Fi 360 grados .....	8
Fig. 2. Sensor PIR Wi-Fi Antimascotas 110 grados .....	9
Fig. 3. Parte trasera Interruptor Smart Triple Wi-Fi con Tuya Smart.....	10
Fig. 4. Interruptores Wi-Fi Marca Xiled .....	11
Fig. 5. Capacitor para instalar en conexión eléctrica .....	12
Fig. 6. Switch Smart “on y off” Wi-Fi .....	13
Fig. 7. Breaker 220V Wi-Fi con Tuya Smart.....	14
Fig. 8. Interfaz de la Plataforma IoT Tuya Smart .....	16
Fig. 9. Interfaz de la aplicación Móvil Tuya Smart .....	17
Fig. 10. Tipos de automatización de un Interruptor inteligente con Tuya Smart.....	18
Fig. 11. Opciones de automatización de un sensor inteligente con Tuya Smart.....	19
Fig. 12. Consumo energético del hogar en el 2023 .....	33
Fig. 13. Opciones para crear una escena .....	45
Fig. 14. Alimentación de los dispositivos IoT. ....	46
Fig. 15. Graficas del uso energético en periodos desde Tuya Smart .....	47
Fig. 16. Consumo de energía por dispositivo IoT .....	47
Fig. 17. Historial de notificaciones .....	48
Fig. 18. Esquema planta baja .....	52
Fig. 19. Esquema planta alta .....	53
Fig. 20. Esquema eléctrico de un interruptor inteligente triple.....	54
Fig. 21. Instalación de capacitores en los paneles led y focos .....	55
Fig. 22. Instalación de Interruptor RF conmutado con interruptor Smart Simple .....	56
Fig. 23. Interruptores inteligentes instalados en la plana baja .....	57
Fig. 24. Interruptores inteligentes instalados en la plana alta .....	58

Fig. 25. Instalación de Switch on y off simple Wi-Fi .....	59
Fig. 26. Tomacorrientes inteligentes instalados en las habitaciones.....	60
Fig. 27. Instalación de breaker Wi-Fi 220V .....	61
Fig. 28. Instalación de Controladores Wi-Fi RGB.....	62
Fig. 29. Instalación de Focos LED RGB inteligentes .....	62
Fig. 30. Instalación de sensor PIR 360°.....	63
Fig. 31. Instalación del sensor antimascotas en el garaje.....	63
Fig. 32. Sensores instalados en el hogar y su respectiva ubicación. ....	64
Fig. 33. Routers Instalados .....	65
Fig. 34. Ejemplo de vinculación de dispositivo IoT en Tuya Smart.....	66
Fig. 35. Dispositivos IoT por habitación.....	67
Fig. 36. Dispositivos instalados y vinculados .....	68
Fig. 37. Automatizaciones de dispositivos IoT .....	69
Fig. 38. Ejemplos de automatizaciones de dispositivos IoT .....	70
Fig. 39. Escenarios Ejecutables.....	70
Fig. 40. Logs en los interruptores inteligentes .....	71
Fig. 41. Integración de Python SDK para control de IoT .....	72
Fig. 42. Notificaciones de automatizaciones.....	73
Fig. 43. Aplicaciones, Google Home y Amazon Alexa .....	74
Fig. 44. Funcionamiento de los asistentes de voz de Google y Amazon .....	75
Fig. 45. Miembros del Hogar y sus roles en la aplicación de Tuya Smart.....	76
Fig. 46. Consumo energético en el mes de enero del año 2023 y 2024 .....	78
Fig. 47. Consumo energético de los encuestados.....	80
Fig. 48. Interés de encuestados en sistemas de automatización con IoT .....	80
Fig. 49. Control de dispositivos IoT con mayor consumo energético.....	85

Fig. 50. Días con mayor y menor horas de consumo .....86

## Resumen

Este trabajo presenta los resultados de un estudio sobre la implementación de la domótica, para la reducción del consumo eléctrico en un hogar modelo de clase media en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Por lo que el propósito de este es disminuir los efectos de los malos hábitos en el consumo de la energía eléctrica y en el uso ineficiente de aparatos eléctricos y electrónicos. Para ello, se realizó un diagnóstico de las necesidades del hogar modelo, además se hizo las encuestas necesarias para conocer los hábitos en el uso de los aparatos eléctricos, uso de la iluminación y la disposición que tienen para adoptar las nuevas tecnologías de automatización, a cada integrante del hogar y a otras familias de esta provincia. Luego se llevó a cabo la medición del consumo energético del hogar antes y después de la implementación de los dispositivos IoT y su respectiva automatización, para determinar su efectividad en el ahorro energético. Además de eso, se utilizó una variedad de dispositivos inteligentes, incluyendo interruptores, tomacorrientes, breaker, focos y sensores de movimiento, a los cuales se aplicó la interconexión y automatización adecuada. Los resultados muestran una reducción significativa en el consumo energético después de la implementación de la propuesta IoT, lo que sugiere un gran potencial para incrementar el ahorro energético y la sostenibilidad ambiental en el país.

***Palabras clave*** – Ahorro, domótica, eficiencia, energía, IoT, inteligente, sensores, tecnología

## **Abstract**

This work presents the results of a study on the implementation of home automation in a middle-class model home in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas for reducing electricity consumption. Therefore, the purpose of this work is to mitigate the effects of poor habits in electricity consumption and the inefficient use of electrical and electronic devices. To achieve this, a diagnosis of the household's needs was carried out, in addition to surveys of energy consumption habits for each member of the model home and other households to assess their willingness to adopt automation technologies. Subsequently, the measurement of household energy consumption was conducted before and after the implementation of IoT devices and their automation to determine their effectiveness in energy saving. Moreover, a variety of smart devices were used, including switches, outlets, breakers, bulbs, and motion sensors, which were interconnected and properly automated. The results show a significant reduction in energy consumption after the implementation of the IoT proposal, suggesting a great potential to increase energy savings and environmental sustainability in the country.

***Keywords*** – Automation, efficiency, energy, home, IoT, saving, sensors, smart, technology

## 1. Introducción

El ahorro energético es un tema de creciente importancia en la actualidad, especialmente en lugares donde la demanda de energía eléctrica supera la capacidad de producción, como es el caso de nuestro país, la crisis energética se ha agudizado debido al aumento significativo en la demanda de energía eléctrica, lo que ha generado apagones y pérdidas económicas. La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas no escapa a esta problemática, con un alto consumo per cápita de energía eléctrica que la sitúa entre las provincias con mayor consumo anual en el país.

En los hogares de Santo Domingo de los Tsáchilas, persisten problemas relacionados con los malos hábitos de consumo de energía eléctrica. Esto unido a una casi nula automatización de los dispositivos IoT, y a pesar de la existencia de domótica en contados hogares, el control del encendido y apagado de los dispositivos, en gran medida sigue a cargo de los individuos, lo que limita la eficiencia de estos sistemas.

En este contexto, la implementación de la automatización de los hogares mediante el Internet de las Cosas (IoT), ha abierto nuevas posibilidades, por lo que objetivo principal de este estudio es generar una propuesta de IoT para el ahorro de energía en los hogares de clase media en Santo Domingo de los Tsáchilas y de esta manera se contribuya en la mitigación de la crisis energética en nuestro país [1].

Esta investigación se justifica en virtud de la necesidad de abordar la problemática del consumo ineficiente de energía en los hogares de la provincia. Varios estudios en el país han demostrado que la domotización con IoT desempeña un papel crucial en el ahorro y mejora de la eficiencia energética.

### *1.1. Planteamiento del problema*

En los hogares de Santo Domingo de los Tsáchilas, se han identificado problemas relacionados con malos hábitos de consumo de energía eléctrica, debido a un uso ineficiente de los aparatos eléctricos y electrónicos, esto sucede en los hogares que no han sido automatizados todavía, como en aquellos que ya cuentan con tecnologías de automatización [2].

Aunque en los últimos años se han implementado soluciones para estos casos, el control del encendido de la mayoría de los aparatos ha seguido siendo de forma manual o a través de dispositivos móviles. Por lo que este enfoque no ha garantizado una gestión eficiente de la energía y ha limitado el potencial de ahorro energético que se podría haber logrado con una automatización más completa [3] [4].

El uso eficiente de la energía permite mejores condiciones en los países dada la crisis energética, es así como en Ecuador se ha observado un aumento significativo en la demanda de energía eléctrica que no puede ser cubierta por sus actuales centrales energéticas, lo que ha provocado apagones y altas pérdidas económicas [5]. Según datos del Operador Nacional de Electricidad (CENACE), la demanda ha crecido en un 12% hasta octubre de 2023 en comparación con el mismo período del año anterior, lo que aproximadamente representa el doble de lo planificado en el 2018. Según un boletín de prensa del Ministerio de Energía y Minas del Ecuador entre el periodo de enero y julio de 2021 [6], en el Ecuador se han consumido 15.086 gigavatios hora (GWh) lo que registró en la región Costa un consumo del 62,2%, en la Sierra con un 34,7% y en la Amazonía con el 3,1% [7]. La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas a su vez ha tenido un consumo per cápita de 895,74 kWh/hab colocándolo en el doceavo lugar de provincias con mayor consumo anual del Ecuador [7].

En este contexto, la automatización de hogares con IoT en Santo Domingo de los Tsáchilas puede desempeñar un papel importante en el ahorro de energía y por lo tanto contribuir en la disminución de crisis energética.

## *1.2. Antecedentes*

La automatización de los hogares con IoT para lograr un ahorro energético significativo, es un tema de gran relevancia a nivel mundial, “la domótica aparece con la necesidad de ahorrar energía debido a la crisis energética mundial en los 70” como lo menciona Collado [8], lo que dio como resultado una visión más racional del consumo eléctrico, y por consiguiente un mayor control en el uso de los equipos eléctricos, que más adelante se logró con el apareamiento de la electrónica, fue así hasta que mejoró la tecnología con la llegada del internet, lo que a su vez cambió la manera de realizar las automatizaciones de los dispositivos en la domótica.

Por otro lado, la implementación de IoT para automatizar, puede reducir la contaminación ambiental y los costos de energía eléctrica, tanto como la generación, transmisión y su distribución [2]. En este sentido, el mercado de IoT en Santo Domingo de los Tsáchilas aún es incipiente, lo que sugiere que hay un espacio para la investigación y el desarrollo en este campo.

Un artículo reciente sobre el tema demostró que la automatización con IoT en un hogar de clase media en Santo Domingo de los Tsáchilas [2], se redujo el consumo energético en esa residencia. La metodología utilizada en ese estudio fue la experimentación en una casa modelo, donde se automatizó y se tomó como referencia el consumo de energía eléctrica en un mes típico. Los resultados alcanzados demostraron que se puede ahorrar energía, siempre y cuando exista una programación de los dispositivos que eviten los malos hábitos del consumidor.

## *1.3. Justificación*

En virtud de la problemática descrita y considerando que varios autores han verificado que la automatización de IoT, según Vishwakarma [9] desempeña un papel crucial en el ahorro de energía, y la mejora de su eficiencia en el consumo energético [2], se considera pertinente implementar un diseño de automatización en los hogares de clase media en Santo Domingo de los Tsáchilas, que contribuirá en la mitigación de la actual crisis energética en nuestro país.

## 2. Objetivos

### 2.1. *Objetivo general*

Generar una propuesta de IoT para ahorrar energía en una vivienda urbana en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

### 2.2. *Objetivos específicos*

- Diagnosticar las necesidades de automatización de un hogar de clase media para reducir el consumo energético.
- Diseñar la propuesta de automatización con IoT, con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica en un hogar modelo en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Establecer un análisis comparativo del consumo energético antes y después de la solución, a fin de inferir si efectivamente la automatización con IoT, puede ayudar a reducir el consumo de energía.

## 3. Marco teórico

### 3.1. *Tecnologías*

#### 3.1.1. *Internet of things (IoT):*

El termino en ingles Internet of Things (IoT) o en español “Internet de las Cosas”, trata de una red abierta y completa de algunos objetos inteligentes que tienen la capacidad de autoorganizarse, compartir información, transferir datos y recursos, los cuales reaccionan y actúan frente a situaciones y cambios que existen en un entorno.

El Internet de las Cosas (IoT) describe un mundo en donde casi cualquier dispositivo electrónico puede estar conectado y puede comunicarse de una manera inteligente entre sí a través de las redes de internet, alámbricas o inalámbricas, aunque normalmente utilizan conexiones inalámbricas [10].

Es posible que en el Internet de las cosas no sea necesario usar siempre una IP para conectarse entre sí [11], el IoT solamente necesita protocolos de comunicación que sean livianos. Según Madakam et al. [10], los protocolos más comunes dentro del IoT que permiten la comunicación, interconexión y automatización entre dispositivos son: Protocolo de Internet (IP), Protocolo de comunicación de objetos simples (CoAP), Protocolo de mensajería de telemetría (MQTT), Protocolo de transferencia de hipertexto seguro (HTTPS), Protocolo de transferencia de archivos (FTP).

Por otro lado, es vital el uso de algunas tecnologías tales como: Sensores, Identificación por radiofrecuencia (RFID), Tecnología de comunicación inalámbrica (entre las más comunes como Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, NFC, etc.) para la conexión de objetos físicos al internet, Tecnología de análisis de datos y Tecnología de inteligencia artificial (IA).

### *3.1.2. Sensores de movimiento PIR wi-fi:*

Un sensor PIR (Infrarrojo Pasivo, por sus siglas en inglés Passive Infrared) según los datos suministrados por Punto Flotante S.A. [12], es un dispositivo de detección utilizado para identificar cambios en el nivel de radiación infrarroja en su entorno. Estos sensores son comúnmente utilizados en sistemas de seguridad y automatización, como en sistemas de iluminación y alarmas.

La operación del sensor PIR se basa en la detección de la radiación infrarroja emitida por los objetos en su campo de visión. Los seres vivos y los objetos con temperatura emiten radiación infrarroja, y cuando hay un cambio en esta radiación, el sensor PIR detecta dicho cambio y envía una señal eléctrica mediante una conexión alámbrica. Esta señal luego desencadena una acción, como activar una alarma o encender una luz. Por otro lado, el sensor PIR Wi-Fi realiza la misma función que un sensor convencional; sin embargo, en lugar de utilizar cables, transmite la señal a través de Wi-Fi, activando posteriormente la acción automatizada.

### 3.1.2.1. Sensor PIR wi-fi 360°:

El Sensor PIR Wi-Fi 360 es un dispositivo que opera mediante la tecnología Wi-Fi de 2.4 GHz y posee un ángulo de detección de 360 grados. Utiliza la avanzada tecnología Tuya Smart [13], la cual envía alertas a la aplicación móvil Tuya en el teléfono, permitiendo programar acciones específicas tras la detección de movimiento y asignar ejecuciones a otros dispositivos IoT. En su ficha técnica, este sensor generalmente especifica características como baja tensión de 2.4V, compatibilidad con Wi-Fi 802.11b/g/n y una distancia de detección de hasta 6 metros. Se recomienda colocar este sensor en áreas que requieran un amplio rango de detección.

Este tipo de sensor ofrece versatilidad y conveniencia al integrarse con la red Wi-Fi, facilitando su incorporación en entornos inteligentes y sistemas de automatización del hogar (**Fig. 1**).



Fig. 1. Sensor PIR Wi-Fi 360 grados

Nota: se puede observar que el dispositivo IoT está conformado de un sensor PIR común, a la que se suma la tecnología Tuya Smart y Wi-Fi. Fuente <https://www.expert4house.com/es/smart-home/sensores-y-detectores/sensor-de-movimiento-Wi-Fi-inteligente-tuya-pir>

### 3.1.2.2. Sensor antimascotas PIR wi-fi 110°:

Los sensores de alarma antimascotas suelen ajustarse en función del peso para activarse únicamente ante movimientos de cierto peso (**Fig. 2**). Según la información suministrada por Zequer [14], esta configuración permite diferenciar entre el movimiento de una persona y el de un animal. En

situaciones donde el animal es pequeño o mediano, es posible ajustar el peso de manera precisa para evitar disparos falsos de la alarma antimascotas [14].

En su ficha técnica, este sensor generalmente especifica características como baja tensión de 3V, uso de dos baterías AAA compatibilidad con Wi-Fi 802.11b 2.4Ghz, una distancia de detección de hasta 12 metros, función pet-immune (inmune a las mascotas) hasta 25kg, compatible con Tuya Smart y un ángulo de 110 grados de recepción. Se recomienda colocar este sensor en áreas que requieran un amplio rango de detección [14].



Fig. 2. Sensor PIR Wi-Fi Antimascotas 110 grados

Nota: fuente <https://www.venprotech.com/producto/sensor-de-movimiento-Wi-Fi-tuya-smart-60W-anti-mascotas/>

### *3.1.3. Interruptores inteligentes:*

Los interruptores inteligentes son dispositivos que facilitan el control de las luces (**Fig. 4**), operando de manera similar a los interruptores convencionales con la distinción de contar con un módulo Wi-Fi integrado, pad táctiles y las correspondientes terminales para energía y retorno. Esta configuración les permite recibir órdenes a través del tacto y enviar la señal eléctrica necesaria para funcionar como interruptores convencionales, lo que permite controlarlos, aunque no tengan conexión Wi-Fi. Además, mediante la plataforma Tuya Smart, estos interruptores pueden ser automatizados según las necesidades del usuario [15]. La (**Fig. 3**) ilustra la parte trasera del interruptor inteligente de la marca ecuatoriana Xiled.

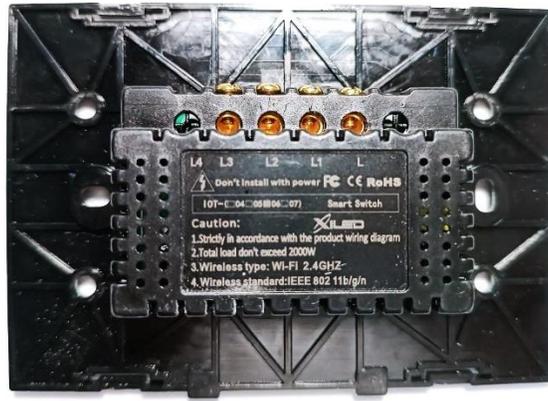


Fig. 3. Parte trasera Interruptor Smart Triple Wi-Fi con Tuya Smart

#### 3.1.3.1. Conmutación de interruptores inteligentes:

En la categoría de interruptores inteligentes, hay diversas opciones diseñadas para satisfacer las necesidades específicas de cada hogar. Estas opciones incluyen interruptores simples, dobles, triples y cuádruples, cada uno adaptándose a la complejidad y a la diversidad de los sistemas de iluminación.

Los interruptores inteligentes se diferencian no solamente por su número de conexiones sino también por la tecnología que emplean. Podemos clasificarlos en tres categorías principales: Wi-Fi-RF, RF (Radio Frecuencia) o solo Wi-Fi.

#### 3.1.3.2. Interruptores wi-fi RF:

Estos interruptores permiten la conmutación mediante un Interruptor RF, sin necesidad de estar vinculados eléctricamente, a diferencia de los interruptores convencionales. Según la documentación oficial de Xiled 2023, los interruptores RF tienen la capacidad de vincularse con un dispositivo Wi-Fi-RF o cualquier otro dispositivo RF que no sea un interruptor. Esta versatilidad proporciona opciones flexibles para la configuración de sistemas de iluminación inteligente.

### 3.1.3.3. Interruptores RF (radio frecuencia):

Los interruptores RF se destacan por su capacidad para vincularse con dispositivos Wi-Fi-RF o cualquier otro dispositivo RF, excluyendo la necesidad de conexiones eléctricas convencionales. Esto permite una mayor flexibilidad en la instalación y configuración de sistemas inteligentes.

### 3.1.3.4. Interruptores wi-fi:

Los interruptores Wi-Fi operan exclusivamente a través de conexiones inalámbricas Wi-Fi. Estos interruptores solo pueden ser conmutados por medio de un Interruptor Wi-Fi-RF desde la aplicación Tuya Smart a través de la red Wi-Fi. Esta configuración simplificada ofrece un control directo y eficiente a través de la aplicación dedicada.

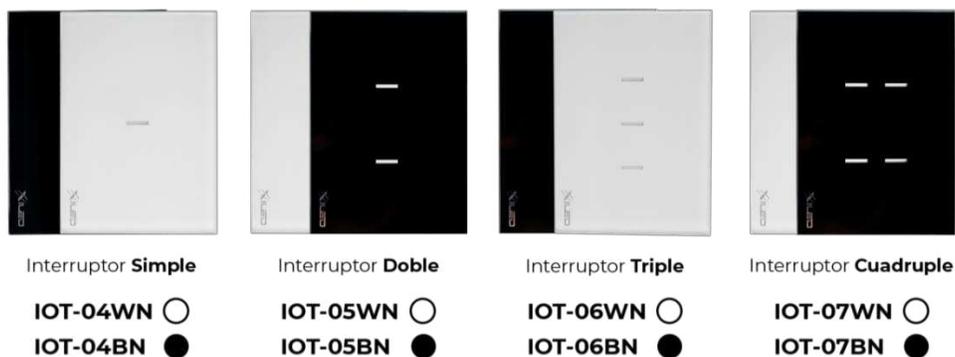


Fig. 4. Interruptores Wi-Fi Marca Xiled

Nota: una característica distintiva de los interruptores de Xiled es la asignación de códigos SKU (Stock Keeping Unit), los cuales comienzan con "IOT" seguido de un número identificativo que corresponde al tipo específico de interruptor. Además, se utiliza la inicial del color, siendo "W" para blanco (White) y "B" para negro (Black). La última letra, "N", indica la incorporación de tecnología Wi-Fi a estos interruptores, como se detalla en su sitio web oficial. Fuente <https://electroxiLED.com/elementor-10566/>

### 3.1.3.5. Capacitor en interruptores inteligente:

Es importante destacar que cada interruptor necesita de un capacitor ya que estos no incluyen un conductor neutro debido a su tecnología que combina lo electrónico, lo que da lugar a la conexión Wi-Fi y la conexión eléctrica para controlar los focos, el capacitor se carga cuando hay energía disponible y se descarga de dicha energía para alimentar la electrónica del interruptor inteligente (Macías García et al., 2018). Esto permite que el interruptor inteligente funcione incluso en circuitos donde no hay conductor neutro disponible como es en el caso de la marca Xiled. En la (Fig. 5) se muestra el capacitor que incluye con el interruptor inteligente.



Fig. 5. Capacitor para instalar en conexión eléctrica

### 3.1.4. Wi-fi smart switch on/off:

Este dispositivo ofrece un control avanzado del flujo de energía en cualquier electrodoméstico, cumpliendo así la función esencial de encender y apagar dispositivos de manera eficiente. Está equipado con tecnologías Wi-Fi y RF, este interruptor inteligente brinda la conveniencia de ser controlado a través de la aplicación Tuya Smart, un control remoto RF o mediante el botón integrado en el propio dispositivo.

La versatilidad de este Smart switch se evidencia en su capacidad que tiene para adaptarse a diversas configuraciones eléctricas, ya que cuenta con terminales para Neutro y Fase. Esta

característica permite una fácil integración con diferentes cables, asegurando así su compatibilidad con una amplia gama de electrodomésticos disponibles en el mercado.

La **(Fig. 6)** proporciona una representación visual del producto IoT, destacando su diseño compacto, lo que lo convierte en una opción práctica para adaptarlo en cualquier lugar.



Fig. 6. Switch Smart “on y off” Wi-Fi

Nota: el switch inteligente puede ser usado como interruptor para focos, lámparas y otros dispositivos que necesiten una automatización de encendido y apagado. Fuente <https://www.ebay.com/itm/184317099628>

### 3.1.5. Breaker 220V basado en IoT (IoT-based micro circuit breaker intelligent):

El Micro Disyuntor Inteligente 220V basado en IoT representa un avance significativo en el ámbito de los dispositivos IoT destinados a la gestión eléctrica **(Fig. 7)**. Este dispositivo, esencialmente es un interruptor de circuito miniaturizado que ha sido potenciado por la tecnología de Internet de las cosas (IoT), lo que le confiere capacidades muy avanzadas de monitoreo y control remoto, tales como apagar electrodomésticos que usan 220V en horas no hábiles, el disyuntor puede ofrecer una gestión más eficiente de la energía, permitiendo el monitoreo del consumo eléctrico y la implementación de estrategias para optimizar el uso de la energía.



Fig. 7. Breaker 220V Wi-Fi con Tuya Smart

Nota: el dispositivo está equipado con terminales dedicadas para neutro y fase, proporcionando una solución práctica y compatible con la infraestructura eléctrica existente.

### 3.1.6. Luces y tiras led RGB wi-fi:

Las Luces y Tiras LED RGB Wi-Fi representan un componente esencial en el panorama de los dispositivos IoT destinados a la iluminación inteligente. Estos dispositivos no solamente cumplen con la función básica de proporcionar iluminación, sino que también incorporan capacidades avanzadas de conectividad Wi-Fi, brindando un control total y personalizado a los usuarios a través de plataformas IoT.

Estas luces y tiras LED se destacan por su capacidad para conectarse a redes Wi-Fi, permitiendo su integración sin complicaciones en el ecosistema IoT del hogar o espacio de aplicación [16]. Esta conectividad inalámbrica facilita el control remoto y la automatización. Además, la capacidad de mostrar una amplia gama de colores RGB añade versatilidad y personalización a la iluminación.

Los usuarios pueden ajustar la tonalidad y la intensidad de la luz según sus preferencias, creando ambientes dinámicos y atractivos además de automatizar según las necesidades.

### *3.1.7. Mini enchufe inteligente wi-fi:*

El Mini Enchufe Inteligente Wi-Fi se erige como un componente esencial dentro del ámbito de los dispositivos IoT, brindando a los usuarios una solución fácil para la gestión inteligente de dispositivos eléctricos convencionales, tales como lámparas, extensiones, reguladores de voltaje, computadores, cafeteras, calentadores entre otros. Este dispositivo compacto no impide el uso de otros enchufes gracias a su tamaño, se adapta a cualquier enchufe convencional ofreciendo un control remoto y automatización a través de Tuya Smart [17].

### *3.1.8. Tuya smart:*

Se posiciona como una empresa líder en tecnología con un enfoque centrado en la transformación hacia una vida más inteligente. La compañía logra este propósito a través de la implementación de una plataforma en la nube que facilita la interconexión de diversos dispositivos mediante el Internet de las cosas (IoT). Al establecer estándares de interoperabilidad, Tuya Smart consolida las demandas de dispositivos inteligentes provenientes de marcas, fabricantes de equipos originales, desarrolladores y cadenas minoristas, abarcando una amplia gama de sectores e industrias [13].

#### *3.1.8.1. Tuya, referencia de api de servicios en la nube:*

La Plataforma de Desarrollo en la Nube ofrece productos API con capacidades básicas de IoT, como gestión de dispositivos, escenarios de inteligencia artificial y servicios de análisis de datos, así como capacidades específicas para diferentes industrias. Esto facilita la creación de soluciones de IoT según la información de Campoverde y Salazar [18]. En la (**Fig. 8**) se muestra la interfaz de la Plataforma de servicios en la nube con los dispositivos añadidos.

The screenshot displays the Tuya IoT Platform interface for a user named 'Ramirez Bosquez Home'. The interface includes a navigation sidebar on the left with options like Overview, Product, App, Cloud, Data, Operation, Purchase, and VAS. The main content area shows 'Device Linking Methods' and a 'View Devices by Product' section with filters for Device Type, Device Permission, and Product. Below this is a table listing various smart devices.

Device Name	Device ID	Product	Source	Online Status	Device Type	Activation Time	Device Permission	Operation
Ronald Foco RGB	ebf7058a0d9a512855k3yg	Smart Bulb 2135E 120V	ronaldram272@gmail.com	Online	Real Device	2024-03-03 20:06:27	Controllable	Debug Device
Foco RGB Joshua	eb23552c5a8687750k3m	巴西电压 9W 5路 WIFI	ronaldram272@gmail.com	Offline	Real Device	2024-02-12 15:55:40	Read	Debug Device
Sensor Plata Baja	eb85b1b2e0acd36e8fzbr	人体运动传感器	ronaldram272@gmail.com	Offline	Real Device	2024-02-10 11:06:50	Read	Debug Device
Foco Abner Interruptor Smart Doble	eb3f5a704d6ce24e7cd5xw	Interruptor Smart doble XILED	ronaldram272@gmail.com	Online	Real Device	2024-02-04 16:13:50	Read	Debug Device
Focos Pasillo Master Interruptor Smart Doble	eb8093f16c46e8ae8aw6mi	Interruptor Smart doble XILED	ronaldram272@gmail.com	Online	Real Device	2024-02-04 15:55:59	Read	Debug Device
Cocina de inducción 220V	ebfacc374348f0at1oo	WIFIMCB	ronaldram272@gmail.com	Online	Real Device	2024-02-04 14:12:58	Read	Debug Device
Pasillo Refrigerador Interruptor Smart Simple	ebb141ad732c9b0e3ajstj	Interruptor Smart simple XILED	ronaldram272@gmail.com	Online	Real Device	2024-02-03 15:03:00	Read	Debug Device
Sala Planta Alta Interruptor Smart Triple	ebd5f573af47789a9bd9ha	Interruptor Smart Triple XILED	ronaldram272@gmail.com	Online	Real Device	2024-02-02 18:08:26	Read	Debug Device
Sensor Escaleras B	ebd4bf9ddd1662ae07q8k0	人体运动传感器	ronaldram272@gmail.com	Online	Real Device	2024-01-27 13:36:33	Read	Debug Device

Fig. 8. Interfaz de la Plataforma IoT Tuya Smart

### 3.1.8.2. Aplicaciones móviles de tuya smart:

La aplicación móvil facilita la administración de todos los dispositivos instalados en un hogar permitiendo tener varias opciones de automatización: desde programar para un tiempo determinado o diaria, además de crear escenarios que posibiliten una automatización completa del hogar, también se pueden conectar los dispositivos IoT mediante asistentes de voz como Alexa y Asistente de Google, lo que facilita la ejecución de escenarios y dispositivos, según la necesidad del usuario.

Como se menciona en la página Oficial de Tuya Smart, se ofrece dos tipos de aplicaciones, Tuya Smart App y Smart Life App [13], cada una tiene sus diferencias, según Crisan [19], la primera aplicación está destinada al hogar inteligente, y está construyendo el reconocimiento del mercado tanto para la marca como para su propio nombre.

Por otro lado, con Smart Life, ofrece una solución genérica para los fabricantes de los productos domésticos inteligentes. Por lo que, tan solo necesitan enviar sus productos y orientar a sus clientes para que instalen la aplicación, permitiéndoles así configurar y controlar el dispositivo recién adquirido en dicha marca [20].

En la (**Fig. 9**) se muestra la aplicación Tuya Smart App.

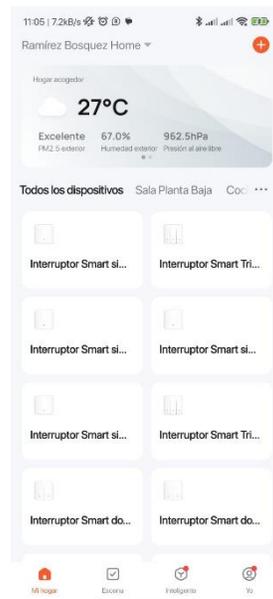


Fig. 9. Interfaz de la aplicación Móvil Tuya Smart

Nota: se observa una vista general de la interfaz y sus opciones para configuración además de los dispositivos vinculados a la aplicación.

### 3.1.8.3. Automatizaciones en Interruptores y tomacorrientes inteligentes:

Los interruptores inteligentes pueden automatizarse de dos formas: independiente de un escenario o mediante una función de ejecución, los tipos de automatización que se usaron y que ofrece Tuya Smart son las siguientes (**Fig. 10**):

- **Schedule (Cronograma):** El dispositivo se puede encender y apagar en horas establecidas
- **Sunrise (Amanecer):** El dispositivo se enciende o apaga, durante o después del amanecer
- **Sunset (Atardecer):** El dispositivo se enciende o apaga, durante o después del atardecer
- **Circulate (Circular):** El dispositivo se puede encender o apagar durante el periodo establecido.

- **Random (Aleatorio):** El dispositivo se puede encender o apagar aleatoriamente durante el periodo establecido, para crear ilusión de que la casa está ocupada [13].

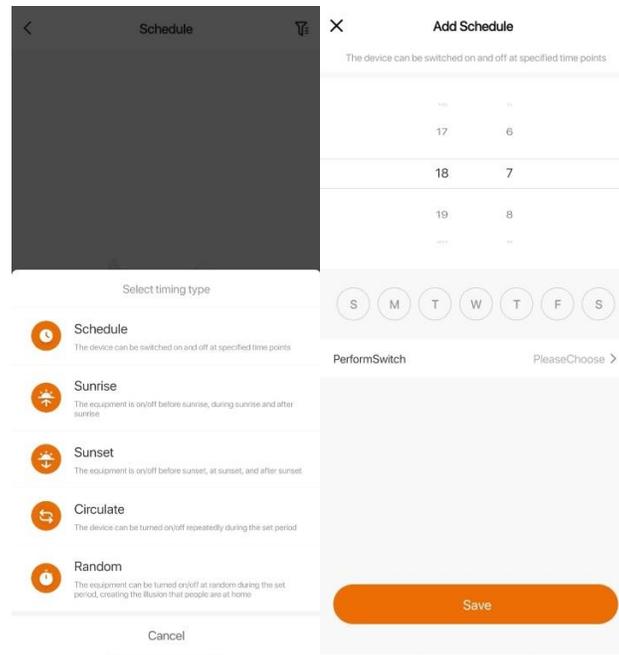


Fig. 10. Tipos de automatización de un Interruptor inteligente con Tuya Smart

Nota: se puede observar la aplicación con los tipos de automatización y un ejemplo de automatización schedule (Cronograma).

#### 3.1.8.4. Automatizaciones en Sensores inteligentes:

Así mismo, los sensores de movimiento PIR Wi-Fi ofrecen opciones para controlar los dispositivos según su estado (Fig. 11). Las opciones que ofrece Tuya Smart son:

- **Estado PIR:** Sirve para automatizar un dispositivo cuando el sensor detecta movimiento.
- **Nadie pasó:** Sirve para automatizar un dispositivo cuando el sensor no detecta movimiento.
- **“Estado PIR”Duración:** Sirve para automatizar un dispositivo cuando el sensor detecta movimiento, pero actúa después del tiempo que se le establezca.

- **“Nadie pasó”Duración:** Sirve para automatizar un dispositivo cuando el sensor no detecta un movimiento y actúa después del tiempo que se le establezca [13].



Fig. 11. Opciones de automatización de un sensor inteligente con Tuya Smart

### 3.1.9. Redes inalámbricas:

Sistemas de comunicación que posibilitan la transferencia de datos entre varios dispositivos electrónicos sin la necesidad de depender de cables físicos. En lugar de utilizar conexiones cableadas, estas redes aprovechan tecnologías tales como Wi-Fi, Bluetooth, infrarrojos o radiofrecuencia para la transmisión de datos de manera inalámbrica. Estas redes inalámbricas permiten la conectividad entre dispositivos como computadoras, teléfonos móviles, tabletas, impresoras y otros dispositivos electrónicos como aparatos IoT, facilitando la comunicación y el intercambio de información sin la limitación física de cables [18].

#### 3.1.9.1. Wi-fi:

Wi-Fi surge como resultado de la colaboración entre varias empresas con el interés común de establecer un método de conexión sin cables compatible entre diversos dispositivos y redes. Este método se basa en los estándares 802.11 aplicados a redes inalámbricas de área local y es totalmente compatible con todos los servicios de las redes locales (LAN) con cable. Es importante señalar que la denominación "Wi-Fi" es una marca y no una abreviatura, a pesar de la percepción ocasional de lo contrario [21]. Una red Wi-Fi está compuesta por varios dispositivos Wi-Fi conectados a una

red de datos fija. Para que otros dispositivos puedan acceder a la red, se utilizan puntos de acceso con antenas Wi-Fi, repetidores Wi-Fi o routers Wi-Fi con el objetivo de ampliar la cobertura.

#### *3.1.10. Amazon Alexa:*

El término Alexa hace referencia a los servicios lingüísticos de Amazon y su inteligencia artificial reside en los servidores en la nube de Amazon. El sitio oficial de Amazon menciona que Alexa se implementa en dispositivos inteligentes como altavoces Amazon Echo o teléfonos inteligentes. A diferencia de sistemas basados únicamente en aprendizaje automático, los asistentes de lenguaje, como Alexa, poseen una sólida comprensión del habla debido a que el diálogo con ellos puede ser predefinido por aplicaciones llamadas skills (habilidades). Esto también se conoce como Inteligencia Conversacional Artificial. Con este sistema se pueden dar comandos de voz a Alexa, y este dispositivo reproducirá música, ejecutará una skill por sí mismo o, en algunos casos, controlará dispositivos conectados, como lámparas LED y dispositivos IoT [22].

#### *3.1.11. Google assistant (asistente de Google):*

El Asistente de Google, creado por Google, representa una implementación avanzada de inteligencia artificial en el ámbito de la asistencia virtual. Este asistente se distingue por su capacidad para interpretar y responder a comandos de voz y de texto, para proporcionar información y realizar tareas según las necesidades del usuario, mejorando así la interacción con dispositivos electrónicos.

Una de las características fundamentales del Asistente de Google es su interfaz conversacional, permite a su vez una comunicación natural y fluida [23]. También como lo menciona Pérez [23], puede responder preguntas, ofrecer recomendaciones y ejecutar diversas funciones, creando una experiencia de usuario intuitiva y accesible.

La conectividad integral con una amplia gama de dispositivos inteligentes define otra dimensión clave del Asistente de Google. Desde teléfonos y tabletas hasta altavoces y electrodomésticos

conectados además de su capacidad de vincularse con Tuya Smart y controlar los dispositivos IoT, este asistente posibilita una gestión centralizada de las actividades diarias del usuario.

### 3.1.12. Amazon Alexa vs Google assistant:

Ambas plataformas son sólidas en términos de integración con Tuya Smart, pero la elección entre Alexa y Google Assistant depende de las preferencias individuales, dispositivos existentes y las características específicas que se consideren más importantes para tu entorno IoT.

A continuación, se detallan en la (**TABLA I**) las características sobre la integración de los asistentes de voz con IoT.

TABLA I  
COMPARACIÓN DE ASISTENTES DE VOZ, AMAZON Y GOOGLE

	<b>Alexa Amazon</b>	<b>Google Assistant</b>
<b>Integración en otros dispositivos</b>	Si (Está disponible en los relojes inteligentes, móviles, tabletas, FireTV y ordenadores con Windows.)	Si (Está integrado en Android, disponible también para móviles iOS y en relojes, altavoces y Android TV.)
<b>Rutinas dinámicas de hogar inteligente</b>	Si (más completas)	Si (más simples)
<b>Activar con voz sin entrar en aplicación</b>	No (Solo por medio de botón, para esta función se debe usar dispositivos Alexa Echo y entre otros)	Si (Por defecto en Android, también se puede usar en Dispositivos Google Nest o Home)
<b>Vinculación con Tuya Smart</b>	Si	Si
<b>Facilidad de activar o desactivar dispositivos de Tuya Smart</b>	Si	Si
<b>Creación de Grupos o Habitaciones</b>	Si	Si

TABLA I  
(CONTINUACIÓN) COMPARACIÓN DE ASISTENTES DE VOZ, AMAZON Y GOOGLE

<b>Automatización de Sensores Inteligentes con Tuya</b>	Si (Permite crear rutinas tal cual como en Tuya Smart)	No (No permite crear rutinas con los sensores como en Tuya Smart).
<b>Fidelidad de comando de voz</b>	Se necesita ser muy específico en los dispositivos, rutinas o escenarios.	Es más dinámico, entiende el lenguaje coloquial con facilidad permitiendo mayor sensación de automatización.

Nota: esta tabla contiene las características principales de Amazon Alexa y Google Assistant y como se integra con los dispositivos añadidos a Tuya Smart para la gestión de estos. Fuente <https://www.geeknetic.es/Guia/2275/Alexa-vs-Google-Home-Cual-es-mejor.html>

### 3.2. Estado del arte

El presente apartado tiene como propósito brindar una visión integral del contexto actual en el que se inserta la investigación sobre "IoT para ahorro energético en los hogares de Santo Domingo de los Tsáchilas". Comprender el estado del arte en esta área es crucial para identificar las contribuciones previas existentes, las tendencias actuales y las lagunas existentes que motivan la necesidad de este proyecto.

En el ámbito de las Tecnologías de la Información aplicadas a la eficiencia energética, el uso de Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como una herramienta poderosa. La creciente automatización de los hogares y la interconexión de dispositivos ofrecen oportunidades para optimizar el consumo de energía, reducir costos y minimizar el impacto ambiental.

En este contexto, es imperativo la investigación a fondo de los antecedentes históricos y las tendencias actuales relacionadas con la implementación de soluciones IoT para el ahorro energético en entornos residenciales. Además, se abordarán trabajos previos que han explorado enfoques similares en diferentes contextos geográficos, resaltando las lecciones aprendidas y las aplicaciones exitosas. A través de esta revisión, se busca contextualizar y fundamentar la investigación en Santo Domingo de los Tsáchilas, considerando las particularidades de este entorno.

El artículo realizado por Salazar et al. [2], se ha centrado en la implementación de la domótica y el Internet de las Cosas (IoT) para el ahorro energético en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Los autores han utilizado Google Trends para analizar las tendencias de búsqueda relacionadas con la domótica e IoT en la región, y luego han ejecutado un experimento para medir el consumo eléctrico antes y después de la automatización del hogar con dispositivos IoT. El objetivo principal fue demostrar que la automatización del hogar con IoT pudo reducir el consumo energético residencial en la mencionada ciudad y provincia. El estudio se ha enfocado en puntos críticos de automatización, como dispositivos de iluminación, televisores inteligentes, interruptores y tomas de corriente, para ver el potencial de ahorro energético implementando estas tecnologías en los hogares de la región.

Los resultados del trabajo realizado por Molano y Álvarez [24], se enfocó en entender los hábitos de consumo de energía eléctrica en los hogares colombianos y en analizar la incidencia de las tecnologías de domótica y TIC en el ahorro de energía. El objetivo fue generar estrategias que permitieran impulsar prácticas y rutinas de ahorro energético para beneficiar la economía de las familias y contribuir a la disminución del impacto del cambio climático. El trabajo utilizó un diseño no experimental aplicado de manera transversal y se recopiló información a través de una encuesta aplicada a familias de estratos 3 y 4. El marco teórico incluyó antecedentes y propuestas de ahorro de energía, así como información sobre la domótica, el Internet de las cosas y las TICs.

El trabajo de Grado de Lagares [1], indica el estudio de la eficiencia energética en el edificio Pleyades, específicamente en sus laboratorios, analizó el uso de tecnologías IoT (Internet de las Cosas) para medir parámetros y simular el espacio con Energy Plus. El enfoque principal estuvo en la aplicación de estas tecnologías para mejorar la eficiencia energética en edificios, con el objetivo de reducir el consumo de energía y promover prácticas sostenibles. El documento aborda temas como el modelado geométrico, la inclusión de parámetros en el modelo, la obtención de datos del modelo ideal de climatización, la clasificación de datos reales y la comparación con datos reales, entre otros aspectos relacionados con la eficiencia energética en edificios.

Los resultados publicados en el artículo científico [25], trata sobre el desarrollo de un proyecto tecnológico en curso que se enfocó en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y

control automatizado para entornos domésticos, utilizando el Internet de las Cosas (IoT). Este sistema se basó en la recopilación de datos a través de diversos sensores (luminosidad, gas, corriente eléctrica, temperatura y humedad) y su visualización en una aplicación móvil llamada BLYNK, utilizando Arduino MKR1000 conectado a una red WLAN como solución inalámbrica. El objetivo principal fue lograr beneficios significativos en términos de ahorro energético, económico y preservación de energías no renovables.

## 4. Metodología

### *4.1. Enfoque y diseño de investigación*

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos se empleó un diseño cuasi experimental y de investigación aplicada, y a partir de ello se desarrolló e implementó una propuesta de IoT que abordó los problemas de consumo de energía en los hogares de clase media en Santo Domingo de los Tsáchilas. El diseño cuasi experimental es un método de trabajo que permite estudiar los impactos que se pueden tener derivados de un proceso de cambio en circunstancias donde no se seleccionaron aleatoriamente a individuos o grupos que se encuentran en observación [26].

El diseño cuasi experimental fue adecuado para este estudio porque se realizaron mediciones de las condiciones previas y posteriores a la implementación de IoT en un hogar, donde se evaluó las diferencias entre las referidas condiciones.

Para este estudio, se realizaron pruebas en una casa modelo de clase media como el sujeto de investigación. La referida selección se fundamentó en la necesidad de experimentar las variaciones del consumo de energía antes y después de aplicar IoT y los ajustes respectivos. Con esto se buscó una comprensión más profunda de los efectos de la automatización en un entorno doméstico de clase media.

De acuerdo con los criterios del diario La HORA [27], en el 2021 una familia de clase media que tiene ingresos mensuales entre los \$860 y \$1.605, y se caracteriza por la conformación tradicional

de mamá, papá y dos o tres hijos, y un consumo residencial promedio de 155 kWh según el reporte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) [7].

Los conceptos comunes en el diseño de investigación fueron los siguientes:

- **Variable Independiente:** Implementación de la propuesta de IoT para la automatización del hogar.
- **Variable Dependiente:** Consumo de energía eléctrica en el hogar modelo antes y después de la implementación de la propuesta de IoT.
- **Variables de Control:** Consumo residencial promedio de 155 kWh.
- **Grupo Experimental:** Hogar modelo al que se le implementó la propuesta IoT.
- **Grupo de Control:** Población y Muestra.

El estudio se ejecutó a lo largo de los meses octubre del 2023 y enero del 2024, marcando un antes y después de la implementación de la propuesta IoT con registros mensuales del consumo energético.

#### *4.2. Instrumentos y materiales*

Para garantizar la coherencia y la eficacia de la automatización propuesta, se excluyó ciertos dispositivos que, dada su naturaleza y función, requieren de un control humano directo para su uso eficiente. Los dispositivos excluidos fueron: lavadora, secadora, refrigerador, arrocera, bomba de agua, extractor de olores, licuadora, tostadora. Estos electrodomésticos requieren una programación manual específica según el tipo de necesidad del usuario, como es el caso del lavado y secado que se necesita cargar y descargar la ropa, programar ciclos, tipos de ropa entre otras opciones necesarias, así también el refrigerador; automatizar el control total podría afectar la conservación de alimentos y la eficiencia energética. La exclusión de dichos dispositivos se basó

en la premisa de que su control manual es muy esencial para poder adaptarse a las preferencias individuales y a las necesidades cambiantes de los usuarios dentro del hogar.

Se consideró el uso de 44 dispositivos IoT para la automatización, tal como se lo muestra en la (TABLA II), cabe recalcar que estos se agruparon por tipos ya que cada uno tenía su categoría, como por ejemplo los interruptores que pueden ser simples, triples o dobles los cuales se especificarán posteriormente con el resto de los dispositivos.

TABLA II  
DISPOSITIVOS IOT CON SU POTENCIA EN VATIOS

Dispositivos IoT	Número de dispositivos	Potencia energética conectada a los dispositivos (W)
Interruptores inteligentes	19	299.00
Switch on y off simple Wi-Fi	1	10.00
Sensores de movimiento inteligentes Wi-Fi	8	1.60
Tomacorrientes inteligentes	9	966.00
Breaker 220V inteligente	1	1,833.00
Focos LED RGB inteligentes	4	36.00
Controlador Wi-Fi RGB	2	10.00
<b>Total:</b>	<b>44</b>	<b>3,155.60</b>

La inversión asociada a la adquisición e implementación de los dispositivos IoT requeridos se consideró justificada en función de los potenciales beneficios a largo plazo que se demostró en la investigación. Aunque la inversión inicial pudo parecer significativa, los aspectos tales como el ahorro de energía, seguridad, optimización de recursos, comodidad y calidad de vida justificaron los costos. El presupuesto asociado a la investigación se encuentra en detalle en el *Anexo A*.

### 4.3. Procedimiento

#### 4.3.1. Diagnóstico de necesidades:

Para comprender las necesidades de los habitantes del hogar seleccionado, se realizó una encuesta que se detalla en el *Anexo B*, a los integrantes del hogar modelo incluidos en él. En la que se

incluyeron preguntas específicas sobre los hábitos de consumo, patrones del uso de dispositivos eléctricos y percepciones relacionadas con la eficiencia energética, lo que permitió obtener una visión más completa de las dinámicas y necesidades del hogar.

Los resultados de la encuesta referente a los horarios típicos de las actividades en el hogar de los integrantes se presentan en la (**TABLA III**). Estos datos permitieron identificar las horas en las que los integrantes de la familia no consumían energía en el hogar, lo que facilitó la toma de decisiones para la automatización. Es relevante destacar que estos horarios correspondían a los días laborables, ya que, durante el fin de semana, según los integrantes del hogar, la mayoría del tiempo se pasaba dentro del domicilio.

TABLA III  
HORARIOS TÍPICOS DE ACTIVIDADES EN EL HOGAR

Nombre de integrante	Relación con el hogar	Horarios
<b>Leonardo</b>	Padre	17h30 a 7h30
<b>Esperanza</b>	Madre	17h30 a 7h30
<b>Joshua</b>	Hijo	19h30 a 7h30
<b>Abner</b>	Hijo	13h30 a 6h00
<b>Ronald</b>	Hijo	24h00 (mayoría de las veces)

Además, en la entrevista se recopiló datos sobre los dispositivos electrónicos del hogar, así como las percepciones de los integrantes sobre el nivel de consumo de estos dispositivos, lo que facilitó la identificación de aquellos dispositivos que requerían una mayor optimización en cuanto al consumo de energía, estos datos se presentan en la (**TABLA IV**).

TABLA IV  
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y NIVEL DE CONSUMO

Dispositivo	Cantidad	Nivel de Consumo	Excluido
<b>Cocina de inducción</b>	1	Alto	No
<b>Refrigerador</b>	1	Alto	Si
<b>Extractor de olores</b>	1	Bajo	Si
<b>Arrocera</b>	1	Normal	Si
<b>Licuada</b>	1	Normal	Si
<b>Tostadora</b>	1	Normal	Si
<b>Computador de mesa</b>	3	Alto	No

TABLA IV  
(CONTINUACIÓN) DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y NIVEL DE CONSUMO

<b>Dispositivos móviles</b>	5	Normal	Si
<b>Televisores</b>	2	Normal	No
<b>Lavadora</b>	1	Alto	Si
<b>Secadora de ropa</b>	1	Alto	Si
<b>Plancha de cabello</b>	1	Bajo	Si
<b>Masajeador de espalda</b>	1	Bajo	Si
<b>Total</b>	<b>20</b>		

Nota: cantidad de dispositivos electrónicos pertenecientes al hogar modelo con nivel de consumo.

Así mismo, se recopiló información detallada sobre los dispositivos de iluminación y su percepción del nivel de consumo durante los horarios de permanencia en casa, como se muestra en la (TABLA V). Se observó, además, que las luces con alto nivel de consumo fueron aquellas de uso frecuente, alta concurrencia o que tendían a permanecer encendidas debido a malos hábitos. Esta información permitió identificar y priorizar aquellas luces que pudieran beneficiarse significativamente de medidas de optimización de consumo energético.

TABLA V  
DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN DEL HOGAR Y NIVEL DE CONSUMO

<b>Planta</b>	<b>Habitación</b>	<b>Dispositivo de iluminación</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nivel de consumo</b>
<b>Planta Baja</b>	Sala	Lampara colgante	LED	1	Normal
	Comedor	Lampara colgante	LED	1	Alto
	Cocina	Panel	LED	1	Alto
	Pasillo Refrigerador	Panel	LED	1	Bajo
	Baño social	Foco	LED	1	Alto
	Dormitorio Huéspedes	Panel	LED	1	Normal
	Dormitorio Joshua	Panel	LED	1	Normal
		Lampara	LED	1	Normal
	Baño Joshua	Panel	LED	1	Normal
	Pasillo parte Trasera	Appliques	LED	2	Bajo
		Foco	LED	1	Bajo
	Garaje	Panel	LED	1	Normal

TABLA V  
(CONTINUACIÓN) DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN DEL HOGAR Y NIVEL DE CONSUMO

	Puerta Garaje	Panel	LED	4	Alto
	Escaleras A	Panel	LED	2	Alto
	Pasillo Sala	Panel	LED	2	Alto
	Sala	Panel	LED	1	Alto
		Tira RGB	LED	2	Alto
	Baño Sala	Panel	LED	1	Alto
		Foco	LED	1	Alto
<b>Planta Alta</b>	Dormitorio Abner	Panel	LED	2	Normal
		Lampara RGB	LED	1	Normal
	Dormitorio Ronald	Panel	LED	2	Bajo
		Lampara RGB	LED	2	Alto
	Dormitorio Máster	Panel	LED	2	Normal
	Pasillo Dormitorio Máster	Panel	LED	2	Alto
	Baño Dormitorio Máster	Panel	LED	2	Alto
		Foco	LED	1	Alto
	Fachada	Appliques	LED	2	Alto
	<b>Terraza</b>	Escaleras B	Lampara colgante	LED	1
<b>Total</b>				<b>50</b>	

Nota: cantidad de luces dentro del hogar por ubicación, tecnología y nivel de consumo.

En cuanto a los dispositivos eléctricos utilizados durante los fines de semana, se detallan en la (TABLA VI) con el tiempo aproximado de uso por cada integrante.

TABLA VI  
DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS USADOS EL FIN DE SEMANA

Nombre de integrante	Dispositivos	Horarios	Tiempo aproximado
	Cocina de inducción	07h00 - 07h30	30 min
	Televisión planta alta	10h00 - 13h00 17h00 - 21h00	9 horas (uso intermitente)
<b>Leonardo</b>	Dispositivo móvil (Carga de batería)	22h00 - 05h00	7 horas
	Secadora de ropa	10h00 - 18h00	6 horas (uso intermitente)

TABLA VI  
(CONTINUACIÓN) DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS USADOS EL  
FIN DE SEMANA

	Lavadora	10h00 – 18h00	6 horas (uso intermitente)
<b>Esperanza</b>	Cocina de inducción	12h00 - 13h30 18h00 - 19h00	2 horas 30 min
	Licuadaora	12h30 - 12h35	5 min
	Dispositivo móvil (Carga de batería)	23h00 - 06h00	7 horas
	Masajeador de espalda	22h00 - 22h10	19 min
	Televisión de su dormitorio	19h00 - 21h00	2 horas (uso intermitente)
<b>Joshua</b>	Computador de escritorio	10h00 - 22h00	2 horas (uso intermitente)
	Dispositivo móvil (Carga de batería)	22h00 - 06h00	8 horas
	Computador de escritorio	10h00 - 22h00	8 horas
<b>Abner</b>	Dispositivo móvil (Carga de batería)	22h00 - 05h00	7 horas
	Computador de escritorio	10h00 - 22h00	14 horas
<b>Ronald</b>	Dispositivo móvil (Carga de batería)	09h00 - 10h30	1 hora

Nota: dispositivos usados el fin de semana por cada integrante del hogar con sus horas de uso aproximadas.

La (TABLA VII) proporciona un desglose detallado del uso diario de dispositivos eléctricos por cada miembro de la familia, incluyendo los horarios de uso y el tiempo total estimado para cada dispositivo.

TABLA VII  
DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS USADOS DIARIAMENTE

Nombre de integrante	Dispositivos	Horarios	Total, Tiempo
<b>Leonardo</b>	Cocina de inducción	05h00 - 05h45	45 min
	Televisión planta alta	18h00 - 22h00	4 horas
	Dispositivo móvil (Carga de batería)	22h00 - 05h00	7 horas
<b>Esperanza</b>	Cocina de inducción	18h00 - 19h30	1 hora 30 min
	Licuadaora	18h30 - 18h35	5 min

TABLA VII  
(CONTINUACIÓN) DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS USADOS  
DIARIAMENTE

	Dispositivo móvil (Carga de batería)	23h00 - 06h00	7 horas
	Plancha de cabello	06h30 - 06h45	15 min
	Masajeador de espalda	22h00 - 22h10	19 min
<b>Joshua</b>	Televisión de su dormitorio	19h00 - 21h00	2 horas (uso intermitente)
	Computador de escritorio	19h00 - 21h00	2 horas (uso intermitente)
	Dispositivo móvil (Carga de batería)	22h00 - 06h00	8 horas
<b>Abner</b>	Computador de escritorio	14h00 - 22h00	8 horas
	Dispositivo móvil (Carga de batería)	22h00 - 05h00	7 horas
<b>Ronald</b>	Computador de escritorio	08h00 - 22h00	14 horas
	Televisor planta alta	12h30 - 02h00	1 hora 30 min
	Dispositivo móvil (Carga de batería)	09h00 - 10h30	1 hora 30 min

Nota: horarios del uso diario de dispositivos eléctricos por integrante de familia.

Después de analizar los datos recopilados mediante las encuestas, se identificó patrones significativos relacionados con los horarios típicos de actividades en el hogar. La franja horaria más común en la que los miembros de la familia permanecieron en casa fue desde las 17h30, hasta las 7h30 de la mañana. Sin embargo, es importante destacar que dos integrantes tenían horarios distintos: uno de ellos, que cursa el bachillerato, estaba en casa desde la 13h30 hasta las 6h00 del día siguiente.

Se estableció la propuesta de apagar todas las luces a las 08h00, asegurando así que no haya luces encendidas cuando no haya nadie en casa. Además, se ha observado que los integrantes del hogar tienen la práctica de apagar todas las luces y dispositivos entre las 22h00 y 00h00 cuando se van a descansar. Por lo tanto, se estableció como hora límite para que los dispositivos electrónicos y luces sean apagados a las 00h00.

Los horarios principales en los que los integrantes del hogar requirieron menor consumo energético, entre la iluminación y equipos eléctricos, lo que permitió tener una guía clara para la automatización y gestión eficiente del consumo de energía en el hogar, esto se detalla en la (TABLA VIII).

TABLA VIII  
HORAS IMPORTANTES PARA AUTOMATIZAR

Conjunto de dispositivos	Hora	Estado de uso	Tipo de automatización	Descripción	Días
<b>Luces del hogar</b>	00h00	No se usan	Automatización completa	Se automatiza todas las luces del hogar	Todos los días
<b>Luces del hogar</b>	05h00	Se usan	Automatización completa	Se automatiza todas las luces del hogar	Lunes a viernes
<b>Luces del hogar</b>	08h00	No se usan	Automatización completa	Se automatiza todas las luces del hogar	Lunes a viernes
<b>Luces del hogar</b>	17h30	Se usan	Automatización completa	Se automatiza todas las luces del hogar	Lunes a viernes
<b>Dispositivos electrónicos</b>	00h00	No se usan	Automatización completa	Se automatiza todos los dispositivos del hogar	Todos los días
<b>Dispositivos electrónicos</b>	05h00	Se usan Intermitentemente	Automatización parcial	Se automatiza algunos dispositivos del hogar según su uso	Lunes a viernes
<b>Dispositivos electrónicos</b>	08h00	Se usan Intermitentemente	Automatización parcial	Se automatiza algunos dispositivos del hogar según su uso	Todos los días
<b>Dispositivos electrónicos</b>	17h30	Se usan	Automatización parcial	Se automatiza algunos dispositivos del hogar según su uso	Todos los días

Nota: resumen de horas automatizar en días hábiles.

Esta información permitió aplicar las automatizaciones pertinentes según las necesidades de cada integrante y del hogar, cabe recalcar que las automatizaciones parciales como se mencionan en la (TABLA VIII), permitieron personalizar la programación de cada dispositivo electrónico, siguiendo y respetando los horarios establecidos por los integrantes del hogar, considerando que estos se usan intermitentemente, cumpliendo con el ahorro energético sin perjudicar la comodidad de los residentes.

Las respuestas de las encuestas aplicadas a los integrantes del hogar modelo, indicaron una predisposición positiva hacia la adopción de tecnologías de automatización para gestionar eficientemente el consumo de energía, junto con una conciencia activa sobre la necesidad de apagar dispositivos y luces no utilizadas.

Se consideró reducir el consumo energético de la cocina de inducción que opera a 220V con la optimización en el consumo energético en el modo de espera (standby).

#### 4.3.2. Medición del consumo energético antes de la implementación:

Se midió el consumo energético de la casa modelo antes de la implementación de la propuesta IoT, los datos considerados para determinar el consumo energético fueron obtenidos de las facturas del servicio eléctrico y alumbrado público dadas por la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) que se encuentra en el *Anexo C*, se tomaron como referencia los consumos energéticos de enero a diciembre de 2023, la (**Fig. 12**) muestra los detalles del consumo en kWh durante todo el año con el objetivo de conocer cuáles fueron los meses con mayor y menor consumo energético, además de conocer la media de consumo durante un año.

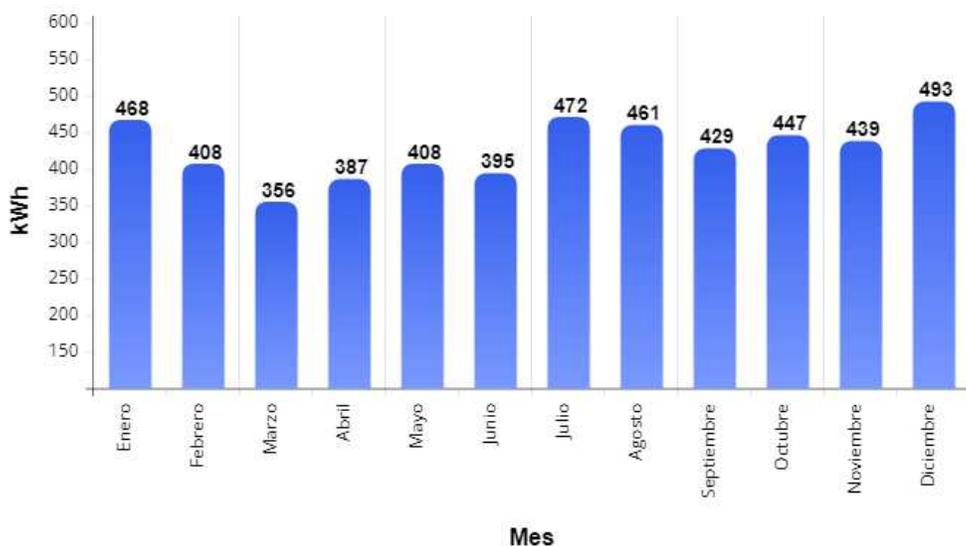


Fig. 12. Consumo energético del hogar en el 2023

Nota: se puede observar un incremento del consumo energético a mitad del año, debido al aumento del 10% de los dispositivos electrónicos.

El gráfico informa que, marzo fue el mes con menor consumo energético con 356 kWh, el mes con mayor consumo energético fue diciembre con 493 kWh, siendo el consumo energético promedio 430.25 kWh en el 2023, por lo que el objetivo del proyecto comprobó si IoT podía mantener un consumo menor a la media. Sin embargo, para fines de comparación se tomaron como referencia el consumo del mes de enero de 2023 sin la propuesta IoT y el mes de enero de 2024 después de la implementación de IoT.

#### 4.3.3. Diseño de la propuesta de IoT:

##### 4.3.3.1. Distribución de dispositivos y zonas clave:

Para fines de diseño y programación de los dispositivos, se implementó un esquema de IoT en función de los datos obtenidos en el diagnóstico de necesidades, teniendo la siguiente distribución de dispositivos IoT en los diversos sitios de la planta baja del hogar, que se detalla en la (TABLA IX).

TABLA IX  
DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BAJA DE DISPOSITIVOS IOT

Dispositivos IoT	Sala PB	Garaje	Dormitorio Joshua	Dormitorio Huéspedes	Baño Social	Pasillo Exterior
Interruptor Simple Smart	2	-	2	1	1	-
Interruptor Doble Smart	-	-	-	-	-	1
Interruptor Triple Smart	1	-	-	-	-	-
Interruptor Inteligente Smart Switch On Y Off Básico Wi-Fi	-	1	-	-	-	-
Sensor De Movimiento Wi-Fi Tuya Smart 360°	1	-	-	-	1	1
Detector De Movimiento PIR Wi-Fi Antimascota 60W	-	1	-	-	-	-
Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart	-	-	3	1	-	-
Breaker Inteligente 2p Wi-Fi Tuya Smart 220V	1	-	-	-	-	-

TABLA IX  
(CONTINUACIÓN) DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BAJA DE DISPOSITIVOS IOT

<b>Foco LED Wi-Fi RGB Tuya Smart</b>	-	-	1	-	-	-
<b>Controlador LED Wi-Fi</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Router Tp-Link</b>		-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Nota: designación de dispositivos IoT por habitación en la planta baja.

La (TABLA X) detalla la distribución de los dispositivos IoT en las áreas de la planta alta.

TABLA X  
DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ALTA DE DISPOSITIVOS IOT

<b>Dispositivos IoT</b>	<b>Escaleras A</b>	<b>Dormitorio Abner</b>	<b>Dormitorio Ronald</b>	<b>Baño Dual</b>	<b>Sala PA</b>	<b>Dormitori o Máster</b>	<b>Baño Máster</b>
<b>Interruptor Simple Smart</b>	2	-	-	-	-	-	-
<b>Interruptor Doble Smart</b>	-	1	1	1	-	2	-
<b>Interruptor Triple Smart</b>	-	-	-	-	1	-	1
<b>Interruptor Inteligente Smart Switch On Y Off Básico Wi-Fi</b>	-	-	1	-	-	-	-
<b>Sensor De Movimiento Wi-Fi Tuya Smart 360°</b>	1	-	-	-	1	1	-
<b>Detector De Movimiento PIR Wi-Fi Antimascota 60W</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart</b>	-	2	1	-	1	1	-

TABLA X  
(CONTINUACIÓN) DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ALTA DE DISPOSITIVOS IOT

<b>Breaker Inteligente</b>							
<b>2p Wi-Fi Tuya Smart 220v</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Foco LED Wi-Fi RGB Tuya Smart</b>	-	1	2	-	-	-	-
<b>Controlador LED Wi-Fi</b>	-	-	-	-	2	-	-
<b>Router Tp-Link</b>	-	-	-	-	1	1	-
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

Nota: designación de dispositivos IoT por habitación en la planta alta.

Por último, la distribución en la terraza, en este caso específicamente en las escaleras como se lo detalla en la (TABLA XI).

TABLA XI  
DISTRIBUCIÓN EN LA TERRAZA DE DISPOSITIVOS IOT

Dispositivos IoT	Escaleras B
Interruptor Simple Smart	1
Interruptor Doble Smart	-
Interruptor Triple Smart	-
Interruptor Inteligente Smart Switch On Y Off Básico Wi-Fi	-
Sensor De Movimiento Wi-Fi Tuya Smart 360°	1
Detector De Movimiento PIR Wi-Fi Antimascota 60W	-
Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart	-
Breaker Inteligente 2p Wi-Fi Tuya Smart 220V	-
Foco LED Wi-Fi RGB Tuya Smart	-
Controlador LED Wi-Fi	-
Router Tp-Link	-
<b>Total</b>	<b>2</b>

Nota: designación de dispositivos IoT por habitación en la terraza.

#### 4.3.3.2. Automatización de iluminación:

La automatización de la iluminación en el hogar se realizó considerando diversas estrategias a partir de los requerimientos que se obtuvieron en encuestas, así como también mediante la toma de datos en la aplicación Tuya Smart. Para los fines pertinentes se emplearon interruptores inteligentes y sensores de movimiento PIR Wi-Fi, de la referida aplicación. A continuación, se detallan las estrategias utilizadas y la configuración específica para cada área del hogar.

Para una automatización óptima, se aplicó la información detallada en la (TABLA V) sobre dispositivos de iluminación del hogar y nivel de consumo, que refleja las percepciones de los integrantes sobre el uso de luces en cada habitación y su correspondiente configuración establecida en los interruptores y sensores empleados para el efecto, como se muestra en la (TABLA XII).

TABLA XII  
AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL HOGAR

Planta	Habitación	Dispositivo de iluminación	Dispositivo IoT controlador	Automatización	Hora activa	Tiempo activo
	Sala	Lampara colgante	Interruptor triple Smart	Sensor: Estado PIR y “Nadie paso” Duración	17h30 a 20h00	3 horas
	Comedor	Lampara colgante				
	Cocina	Panel				
	Pasillo Refrigerador	Panel				
Planta Baja	Baño social	Foco	Interruptor Simple Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	10 min
	Dormitorio Huéspedes	Panel	Interruptor Simple Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	60 min
	Dormitorio Joshua	Panel	Interruptor Simple Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	60 min
		Lampara	Foco LED Wi-Fi RGB Tuya Smart	Interruptor: Schedule	19h00 a 22h00	3 horas

TABLA XII  
(CONTINUACIÓN) AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL HOGAR

<b>Plata Alta</b>	<b>Baño Joshua</b>	Panel	Interruptor Simple Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	20 min
	<b>Pasillo parte Trasera</b>	Apliques Foco	Interruptor Doble Smart	Sensor: Estado PIR y nadie paso	19h00 a 23h00	4 horas
	<b>Garaje</b>	Panel	Interruptor Simple Smart	Sensor: Estado PIR y nadie paso	18h00 a 23h00	5 horas
	<b>Puerta Garaje</b>	Panel	Interruptor Simple Smart	Interruptor: Schedule	19h00 a 22h00	3 horas
	<b>Escaleras A</b>	Panel	Interruptor Simple Smart y Conmutador RF	Sensor: Estado PIR y nadie paso	17h30 a 07h30 día siguiente	14 horas
	<b>Pasillo Sala Sala</b>	Panel Panel	Interruptor Triple Smart	Sensor: Estado PIR y nadie paso	18h00 a 06h00 día	10 horas
	<b>Baño Sala</b>	Panel Foco	Interruptor Doble Smart	Sensor: Estado PIR y nadie paso	06h00 siguiente	
	<b>Dormitorio Abner</b>	Panel	Interruptor Doble Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	60 min
		Lampara RGB	Foco LED Wi-Fi RGB Tuya Smart	Interruptor: Delay Close	18h00 a 22h00	4 horas
	<b>Dormitorio Ronald</b>	Panel	Interruptor Doble Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	60 min
		Lampara RGB	Foco LED Wi-Fi RGB Tuya Smart	Interruptor: Schedule	17h35 a 23h00	5 horas 35 min
	<b>Dormitorio Máster</b>	Panel	Interruptor Doble Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	60 min
	<b>Pasillo Dormitorio Máster</b>	Panel	Interruptor Doble Smart	Sensor: Estado PIR y nadie paso	17h30 a 00h00	7 horas
	<b>Baño Dormitorio Máster</b>	Panel Foco	Interruptor Triple Smart	Interruptor: Delay Close	Todo el día	10 min

TABLA XII  
(CONTINUACIÓN) AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL HOGAR

Fachada		Interruptor				
	Apliques	Inteligente Smart	Interruptor:	18h30 a	3 horas	
		Switch On Y Off	Schedule	22h00	30 min	
		Básico Wi-Fi				
Terraza	Escaleras B	Lampara	Interruptor	Sensor: Estado	17h30 a	6 horas
		colgante	Simple Smart	PIR y nadie paso	00h00	30 min

Nota: información general sobre la automatización de la iluminación en el hogar.

Por otro lado, se colocaron los sensores en las zonas de mayor concurrencia de personas o en lugares donde el interruptor estaba lejano al acceso humano. En la (TABLA XIII) se describen los detalles de la configuración de los sensores.

TABLA XIII  
AUTOMATIZACIÓN DE LOS SENSORES

Nombre del Sensor	Tipo de sensor	Nombre De Automatización	Nombre Del Switch	Horario
Sensor Panta Baja	PIR 360°	Encendido Planta Baja	Foco 1 Cocina	17h30 - 20h00
			Lampara Comedor	
			Lampara Sala	
		Encendido Pasillo Planta Baja	Foco 1 Refrigerador	21h00 - 23h00
Sensor Parte Trasera	PIR 360°	Apagado Planta Baja	Foco 1 Cocina	Las 24 horas
			Lampara Comedor	
			Lampara Sala	
			Foco 1 Refrigerador	
Sensor Parte Trasera	PIR 360°	Encendido Parte Trasera	Apliques Traseros	19h00 - 23h00
			Foco 1 Trasero	
		Apagado Parte Trasera	Apliques Traseros	Las 24 horas
			Foco 1 Trasero	
Sensor Garaje	PIR Antimascotas	Encendido Garaje	Foco Garaje	18h00 - 23h00
		Apagado Garaje		Las 24 horas
Sensor Planta Alta	PIR 360°	Encendido Pasillo Sala Planta Alta	Foco 1 Pasillo Sala	18h00 - 06h00
			Foco 2 Pasillo Sala	

TABLA XIII  
(CONTINUACIÓN) AUTOMATIZACIÓN  
DE LOS SENSORES

		Apagado Pasillo Sala Planta Alta	Foco 1 Pasillo Sala Foco 2 Pasillo Sala	Las 24 horas
		Encendido Madrugada Planta Alta	Foco 2 Baño	22h30 – 05h00
<b>Sensor Escaleras A</b>	PIR 360°	Encendido Escaleras A	Foco Escaleras A	17h30 - 07h30
		Apagado Escaleras A		Las 24 horas
<b>Sensor Escaleras B</b>	PIR 360°	Encendido Escaleras B	Foco Escaleras B	17h30 - 00h00
		Apagado Escaleras B		Las 24 horas
<b>Sensor Pasillo Dormitorio Máster</b>	PIR 360°	Encendido Pasillo Dormitorio Máster	Foco 1 Pasillo Foco 2 Pasillo	17h30 a 00h00
		Apagado Pasillo Dormitorio Máster	Foco 1 Pasillo Foco 2 Pasillo	Las 24 horas
<b>Sensor Dormitorio Joshua</b>	PIR 360°	Encendido Dormitorio Joshua	Foco 1 Joshua	19h30 - 07h30
		Apagado Dormitorio Joshua		Las 24 horas

Nota: detalle de automatización de los sensores.

#### 4.3.3.3. Automatización de dispositivos eléctricos:

Los dispositivos electrónicos, dada su naturaleza, requirieron una configuración distinta para su programación. Para ello, se consideró el horario en los que estos aparatos tenían mayor consumo, como se describe en las (TABLA VI) y (TABLA VII), los citados dispositivos se programaron con el tipo de automatización óptimo para el ahorro energético conforme se describe en la (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

TABLA XIV  
AUTOMATIZACIÓN DE TOMACORRIENTES DEL HOGAR

<b>Planta</b>	<b>Habitación</b>	<b>Dispositivo Electrónico</b>	<b>Dispositivo IoT controlador</b>	<b>Automatización</b>	<b>Tiempo activas</b>	<b>Días</b>
<b>Planta Baja</b>	<b>Cocina</b>	Cocina de inducción	Breaker Inteligente 2p Wi-Fi Tuya Smart 220v	Schedule	17h30 - 20h00	Lunes a viernes
					05h00 - 07h00	
					18h30 - 20h00	Fines de semana
					07h00 - 09h00	
	<b>Dormitorio Huéspedes</b>	Lampara	Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart	Inching	60 min encendido	Diario
	<b>Dormitorio Joshua</b>	Televisor Joshua	Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart	Schedule	21h00 - 23h00	Lunes a viernes
					16h00 - 23h00	Fines de semana
		Computador	Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart	Schedule	17h30 - 23h00	Lunes a viernes
					07h00 - 00h00	Fines de semana
	Reflector	Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart	Schedule	17h30 - 23h00	Lunes a viernes	
<b>Planta Alta</b>	<b>Sala</b>	Televisor Sala	Toma Corriente Wi-Fi Tuya Smart	Schedule	12h35 - 14h00	Lunes a viernes
					18h00 - 22h00	
					10h00 - 22h00	Fines de semana

TABLA XIV  
(CONTINUACIÓN) AUTOMATIZACIÓN DE TOMACORRIENTES DEL HOGAR

<b>Dormitorio Abner</b>	Computador	Toma	Schedule	14h00 -	Lunes a
		Corriente Wi-Fi Tuya Smart		23h00	viernes
<b>Dormitorio Ronald</b>	Computador	Toma	Schedule	10h00 -	Fines de
		Corriente Wi-Fi Tuya Smart		23h00	semana
<b>Dormitorio Abner</b>	Cargador	Toma	Inching	60 min por	Diario
		Corriente Wi-Fi Tuya Smart		encendido	
<b>Dormitorio Ronald</b>	Cargador	Toma	Inching	60 min por	Fines de
		Corriente Wi-Fi Tuya Smart		encendido	

Nota: detalle de automatización de los tomacorrientes.

En cuanto a los dispositivos móviles, a pesar de no realizar un consumo instantáneo de electricidad del hogar, se les aplicó el tipo de automatización de avance lento (inching), que permitió apagar el tomacorriente inteligente en un tiempo aproximado de una hora.

Con respecto a la cocina de inducción, se optimizó su consumo mediante un breaker inteligente de 220V, lo que permitió un ahorro energético cuando este electrodoméstico se encontrara en modo de espera (standby).

#### 4.3.3.4. Escenarios y ejecutables:

Los escenarios permitieron establecer conjuntos predefinidos de configuraciones de diversos dispositivos IoT, el estado de un sensor inteligente, el clima, cambios de ubicación y otras opciones [13]. Lo que amplió las posibilidades de gestión IoT en el hogar, contribuyendo a la comodidad del usuario para adaptarse a diversas situaciones que pudieran surgir en el hogar.

Por ejemplo, al momento de ver una película, las configuraciones de automatización no podrían ser las mismas, ya que sería una experiencia desagradable si las luces se encendieran cada vez que alguien se moviera en la sala del televisor. Por ello, se crearon escenarios que permitieron una mejor experiencia para los integrantes, pausando automatizaciones, encendiendo o apagando luces cuando se requiriere, creando el ambiente adecuado sin comprometer el ahorro de energía y ejecutándolos de forma manual o mediante comandos de voz a través de los asistentes Amazon Alexa o el Asistente de Google (Google Assistant), facilitando así su activación cuando fuera necesario. En la (TABLA XV) se muestran los escenarios ejecutables creados, que permitieron la administración de los citados dispositivos IoT.

TABLA XV  
ESCENARIOS EJECUTABLES

Nombre del Escenario	Nombre de Dispositivos o Escena	Tarea
<b>Modo Cine</b>	Regulador V Tv Mini Enchufe[Sala Planta Alta]	Switch: ON
	Encendido Escaleras B	Automatización: Desactivar
	Apagado Escaleras B	Automatización: Desactivar
	Encendido Pasillo Planta Alta	Automatización: Desactivar
	Apagado Pasillo Planta Alta	Automatización: Desactivar
	Tv Sala Smart LED[Sala Planta Alta]	ON/OFF: ON
	Tv mueble Smart LED[Sala Planta Alta]	ON/OFF: ON
	Sala Planta Alta Interruptor Smart[Sala Planta Alta]	Foco 1 Sala: OFF
		Foco 2 Sala: OFF
Foco 2 Sala: OFF		
<b>Desactivar Modo Cine</b>	Encendido Escaleras B	Automatización: Activar
	Apagado Escaleras B	Automatización: Activar
	Encendido Pasillo Planta Alta	Automatización: Activar
	Apagado Pasillo Planta Alta	Automatización: Activar
	Tv Sala Smart LED[Sala Planta Alta]	ON/OFF: OFF
	Tv mueble Smart LED[Sala Planta Alta]	ON/OFF: OFF
<b>Modo Visitas</b>	Encendido Escaleras B	Automatización: Desactivar
	Apagado Escaleras B	Automatización: Desactivar
	Encendido Escaleras A	Automatización: Desactivar
	Apagado Escaleras A	Automatización: Desactivar

TABLA XV  
(CONTINUACIÓN) ESCENARIOS EJECUTABLES

	Encendido Pasillo Planta Alta	Automatización: Desactivar
	Apagado Pasillo Planta Alta	Automatización: Desactivar
	Foco Escaleras A Interruptor Smart Simple[Escaleras A]	Focos Escaleras A: ON
	Foco Escaleras B Interruptor Smart Simple[Escaleras B]	Focos Escaleras B: ON
	Encendido Escaleras B	Automatización: Activar
	Apagado Escaleras B	Automatización: Activar
	Encendido Escaleras A	Automatización: Activar
	Apagado Escaleras A	Automatización: Activar
<b>Desactivar Modo Visitas</b>	Encendido Pasillo Planta Alta	Automatización: Activar
	Apagado Pasillo Planta Alta	Automatización: Activar
	Foco Escaleras A Interruptor Smart Simple[Escaleras A]	Focos Escaleras A: OFF
	Foco Escaleras B Interruptor Smart Simple[Escaleras B]	Focos Escaleras B: OFF
<b>Modo Juego Joshua</b>	Foco RGB Joshua[Dormitorio Joshua]	ON/OFF: ON
	Reflector LED RGB[Dormitorio Joshua]	Switch: ON
	Baño Joshua Interruptor Smart Simple[Dormitorio Joshua]	Focos Baño Joshua: OFF
	Foco Joshua Interruptor Smart Simple[Dormitorio Joshua]	Focos 1 Joshua: OFF
<b>Desactivar Modo Juego Joshua</b>	Foco RGB Joshua[Dormitorio Joshua]	ON/OFF: OFF
	Reflector LED RGB[Dormitorio Joshua]	Switch: OFF
<b>Encender todas las luces</b>	Todos los interruptores y focos RGB	Focos: ON
<b>Apagar todas las luces</b>	Todos los interruptores y focos RGB	Focos: OFF
<b>Encender todos los tomacorrientes</b>	Todos los tomacorrientes (Mini enchufes)	Switches: ON
<b>Apagar todos los tomacorrientes</b>	Todos los tomacorrientes (Mini enchufes)	Switches: OFF

Nota: escenarios creados en Tuya Smart, las etiquetas, nombres de los dispositivos, automatizaciones y acciones mostradas en la tabla, fueron tomados de la aplicación.

#### 4.3.3.5. Adaptabilidad y personalización:

Una de las partes más importantes de la automatización fue la adaptabilidad de las distintas situaciones y componentes del hogar, además de la personalización de horarios, programaciones y configuraciones para los dispositivos IoT.

Los escenarios creados fueron totalmente personalizables y pudieran modificarse en cualquier momento. Además de poder seleccionar entre automatizaciones y dispositivos para crearlos, también se pudieran activar por medio de una alarma o configurar el escenario según el cambio de estado de un dispositivo, como se muestra en la (**Fig. 13**).

La aplicación móvil de Tuya Smart clasifica las "Escenas" en dos apartados: la opción "Ejecute" tiene su propia sección para escenarios ejecutables, mientras que al crear un escenario automatizado se organiza en el apartado de "Automatizaciones" dentro de la aplicación, permitiendo a los integrantes del hogar crear nuevas automatizaciones y escenarios ejecutables según las necesidades futuras del hogar [13].



Fig. 13. Opciones para crear una escena

#### 4.3.3.6. Sistema de monitoreo:

Conocer el consumo de los dispositivos IoT permitió una mejor gestión de la electricidad, lo que facilitó la toma de decisiones para cambios en la automatización y así se pudo reducir al máximo el uso innecesario de energía eléctrica. Gracias a que se adquirió una suscripción anual al servicio de “ahorro de energía”, que proporciona datos de consumo diario, semanal y mensual, así como los dispositivos IoT con mayor consumo de kWh, por lo que se lo adquirió como parte importante de la propuesta, permitiendo obtener datos del consumo energético a diario [13].

Para ello, se ingresó información de los consumos en W de cada dispositivo IoT. Estos datos fueron ingresados en la sección "Inteligente" de la aplicación móvil en el apartado "Ahorro de energía" y “Alimentación del dispositivo” como se muestra en la (Fig. 14). Cabe recalcar que esta opción está habilitada para algunos dispositivos IoT dependiendo del fabricante y modelo.

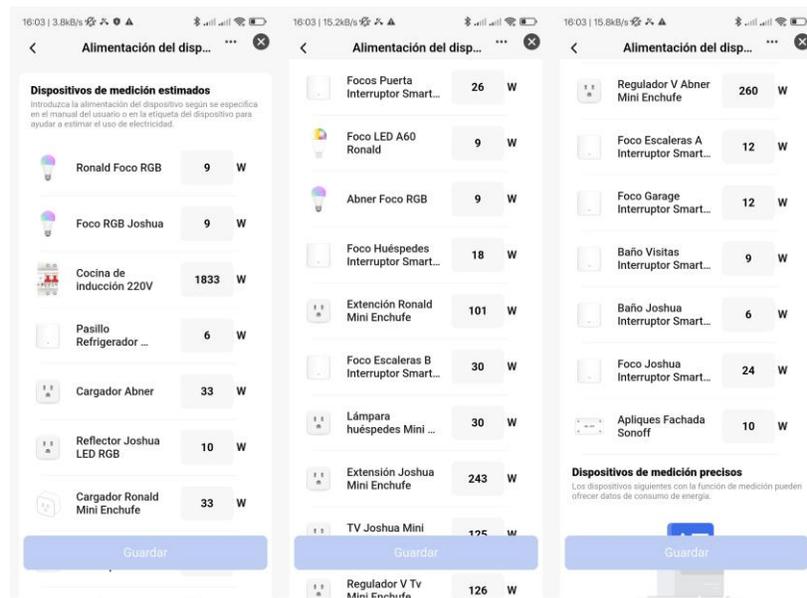


Fig. 14. Alimentación de los dispositivos IoT.

Nota: el consumo de cada dispositivo IoT se obtuvo en la información del fabricante, en el caso de los interruptores inteligentes se observa una alta carga debido a que acumula la carga energética de un regulador de voltaje o una extensión de tomacorrientes.

Los datos sobre el consumo de energía de los dispositivos IoT fueron recolectados por la aplicación una vez que cada dispositivo estuvo configurado y funcionando, lo que permitió tener más

información para la toma de decisiones futuras de optimización energética, los detalles se los presenta en la (Fig. 15).

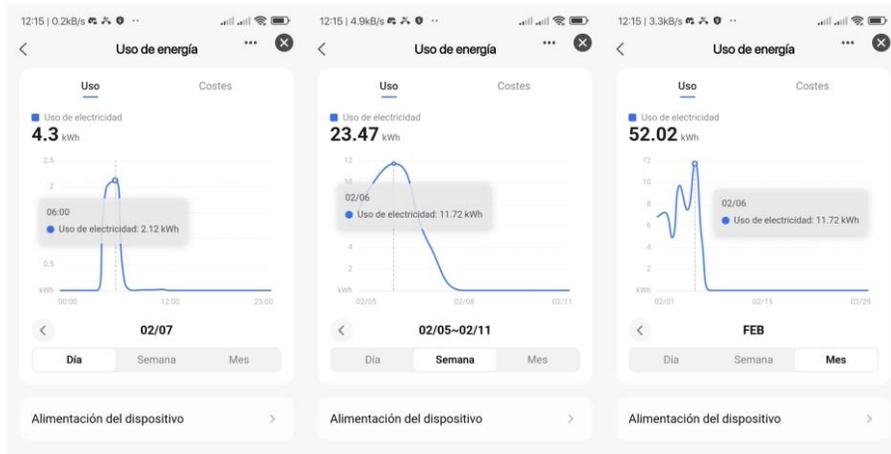


Fig. 15. Graficas del uso energético en periodos obtenidas desde Tuya Smart

Además, también se pudo obtener una vista del consumo en kWh de cada dispositivo independiente, lo que ayudó a saber cuál era el dispositivo que registraba el mayor consumo energético como se observa en la (Fig. 16).

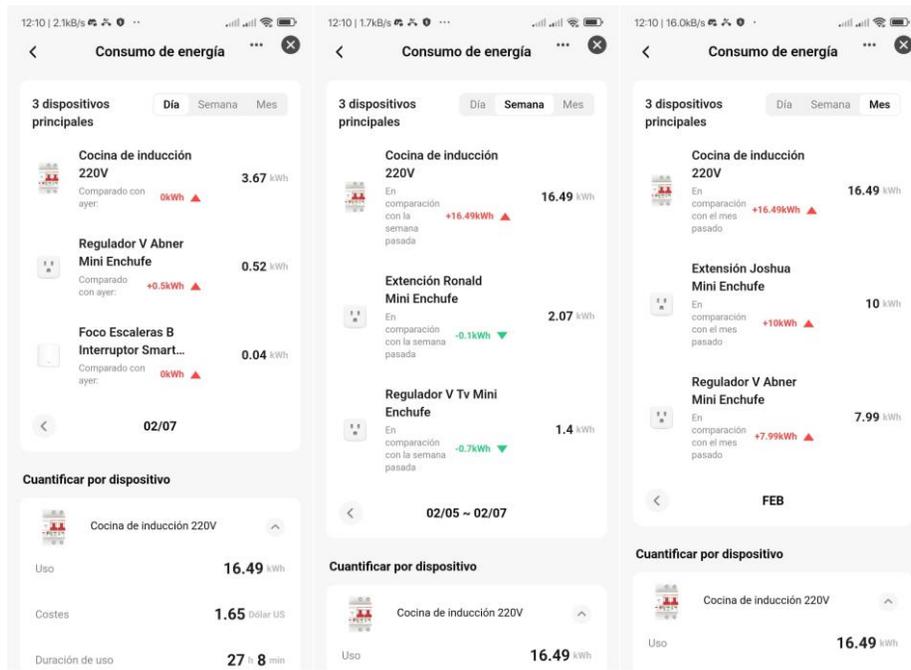


Fig. 16. Consumo de energía por dispositivo IoT

#### 4.3.3.7. Notificaciones y recordatorios:

Fue importante recibir notificaciones sobre el estado de las automatizaciones para asegurarse de que se ejecutaban correctamente. La aplicación proporcionó un historial de notificaciones que informaba sobre dispositivos desconectados eléctricamente o de la red, así como sobre automatizaciones no ejecutadas. Esto permitió al usuario actuar de manera inmediata sobre cualquier problema que pudiera surgir, como lo muestra la (Fig. 17). Además, se obtuvo notificaciones de éxito de ejecución lo que mantenía informado sobre el funcionamiento adecuado del sistema a los integrantes del hogar [13].

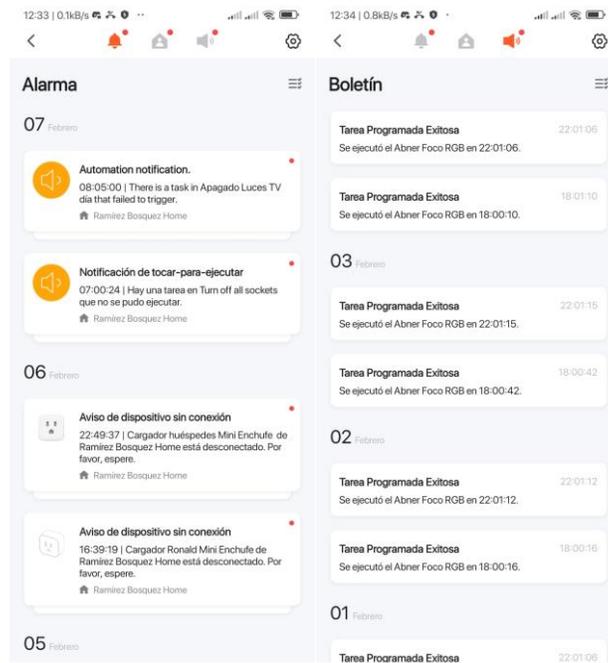


Fig. 17. Historial de notificaciones

#### 4.3.3.8. Conexión wi-fi:

Para que las automatizaciones funcionen correctamente los dispositivos IoT debían estar conectadas a una red Wi-Fi del hogar, eso quiere decir que estuvieron ubicados en distintas partes de la casa y a su vez en distintos pisos, por lo que la red Wi-Fi debió cubrir todas esas áreas [28].

En el hogar modelo solo contaban con 2 routers, uno para la planta baja y otro para la planta alta, sin embargo, dado que estos no cubrían todas las áreas necesarias, se optó por instalar dos routers TP-Link modelo TL-WR850N ya que cumplían con las características para funcionar como repetidores y de esta manera podían expandir la red wifi, lo que permitió a los dispositivos IoT estar conectados todo el tiempo y ejecutando las automatizaciones programadas, lo que permitió cumplir con el objetivo de controlar el uso de la energía.

Los detalles de la instalación se encuentran en la (TABLA XVI).

TABLA XVI  
DISTRIBUCIÓN DE LOS ROUTERS

Planta	Habitación	Marca	Modelo	Estado
Planta Alta	Sala	TP-Link	TL-WR850N	Por añadir
	Dormitorio Abner		TL-WR940N	Existente
	Dormitorio Máster		TL-WR850N	Por añadir
Planta Baja	Dormitorio Joshua (Principal)		Archer AX10	Existente
	Sala		HC220-G5	Existente

Nota: el router principal se encuentra en el dormitorio de la planta baja del integrante Joshua.

#### 4.3.3.9. Beneficios a largo plazo:

La implementación de la propuesta IoT ofrece una serie de beneficios a largo plazo que contribuyen significativamente al bienestar y la eficiencia en el hogar [29]. En primer lugar, se destaca la capacidad que tiene de prolongar la vida útil de los dispositivos de iluminación[16], como los focos, las lámparas y paneles.

Estos dispositivos suelen estar encendidos durante largos períodos, lo que acorta su vida útil. Sin embargo, mediante la automatización proporcionada por el Diseño de la Propuesta IoT, se optimiza su uso, lo que resulta en una menor frecuencia de encendido y apagado de luces, y, por ende, una vida útil prolongada.

Además, los interruptores inteligentes representan otra ventaja destacada. Al carecer de botones físicos y ser táctiles, se minimiza el desgaste asociado con el uso tradicional de los interruptores

convencionales. Esta característica contribuye a la durabilidad y confiabilidad a largo plazo de los dispositivos.

En cuanto a la comodidad, la propuesta IoT ofrece un control integral y conveniente de los dispositivos desde cualquier lugar, ya sea dentro o fuera del hogar [13]. A través de una simple aplicación móvil, los residentes pueden gestionar y supervisar sus dispositivos IoT con facilidad. Además, la compatibilidad con asistentes de voz permite el control manos libres, brindando una experiencia aún más conveniente y accesible a los usuarios [30].

Por último, la propuesta IoT promueve un significativo ahorro de energía. Gracias a la automatización inteligente y a la gestión eficiente de los dispositivos [31], se reducen los desperdicios de energía al minimizar el uso innecesario de ellos y se logra optimizar su funcionamiento según las necesidades reales. Este enfoque no solo reduce los costos de energía a largo plazo, sino que también tiene un impacto positivo en el medio ambiente al disminuir la huella de carbono del hogar [32].

#### *4.3.4. Implementación:*

##### *4.3.4.1. Preparación de los dispositivos:*

Una vez adquiridos los equipos, se llevó a cabo una revisión exhaustiva para asegurarse que estos cumplieran con las características necesarias para la instalación. En referencia a los instrumentos materiales mencionados, se verificó que cada uno de los elementos estén listos para su configuración e instalación. La instalación se realizó a mediados de diciembre de 2023.

Los detalles de los dispositivos adquiridos se muestran en la (**TABLA XVII**).

TABLA XVII  
DISPOSITIVOS ADQUIRIDOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Dispositivos IoT	Número de dispositivos
<b>Interruptores inteligentes</b>	19
<b>Switch on y off simple Wi-Fi</b>	1
<b>Sensores de movimiento inteligentes Wi-Fi</b>	8
<b>Tomacorrientes inteligentes</b>	9
<b>Breaker 220V inteligente</b>	1
<b>Focos LED RGB inteligentes</b>	4
<b>Controlador Wi-Fi RGB</b>	2
<b>Total:</b>	<b>44</b>

Nota: lista general de los dispositivos IoT adquiridos y su cantidad

#### *4.3.4.2. Identificación de zonas para la instalación:*

Se generó un esquema en base a los planos de la casa modelo para la distribución de los dispositivos mencionados en “Distribución de Dispositivos y Zonas Clave” del diseño de la propuesta IoT, marcando los lugares en los que se instalaron los citados dispositivos IoT, iluminación y de red. La **(Fig. 18)** muestra el esquema en la planta baja y la **(Fig. 19)** en la planta alta.

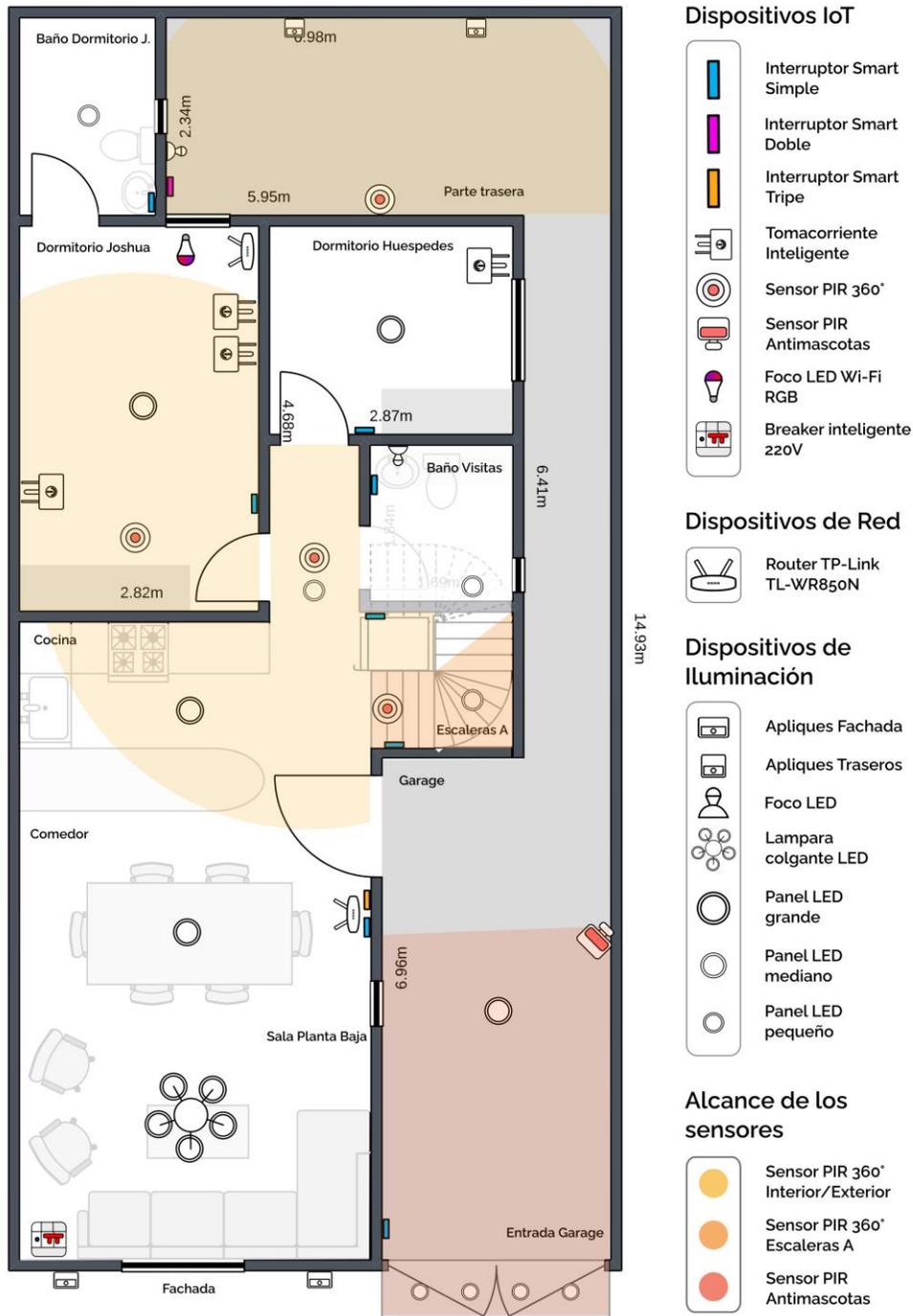


Fig. 18. Esquema planta baja

Nota: se consideró las zonas de mayor concurrencia para delimitar con colores el alcance de los sensores. Según los datos del fabricante [13], los sensores de 360° tienen un alcance de aproximadamente 6 metros, lo que garantizó una detección precisa en áreas amplias. En contraste, el sensor antimascotas cuenta con un ángulo de detección de 110° y un alcance de 12 metros. Sin embargo, para evitar la detección de personas que transiten por la vereda de la casa, debido a que se encuentra en la zona del garaje, se ha ajustado su instalación para que solamente reconozca el movimiento a una distancia de 4 metros. Esto se lo hizo con el fin de evitar un uso innecesario de la luz y contribuir al objetivo de ahorro energético establecido.

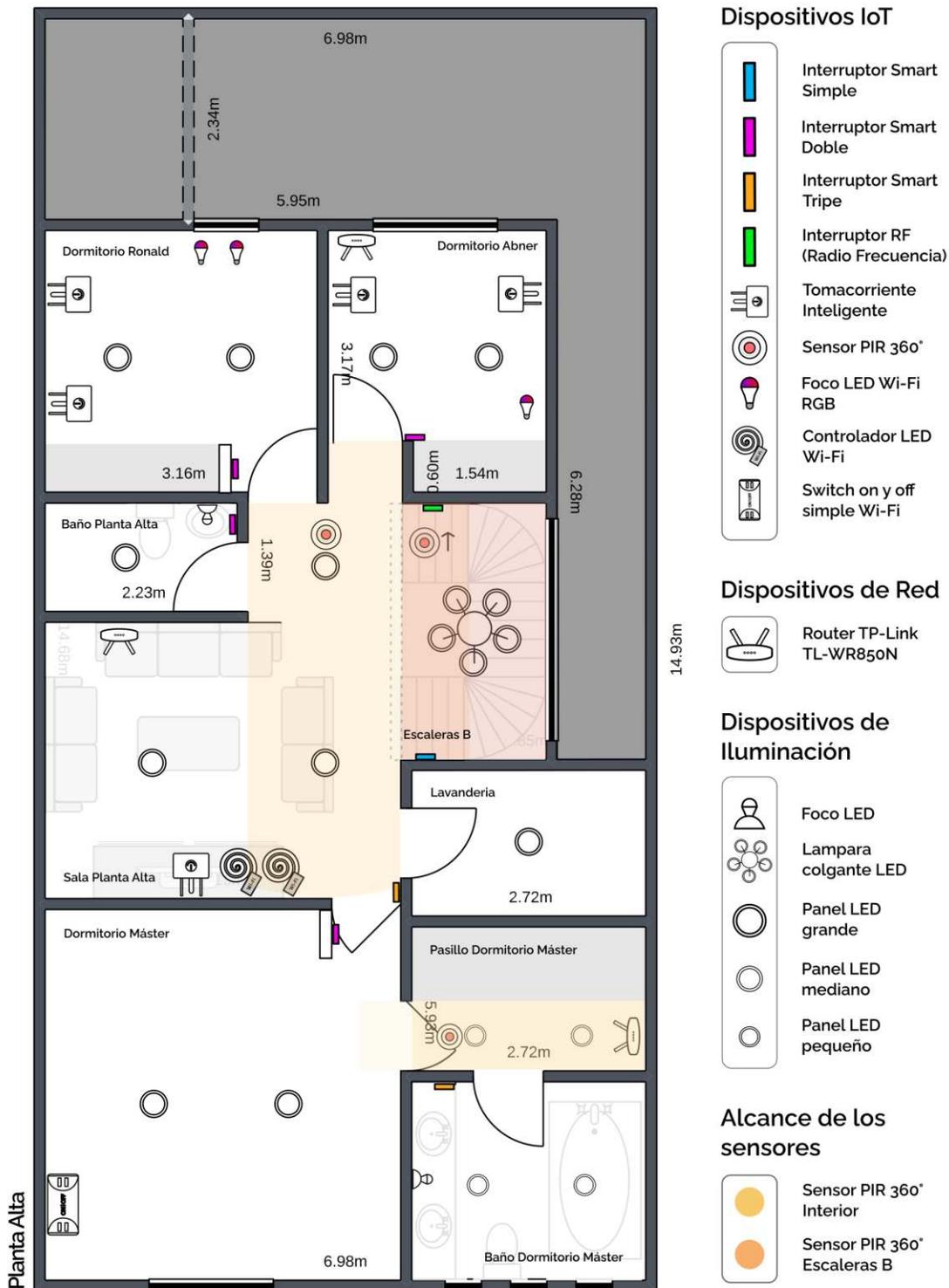


Fig. 19. Esquema planta alta

Nota: se marcó con colores la zona de mayor detección de los sensores, en el caso de las escaleras B que conducen hacia la terraza, se instaló un sensor que detectara únicamente la zona de las escaleras al momento de subir y bajar.

Con las ubicaciones planteadas se garantizó la interconexión entre todos los dispositivos IoT, asegurando así que haya una cobertura de red Wi-Fi en todas las áreas necesarias. Este enfoque permitió automatizar de manera adecuada, lo que contribuyó al control eficiente de los dispositivos.

#### 4.3.4.3. Instalación física de dispositivos:

La instalación comenzó con los interruptores inteligentes. Para ello, en base al esquema proporcionado por el fabricante en la (Fig. 20) donde se detalla que la correcta instalación incluye la adición de un capacitor en las conexiones del foco al que se aplicó el interruptor inteligente. Dado que estos interruptores inteligentes no requirieron un conductor neutro, se instaló el capacitor correspondiente que venía en la caja del equipo. Durante la instalación del capacitor, se cortó la energía del hogar y se identificaron los dos cables eléctricos que contenían los dispositivos de iluminación: uno de ellos se conectó al cable del conductor neutro de la boquilla, o driver LED, mientras que el otro se conectó al cable de fase, como se muestra en la (Fig. 21).

En este esquema, como lo menciona el fabricante Xiled [33], la letra L indica la fase o línea viva, lo que proporciona la energía eléctrica al interruptor. Las demás designaciones, como L1, L2 y L3, se refieren a las líneas de retorno que vienen de los dispositivos de iluminación, como focos o paneles, permitiendo así controlar la luz de manera similar a un interruptor convencional.

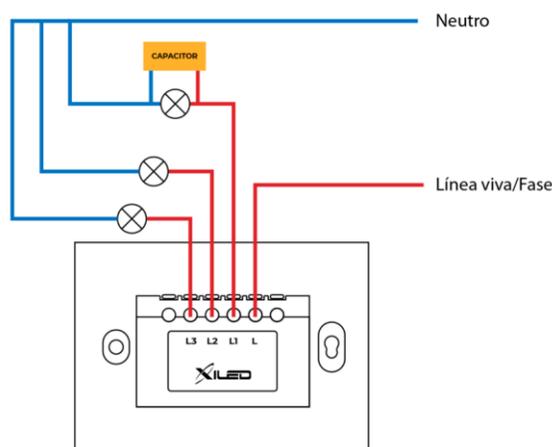


Fig. 20. Esquema eléctrico de un interruptor inteligente triple

Nota: fuente <https://electroxiled.com/elementor-10566/> Esquema de instalación para interruptores inteligentes marca Xiled con Tuya Smart.

Se instaló un solo capacitor a cada interruptor, especialmente en el caso de los focos de luz que solamente tenían una línea de retorno (L1) [33]. En situaciones donde un interruptor controlaba múltiples luces y estas funcionaban correctamente, se aplicó la misma configuración, un solo capacitor. Sin embargo, en los casos donde el foco parpadeó, especialmente las luces que requerían interruptores inteligentes triples ubicados en la planta alta, se les instaló dos capacitores, dado que la carga en W de los focos era mayor a la que soportaba un capacitor.

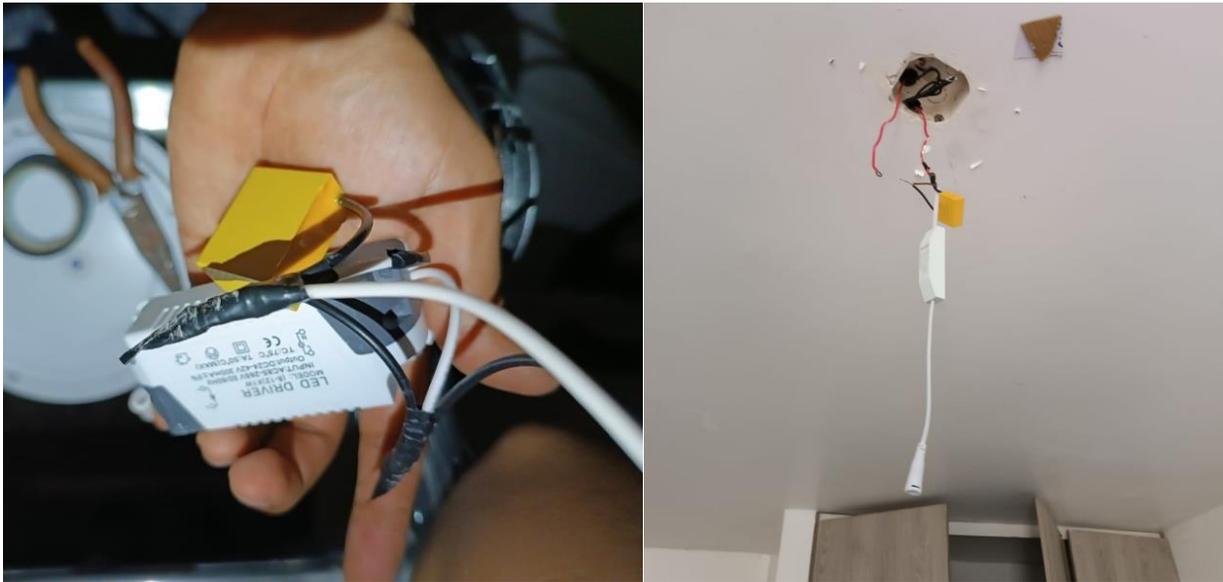


Fig. 21. Instalación de capacitores en los paneles led y focos

Una vez colocados los capacitores, se instalaron los interruptores inteligentes. Primero, se retiraron los interruptores convencionales del hogar y se identificaron los cables correspondientes a la fase y a las líneas de retorno. Luego, se conectaron los cables en los conductos del interruptor inteligente. Todo este proceso se llevó a cabo con la energía del hogar apagada. Una vez instalados, se restableció la energía y se verificó que la luz azul estuviera encendida en el interruptor, lo que indicaba su funcionamiento.

En el caso de la Escalera A, se reemplazó el interruptor convencional por un interruptor Smart simple, junto con un interruptor RF (Radio frecuencia), lo que ayudó a conservar la funcionalidad de conmutación existente. Esto se lo hizo en base al esquema mostrado en la (**Fig. 20**).

A pesar de que en esta zona se tenía previsto tener un sensor en las escaleras, se consideró importante mantener este sistema de conmutación para su uso manual en caso de que el sensor dejara de funcionar correctamente. La instalación del interruptor RF se muestra en la (**Fig. 22**), junto con la instalación del interruptor simple.

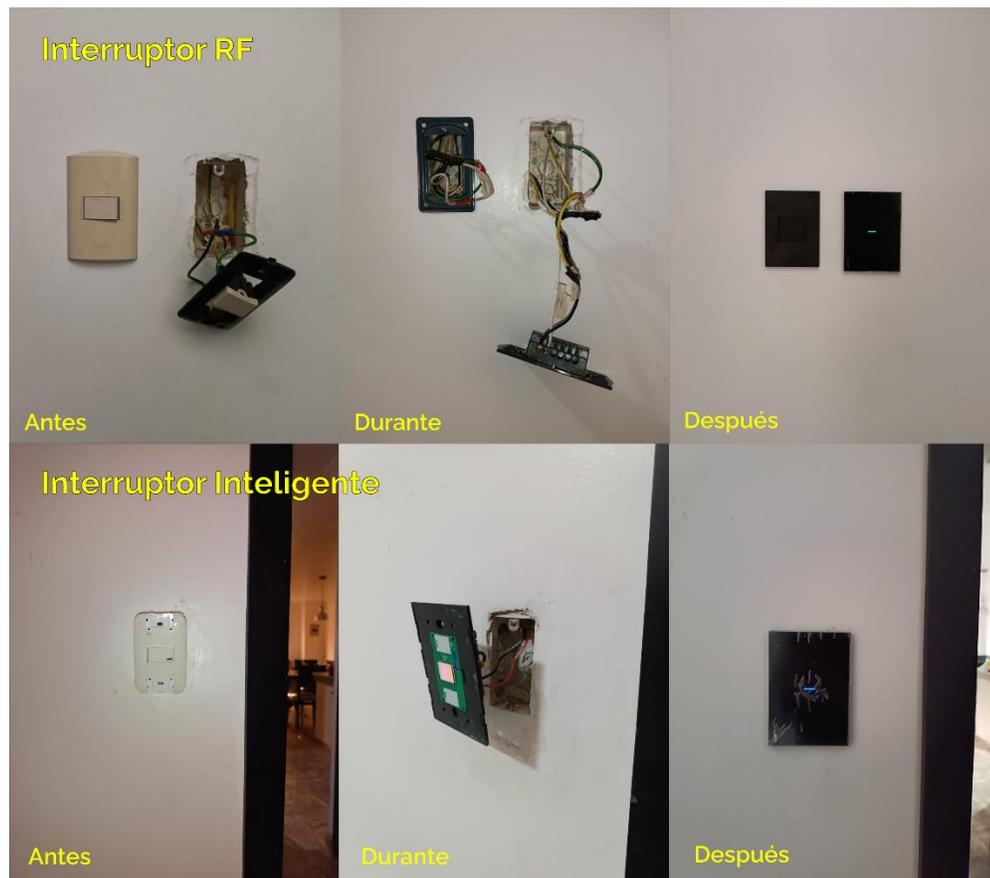


Fig. 22. Instalación de Interruptor RF conmutado con interruptor Smart Simple

El resultado de la instalación realizada de los interruptores inteligentes se observa en la (**Fig. 23**), indicando cada una de las ubicaciones donde se encuentran estos dispositivos IoT en la planta baja.



Fig. 23. Interruptores inteligentes instalados en la plana baja

Igualmente, se instalaron interruptores inteligentes en la planta alta, siguiendo fielmente las ubicaciones propuestas en el diseño de la propuesta IoT. La (Fig. 24) ilustra la disposición de los interruptores inteligentes instalados en cada habitación.

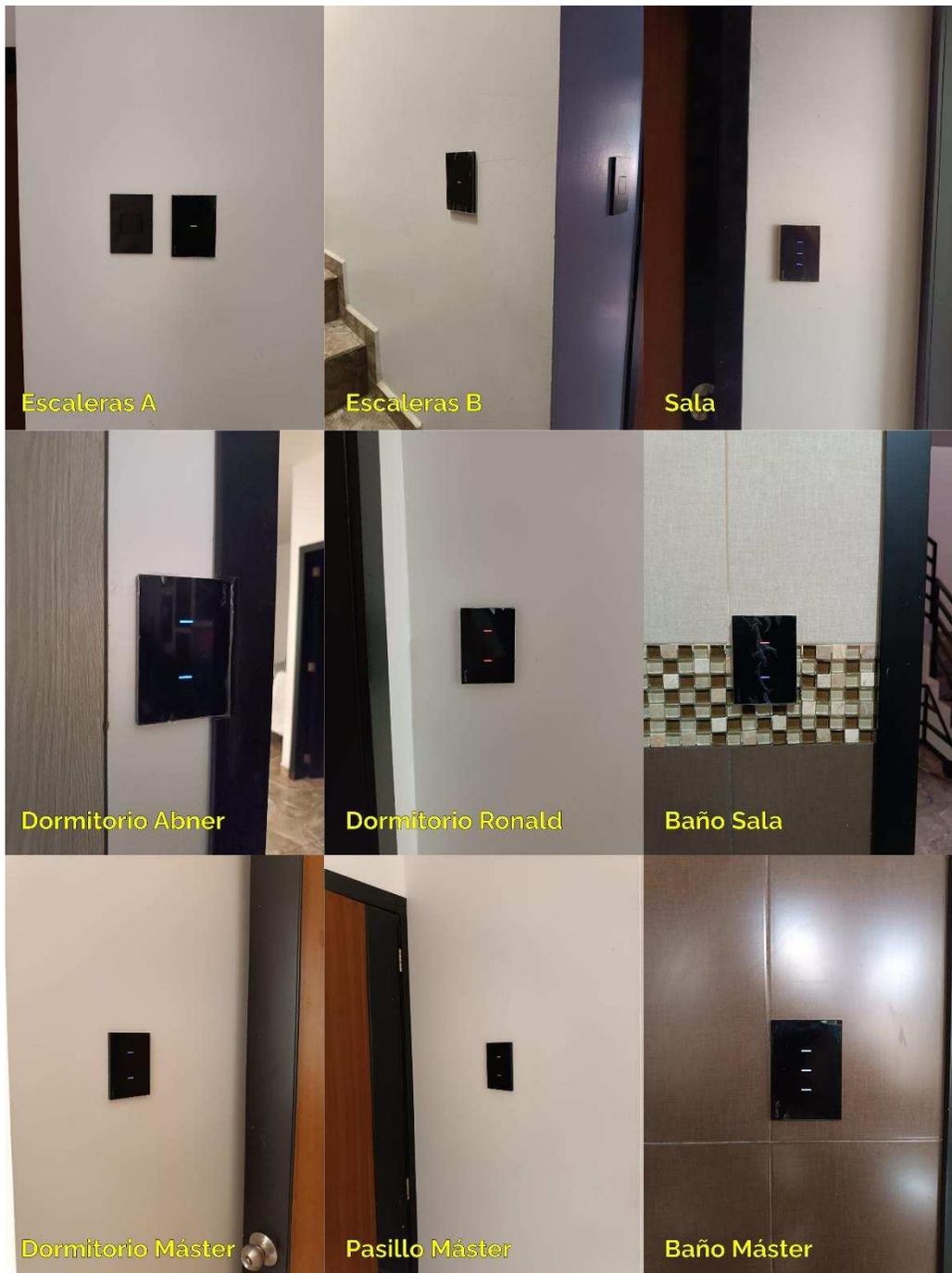


Fig. 24. Interruptores inteligentes instalados en la plana alta

El “switch on y off simple Wi-Fi” se instaló en el dormitorio máster para poder controlar los apliques exteriores de la casa, estos se encontraban a la misma altura que las conexiones eléctricas de la planta alta, por ello se aprovechó la red eléctrica existente en ese lugar y se reemplazó el

interruptor convencional por un switch inteligente. A este dispositivo se lo ubicó dentro de la misma caja del interruptor original, tal como se muestra en la (**Fig. 25**).

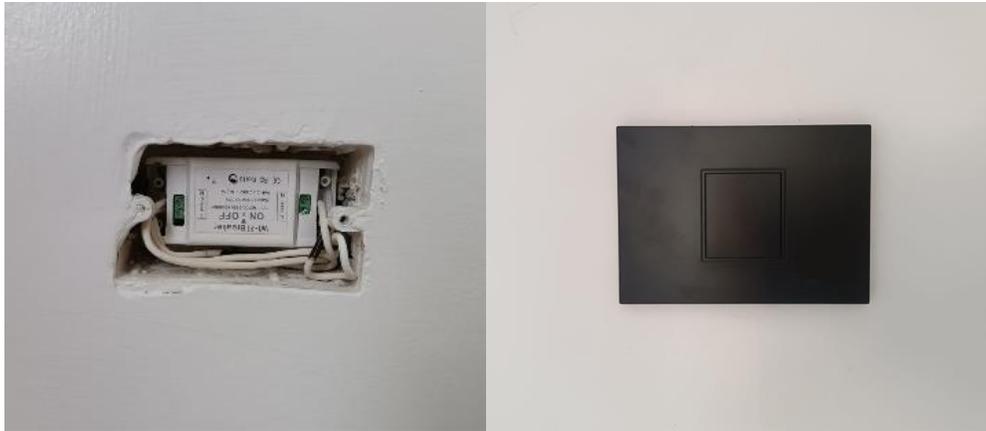


Fig. 25. Instalación de Switch on y off simple Wi-Fi

También se procedió con la instalación de los tomacorrientes inteligentes. Estos simplemente se los conectó como cualquier enchufe estándar en el tomacorriente convencional de la habitación, de tal manera que quedaron listos para ser utilizados.

La (**Fig. 26**) muestra a todos los tomacorrientes instalados en sus respectivas habitaciones.

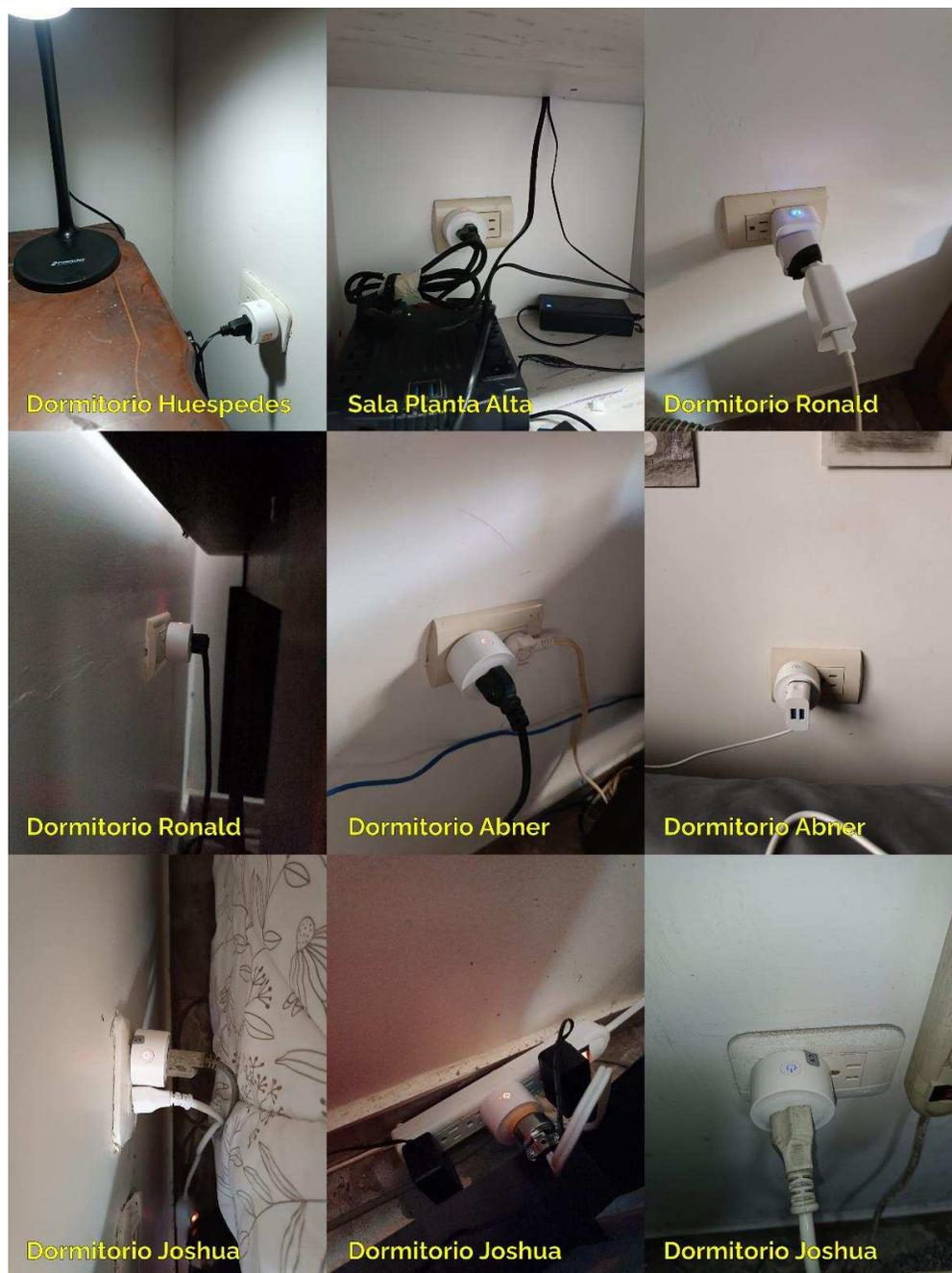


Fig. 26. Tomacorrientes inteligentes instalados en las habitaciones

Como parte de la experimentación, a la cocina de inducción, se le instaló un breaker Wi-Fi 220V con Tuya Smart para controlar el consumo energético en horas inhábiles. Para su instalación, se contrató la asistencia de un electricista, quien realizó las conexiones necesarias para permitir que el breaker inteligente funcione correctamente. El resultado de esta instalación se puede observar en la (Fig. 27).

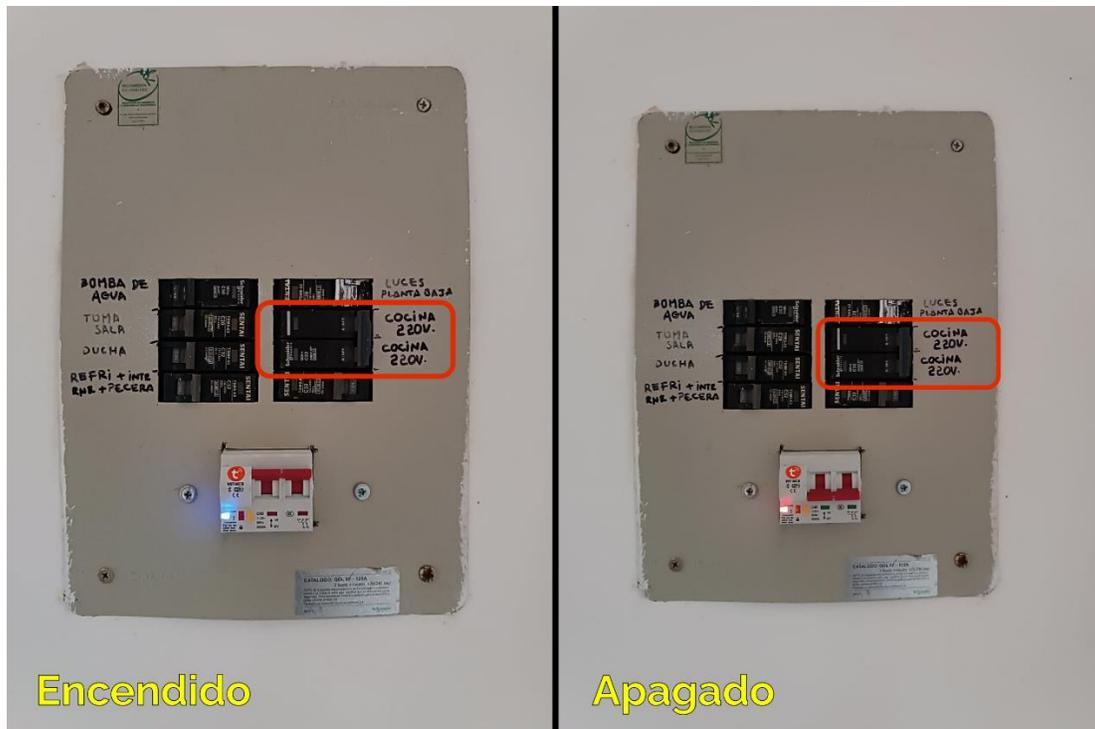


Fig. 27. Instalación de breaker Wi-Fi 220V

Nota: se puede apreciar que el breaker antiguo de la cocina está apagado. La presencia de una luz azul en el breaker inteligente indica que está encendido, mientras que, si el switch está hacia abajo, la luz es roja, esto significa que está apagado.

Así mismo, se instaló un controlador Wi-Fi RGB en las tiras LED RGB ubicadas en la sala de entretenimiento de la planta alta. La instalación consistió en conectar los pines del controlador a la tira LED en reemplazo del controlador LED anterior. Posteriormente a eso, se conectó el controlador a la respectiva fuente de alimentación. La (Fig. 28) muestra el resultado final de la instalación.



Fig. 28. Instalación de Controladores Wi-Fi RGB

Los focos LED RGB inteligentes se los instaló de manera sencilla, simplemente se los colocó como cualquier otro foco común, tal como se muestra en la (Fig. 29).



Fig. 29. Instalación de Focos LED RGB inteligentes

Por otro lado, la instalación de los sensores fue fácil. Primero, se pegó la tapa del sensor PIR 360° con cinta de doble faz, la cual vino incluido con el dispositivo IoT, además de unas pilas desechables. Posteriormente, se reemplazó dichas pilas por unas recargables. Finalmente, se enganchó el sensor a la tapa girándolo levemente, quedando fijo y seguro, como se muestra en la (Fig. 30).



Fig. 30. Instalación de sensor PIR 360°

Nota: el sensor está ubicado en el dormitorio máster específicamente en el pasillo hacia el baño.

Al sensor antimascotas se lo instaló de una manera diferente. Para ello, simplemente se fijó en la pared la base plástica con herramientas de perforación para concreto, y luego se colocó el sensor manualmente enganchándolo como se muestra en la (**Fig. 31**).



Fig. 31. Instalación del sensor antimascotas en el garaje

Para los demás sensores se aplicó la misma lógica de instalación, se siguió los esquemas propuestos, lo que permitió una distribución óptima de los sensores en el hogar modelo, en la (**Fig. 32**) se muestran todos los sensores instalados.

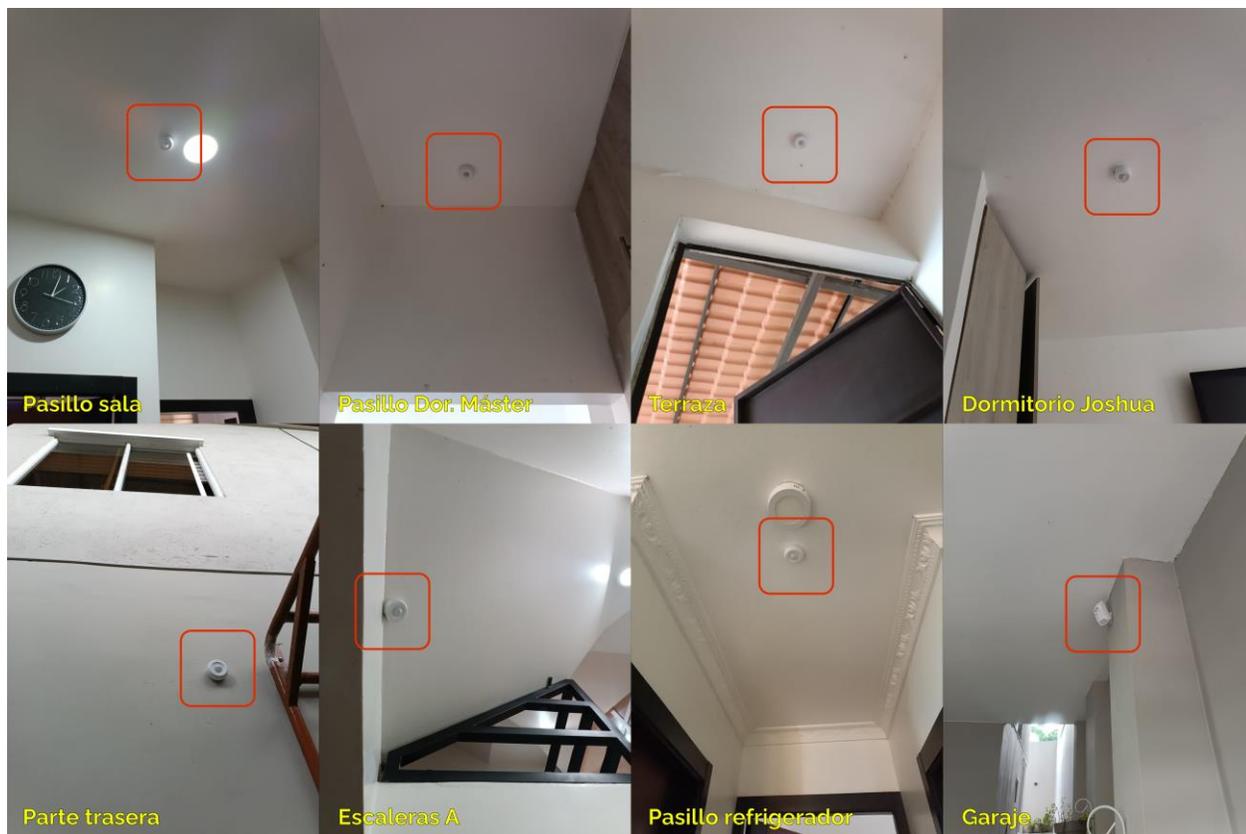


Fig. 32. Sensores instalados en el hogar y su respectiva ubicación.

Nota: en la imagen se observa cada una de las áreas donde se instaló los sensores señalados con rojo.

Es importante destacar que estos dispositivos IoT se conectaron a través de Wi-Fi de 2.4 GHz, por lo que se verificó su conexión a la red Wi-Fi y la disponibilidad de routers en el hogar modelo, para garantizar un funcionamiento óptimo por medio de la aplicación de Tuya Smart.

En el hogar modelo, la señal de los routers de la planta baja no llegaba hacia la planta alta, a pesar de que existía un router en un dormitorio en el segundo piso, su señal no era suficiente para satisfacer a los dispositivos IoT, en el resto de los dormitorios de la mencionada planta, por ese motivo se instalaron dos routers TL-WR850N como lo muestra (Fig. 33).



Fig. 33. Routers Instalados

Nota: estos routers repartieron señal para los dispositivos IoT de la sala, baño de la sala y el dormitorio máster en la planta alta, permitiendo que estos dispositivos estén disponibles para la automatización y aplicación de la propuesta IoT.

#### 4.3.4.4. Configuración y automatización de dispositivos IoT:

La configuración y automatización de los dispositivos se la realizó el primero de enero del 2024 con el objetivo de obtener la factura energética con los datos actualizados y comprobar si hubo o no un ahorro energético.

Para configurar los dispositivos IoT, se los añadió al panel de dispositivos de la aplicación de Tuya Smart, para ello se conectó al dispositivo móvil a la red Wi-Fi más cercana de la habitación en la que se quería conectar al dispositivo IoT mediante la aplicación, cada fabricante indica la forma de vincular un dispositivo IoT a la aplicación, en este caso se vinculó a todos estos dispositivos con el mismo método, los pasos que se siguió para hacerlo son los siguientes:

- Reinicio del dispositivo IoT.
- Activar el bluetooth.
- Esperar que la aplicación Tuya Smart detecte el dispositivo IoT.
- Conectar el dispositivo y el teléfono móvil a la misma red de Wi-Fi.
- Aceptar vinculación.

En la (TABLA XVIII) se muestran los detalles de cómo se reinició cada tipo de dispositivo IoT.

TABLA XVIII  
REINICIO DE DISPOSITIVOS IOT PARA VINCULACIÓN

Paso	Dispositivo IoT	Acción
<b>Reiniciar el dispositivo IoT</b>	Interruptores inteligentes	Presionar el primer pad táctil del interruptor hasta que parpadee la luz azul
	Switch on y off simple Wi-Fi	Presionar el botón reset hasta que la luz led titile
	Sensores de movimiento inteligentes Wi-Fi	Presionar el botón reset hasta que la luz roja el sensor titile
	Tomacorrientes inteligentes	Presionar el botón de encendido y apagado hasta que la luz led titile
	Breaker Wi-Fi 220V	Apagar y prender el Breaker hasta que la luz azul titile
	Focos LED RGB inteligentes	Apagar y encender la lámpara o switch que controla la luz hasta que titile la luz
	Controlador Wi-Fi RGB	Apagar el controlador hasta que titile la luz led

Nota: se detallan las acciones que se ha realizado en cada tipo de dispositivo IoT para un reinicio de fábrica.

Una vez que se reinició, la vinculación con el dispositivo fue rápida, en la (Fig. 34) se muestra el proceso rápido para vincular dispositivos IoT.

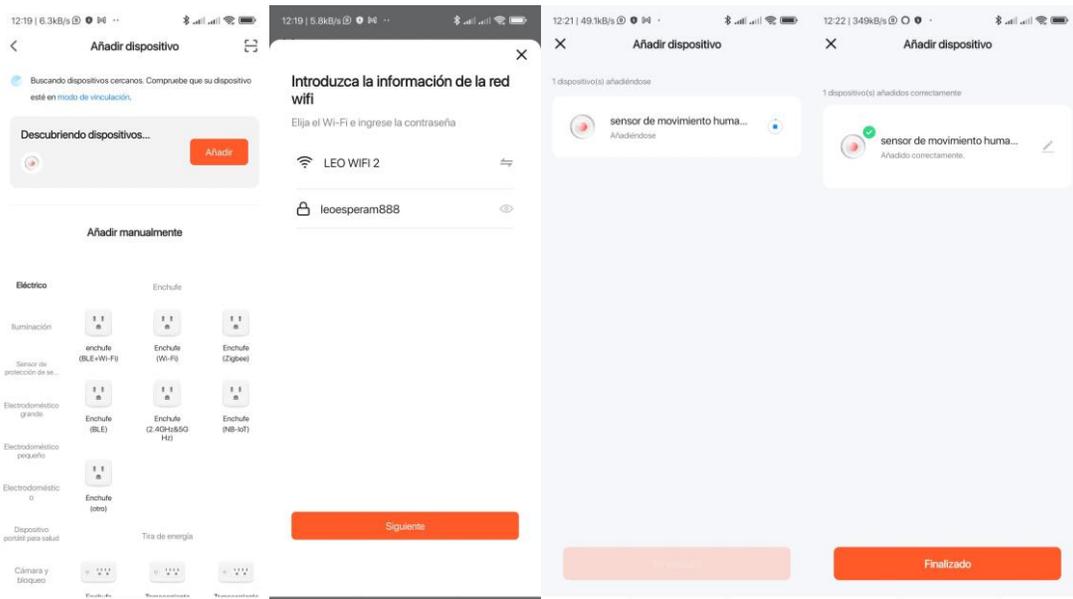


Fig. 34. Ejemplo de vinculación de dispositivo IoT en Tuya Smart

Nota: se detalla como la aplicación detectaba los dispositivos IoT conectados a la red Wi-Fi y los colocaba en la parte superior para un añadido rápido, además se muestra cómo una vez seleccionado el dispositivo IoT, se verificaba si es la red Wi-Fi a la que se conectaba el dispositivo inteligente.

Posteriormente se nombró a cada dispositivo para identificarlo de mejor manera y a su vez se creó grupos de dispositivos por habitación (**Fig. 35**), permitiendo que la administración de estos dispositivos IoT fuera más fácil.



Habitación	Dispositivos IoT
Sala Planta Baja	5 dispositivo/s
Sala Planta Alta	6 dispositivo/s
Escaleras A	2 dispositivo/s
Escaleras B	2 dispositivo/s
Dormitorio Joshua	4 dispositivo/s
Dormitorio Huésped	2 dispositivo/s
Dormitorio Abner	4 dispositivo/s
Dormitorio Ronald	3 dispositivo/s
Dormitorio Máster	5 dispositivo/s
Parte Atrás Exterior	1 dispositivo/s
Garage	3 dispositivo/s

Añadir habitación

Fig. 35. Dispositivos IoT por habitación

Por último, en la (**Fig. 36**), se observa todos los dispositivos IoT instalados listos para usar y automatizar.

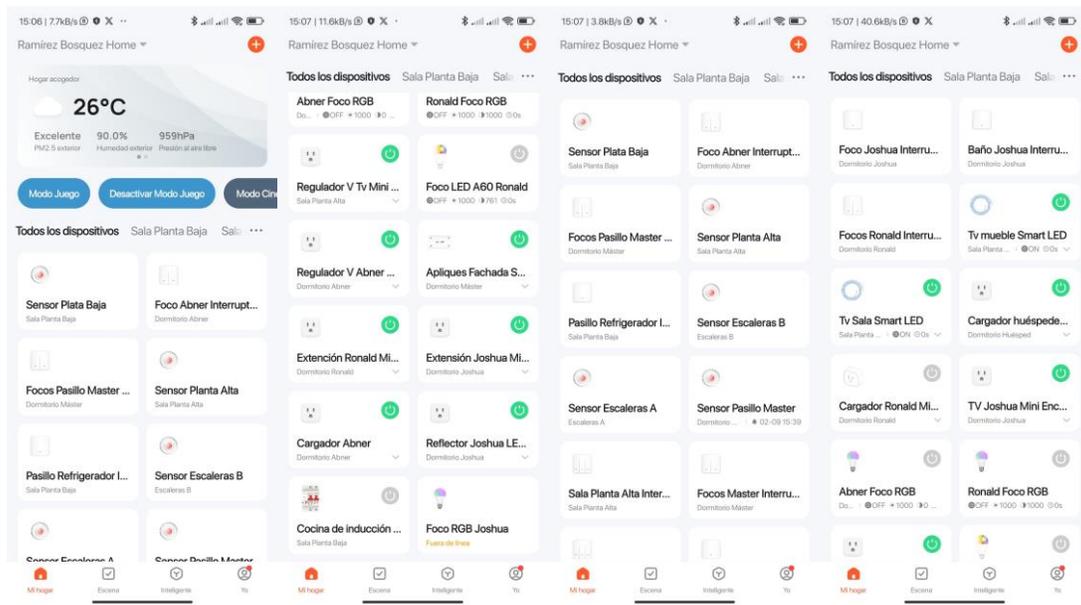


Fig. 36. Dispositivos instalados y vinculados

Nota: se observan los dispositivos IoT en el panel de control de la aplicación Tuya Smart listos para ser usados.

#### 4.3.4.5. Automatización:

En base a la propuesta IoT se creó automatizaciones que cumplieran cada uno de los requerimientos, cabe destacar que los sensores tenían una gran importancia en las programaciones aplicadas, lo que permitió cubrir las áreas más concurridas, en la Figura 35 se observa las automatizaciones aplicadas en las que se involucraban más de dos dispositivos IoT.

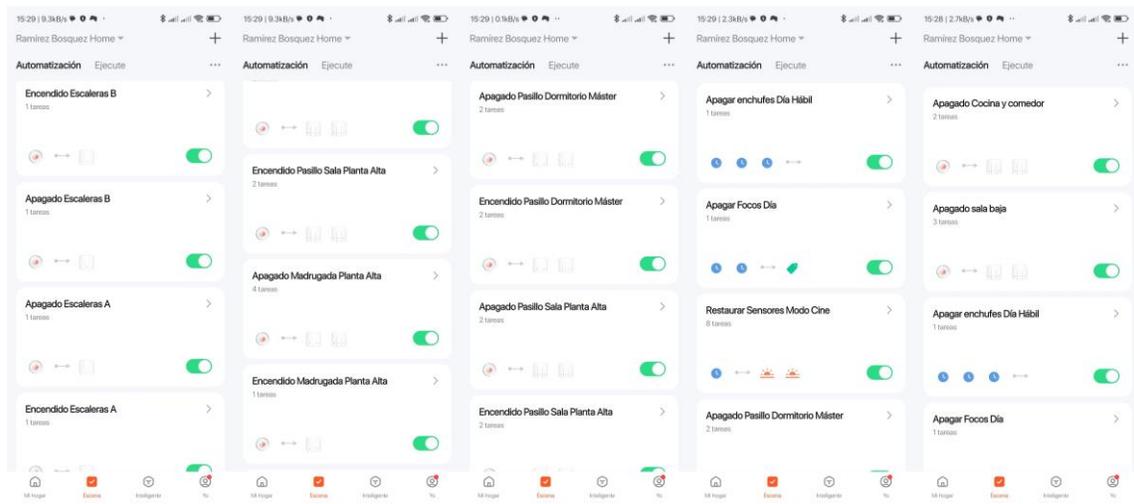


Fig. 37. Automatizaciones de dispositivos IoT

Además de las automatizaciones generales, se establecieron programaciones específicas para dispositivos IoT individuales. Por ejemplo, en el caso de los interruptores, se configuró que algunos de estos permanecieran encendidos durante 30 minutos como medida de seguridad. Esto no resultaba molesto para los residentes, ya que estos interruptores correspondían a habitaciones y se acostumbraban a utilizar en ese tiempo antes de dormir.

Las programaciones realizadas no interferían con las zonas controladas por los sensores, ya que estaban solamente gestionando el encendido y apagado automáticamente de las zonas como pasillos, área de salas, escaleras y garaje.

En cuanto a los baños, se aplicó una automatización de avance lento (inching) de un tiempo mínimo de 10 minutos para todos los baños, lo cual era el tiempo en el que los integrantes lo ocupaban. Además, se programó de manera independiente el disyuntor inteligente para 220V (breaker Wi-Fi 220V) con un horario establecido, siguiendo el diseño propuesto de IoT. La (Fig. 38) muestra algunos ejemplos de estas configuraciones personalizadas.

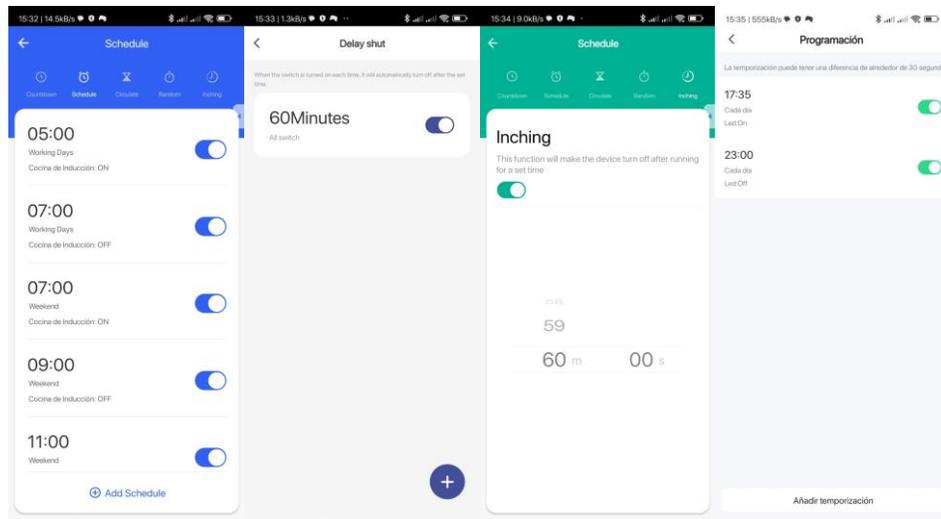


Fig. 38. Ejemplos de automatizaciones de dispositivos IoT

Nota: se muestran las programaciones realizadas para la cocina de inducción, interruptor de dormitorio, cargador de teléfono el cual se estableció como experimento que cada hora al ser activado se apague y por último se expone un ejemplo de programación tipo horario en este caso de las lámparas con focos LED RGB de un dormitorio.

Por último, se creó escenarios ejecutables cumpliendo las necesidades de los integrantes, cada escenario realizaba una función específica que activaba o desactivaba automatizaciones o dispositivos IoT convenientemente, además se les colocó un nombre fácil de aprender para que fueran detectados por los asistentes de voz con mayor facilidad. Cabe recalcar que se crearon un activador y desactivador del escenario tal como se observa en la (Fig. 39).



Fig. 39. Escenarios Ejecutables

Nota: los escenarios creados estuvieron diferenciados por colores para que fuera más fácil de ser usados por los integrantes de la familia y no existiera confusiones.

#### 4.3.4.6. Pruebas de funcionamiento:

Se comprobó el correcto funcionamiento de los dispositivos IoT por medio los logs de cada dispositivo. Estos registros permitieron identificar las horas en las que cada uno de estos fueron accionados, en la (Fig. 40) se muestran los registros de algunos interruptores inteligentes, tales como los de la sala, cocina, comedor y dormitorio de Joshua en la planta baja, así como el de la sala de la planta alta.

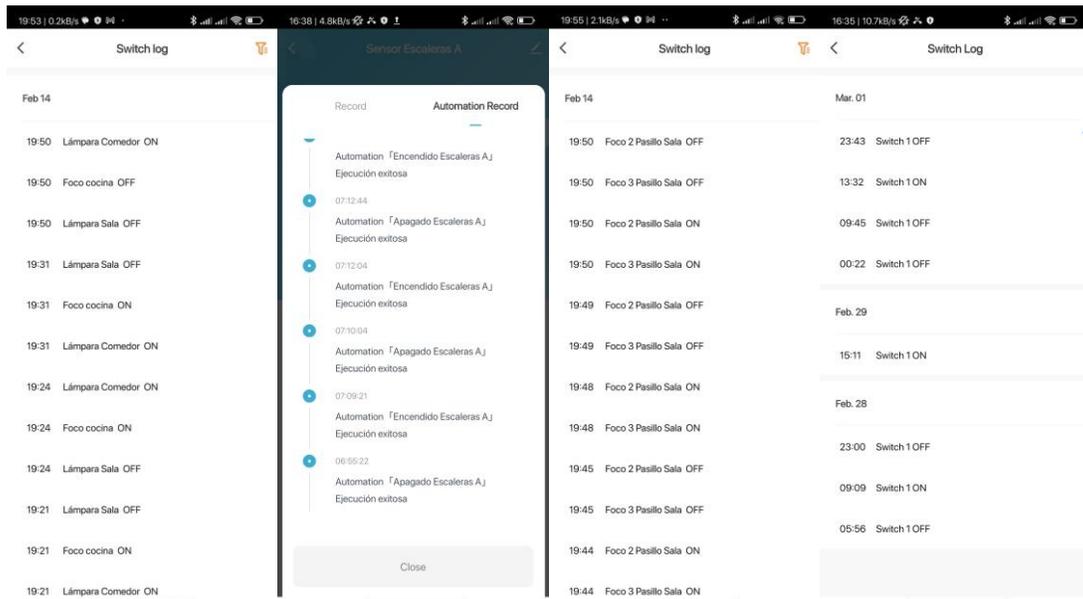


Fig. 40. Logs de dispositivos IoT

Se realizó una prueba utilizando el lenguaje de programación Python para programar dispositivos IoT. Esto se pudo realizar utilizando la API de Tuya IoT Platform Development [34]. Para ello, primero se obtuvo el código fuente de Python SDK que se encontraba disponible en la plataforma del desarrollador de Tuya, lo que permitió posteriormente programar y controlar el dispositivo.

En la (Fig. 41), se muestra un ejemplo de automatización de un foco LED RGB inteligente con código Python, donde se estableció un intervalo de encendido y apagado del foco cada dos minutos, además se creó un método para poder encender y apagar el dispositivo cuando se presionara la tecla “enter”. Esto demostró el cómo se pudiera integrar estas tecnologías haciendo uso de la API para realizar acciones en los dispositivos IoT.



automatizaciones tal como se muestra en la (Fig. 42), posteriormente se verificó dichas notificaciones en el panel o centro de mensajes de la aplicación.

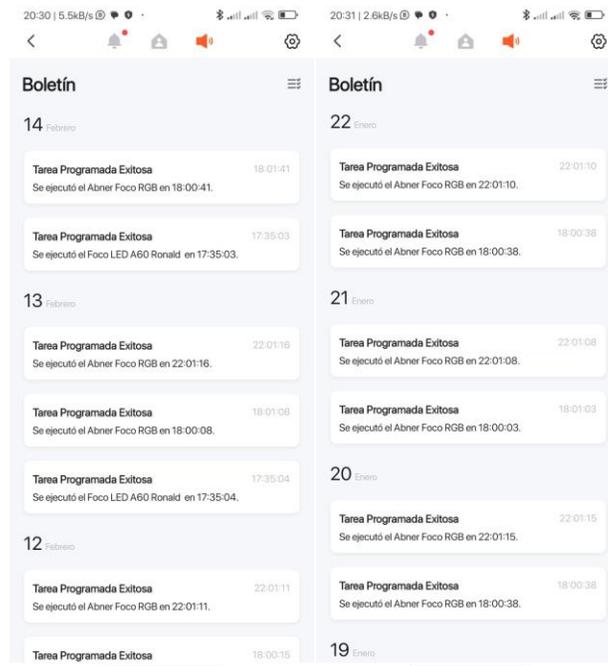


Fig. 42. Notificaciones de automatizaciones

#### 4.3.4.7. Integración con los asistentes de voz:

Los asistentes de voz fueron una parte importante y práctica para la domotización, permitiendo controlar los dispositivos, incluso aunque las automatizaciones estuvieran activas, permitiendo apagar o encender dispositivos a distancia, sin necesidad de hacerlo manualmente, contribuyendo al ahorro energético y a la comodidad de los ocupantes del hogar.

Dado que en el diseño no se propuso el uso de altavoces inteligentes como Google Nest o Echo Dot de Amazon para el uso de asistentes virtuales, no significa que no se pudiera hacer uso de ellos desde el teléfono móvil, permitiendo usar a los asistentes desde cualquier lugar del hogar sin necesidad de estar cerca de estos dispositivos, de esta manera se ahorra costos y energía.

Como parte de la implementación se ha decidió instalar las aplicaciones de ambos asistentes, Google Assistant junto con Google Home y Amazon Alexa.

Ya que la mayoría de los teléfonos móviles con Android ya tienen preinstalada la aplicación de Google Assistant solo se instalaron Google Home y Amazon Alexa, una vez instalados se los vinculó a la aplicación de Tuya Smart, extrayendo así todos los dispositivos IoT en segundos, cada una de las aplicaciones de Google y Amazon obtuvieron los dispositivos IoT implementados en su panel, tal como se observa en la (Fig. 43).

Esto permitió gestionar de otra manera los dispositivos IoT, en el caso de Google Home existía la opción de crear rutinas, por otro lado, Amazon Alexa permitía crear grupos y programaciones, finalmente se hizo uso de los asistentes de voz de ambas aplicaciones con el objetivo de ver cual respondía y brindara una mejor experiencia de domótica.

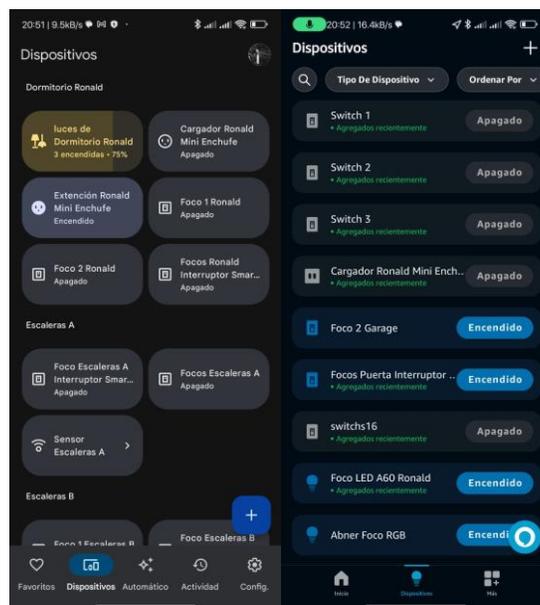


Fig. 43. Aplicaciones, Google Home y Amazon Alexa

Nota: los dispositivos mostrados son obtenidos de la vinculación con Tuya Smart en ambas aplicaciones de Google y Alexa.

Al usar los asistentes de voz se tuvo en cuenta el nombre de cada uno de los dispositivos IoT, de tal manera que, al ser llamados por ellos, fueran fácilmente reconocibles, en el caso de Google Assistant se aplicó un comando de voz algo impreciso, por ejemplo para apagar las luces de un dormitorio, se le pedía al asistente de Google, “ok Google, enciende luces del dormitorio Ronald”, por lo que entendió rápidamente y realizó la acción como se puede observar en la (Fig. 44), con

respecto Amazon Alexa, le costó más trabajo entender el mismo comando de voz [22], lo que indicaba que se debía ser más preciso al llamar al dispositivo, por ello debiera usarse el nombre exacto o a su vez se debiera crear un grupo con un nombre personalizado [35], en contraste, la ventaja de Alexa es que si pudo ejecutar los escenarios programados en Tuya Smart sin problema, en cambio el asistente de Google no lo hizo ya que no reconocía el comando.

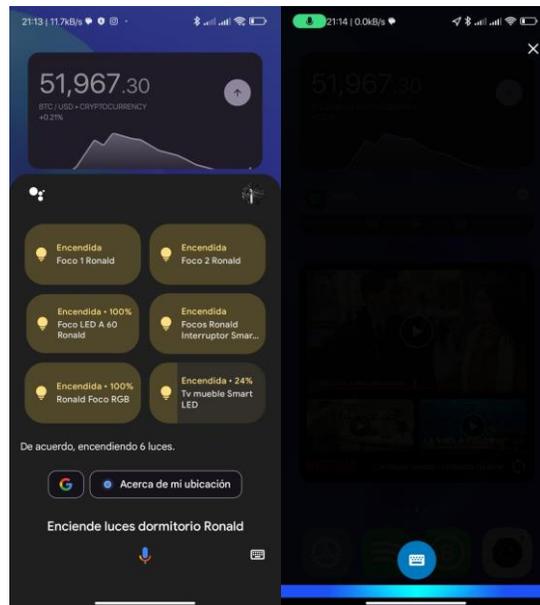


Fig. 44. Funcionamiento de los asistentes de voz de Google y Amazon

Nota: en la parte izquierda se observa como actuó Google Assistant con respecto al comando de voz impreciso, y por otro lado también se observa a Alexa de Amazon el cual no dio respuesta al mismo comando.

La integración de asistentes de voz mejoró el manejo de los dispositivos y dio una mayor comodidad a los integrantes del lugar, fue posible usar ambos asistentes de voz sin conflictos, y mejor si se conociera todas las configuraciones, los dispositivos IoT, y las automatizaciones presentes en la aplicación de Tuya Smart.

#### 4.3.4.8. Capacitación y familiarización:

Una parte crucial del hogar domotizado era la comprensión completa de sus funciones, programaciones, escenarios y limitaciones. Por lo tanto, era esencial que todos los miembros del hogar estén capacitados para controlar la domótica en casa.

Después de la implementación del diseño IoT en el hogar modelo, se llevó a cabo una sesión para la capacitación detallada del uso de los dispositivos inteligentes como se observa en el *Anexo D*. En esta reunión, se explicó a los miembros de la familia la ubicación correspondiente de los dispositivos IoT instalados en la casa, sus funciones y cómo están etiquetados dentro de la aplicación Tuya Smart. Luego, se les guió para instalar la aplicación Tuya Smart en sus dispositivos móviles y crear un usuario, el cual se agregó al Hogar establecido en la aplicación del administrador con el nombre "Ramírez Bósquez Home", como se muestra en la (**Fig. 45**).

Una vez que cada miembro tuvo la aplicación en su dispositivo, se les explicó cómo funcionaba y cómo crearían las automatizaciones, programaciones y los escenarios implementados, adaptados a las necesidades específicas de la familia. Además, se realizó una breve verificación de la programación, para garantizar su correcto funcionamiento frente a los integrantes de la familia del hogar tomado como modelo.

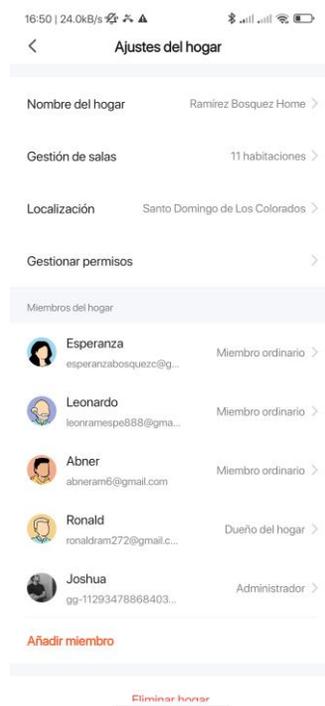


Fig. 45. Miembros del Hogar y sus roles en la aplicación de Tuya Smart.

#### 4.3.5. Medición del consumo energético después de la implementación:

Después de un mes desde la implementación de la propuesta IoT en el hogar que nos sirvió de modelo ubicado en Santo Domingo de los Tsáchilas, la factura del servicio eléctrico correspondiente al mes de enero de 2024 indicó un consumo energético de 440 kWh, detallado en el *Anexo E*, lo que representa una reducción de 53 kWh en comparación con el mes de diciembre de 2023, que tuvo un consumo de 493 kWh.

Sin embargo, dado que diciembre puede considerarse un mes atípico debido a factores como los días festivos, como la Navidad, durante los cuales el consumo energético tiende a aumentar por el uso extendido de luces y electrodomésticos, no era adecuado compararlo directamente con enero.

Para una comparación más precisa, se tomó como referencia el mes de enero de 2023, que claramente fue un mes típico en términos de consumo energético. En este caso, la factura del mismo mes en el 2024 reflejó un consumo energético de 28 kWh menor que en el 2023, a pesar de un aumento del 10% en los equipos electrónicos y dispositivos de iluminación a mediados de 2023. Esto indica que, a pesar de ello y considerando el aumento de dispositivos IoT en la implementación, el consumo energético se redujo en un 6% en comparación con el año anterior.

La transición de un control manual a un control automatizado de los dispositivos, contribuyó significativamente a la reducción del consumo energético en enero de 2024. Además, el uso de la aplicación móvil Tuya Smart, permitió un monitoreo y ajuste más eficiente del uso de energía, lo que resultó en una disminución del factor humano en el consumo energético del hogar.

La (**Fig. 46**) detalla la comparación del consumo energético en el mes de enero en los años 2023 y 2024, mostrando una reducción importante en el año 2024 del consumo energético en comparación con el año 2023.

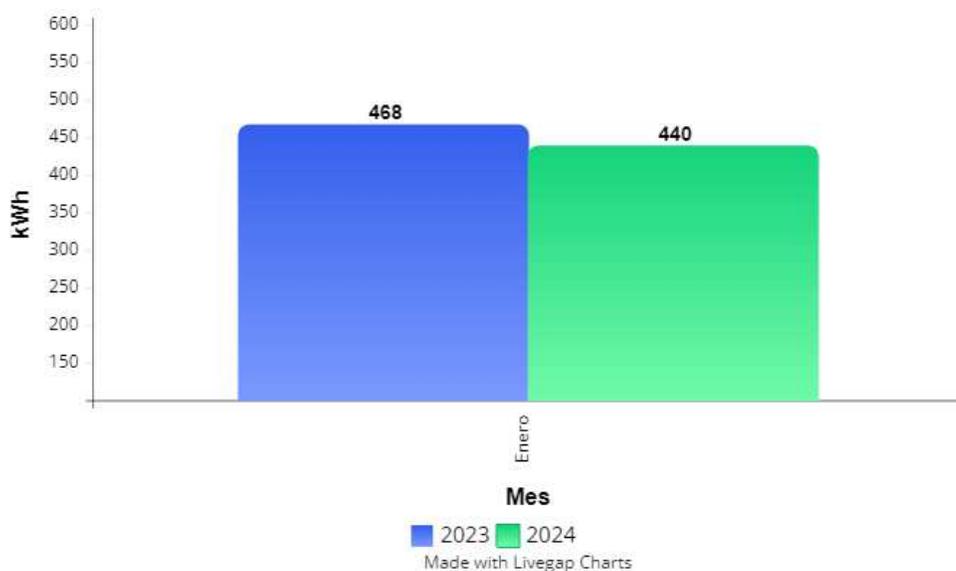


Fig. 46. Consumo energético en el mes de enero de los años 2023 y 2024

Nota: Se muestra una reducción importante en el año 2024 del consumo energético, en la barra de color verde en comparación al año 2023 que se representa con la barra de color azul.

#### 4.3.6. Encuestas complementarias:

Con el objetivo de conocer cuáles son los hábitos de consumo energético más comunes entre las familias de Santo Domingo de los Tsáchilas, se realizó una encuesta que se aplicó a 40 familias, la citada encuesta que se adjunta en el *Anexo F*.

Los resultados de las encuestas permitieron establecer características sobre las cuales se programaron los dispositivos de IoT que se detallan en la (TABLA XIX) y que además estuvieron en concordancia con los datos tomados de la encuesta a los integrantes del hogar modelo detallados en el *Anexo B*.

TABLA XIX  
RESULTADOS GENERALES DE LA ENCUESTA

Aspecto	Porcentaje
<b>Composición de las familias</b>	
3-5 personas	<b>70.70%</b>
Menos de 3 personas	<b>14.60%</b>
Más de 5 personas	<b>14.60%</b>

TABLA XIX  
(CONTINUACIÓN) RESULTADOS GENERALES DE LA ENCUESTA

<b>Distribución de habitaciones en los hogares</b>	
3-4 habitaciones	<b>61.0%</b>
Más de 4 habitaciones	<b>12.20%</b>
Menos de 2 habitaciones	<b>26.80%</b>
<b>Dispositivos electrónicos</b>	
5-10 dispositivos	<b>41.50%</b>
Menos de 5 dispositivos	<b>41.50%</b>
Más de 10 dispositivos	<b>17.10%</b>
<b>Hábitos de consumo energético (hora de levantarse)</b>	
5:00	<b>39.0%</b>
6:00	<b>39.0%</b>
7:00	<b>12.0%</b>
4:00	<b>7.30%</b>
Después de 07:00	<b>2.40%</b>
<b>Tipo de iluminación</b>	
LED	<b>43.90%</b>
Incandescente	<b>48.80%</b>
Ambas tecnologías	<b>7.30%</b>
<b>Uso de luz natural durante el día</b>	
Siempre	<b>43.90%</b>
Frecuentemente	<b>29.3%</b>
Ocasionalmente	<b>22.0%</b>
Nunca	<b>4.90%</b>

Además, se recopilaron datos sobre los consumos aproximados de energía y los costos de electricidad de las familias encuestadas. Por otro lado, la (Fig. 47) presenta los resultados obtenidos del otro 50% de los encuestados. Se encontró que el consumo más alto registrado fue de 603 kWh, con un costo aproximado de \$60.52, mientras que el consumo mínimo fue de 54 kWh, con un valor de \$4.92.

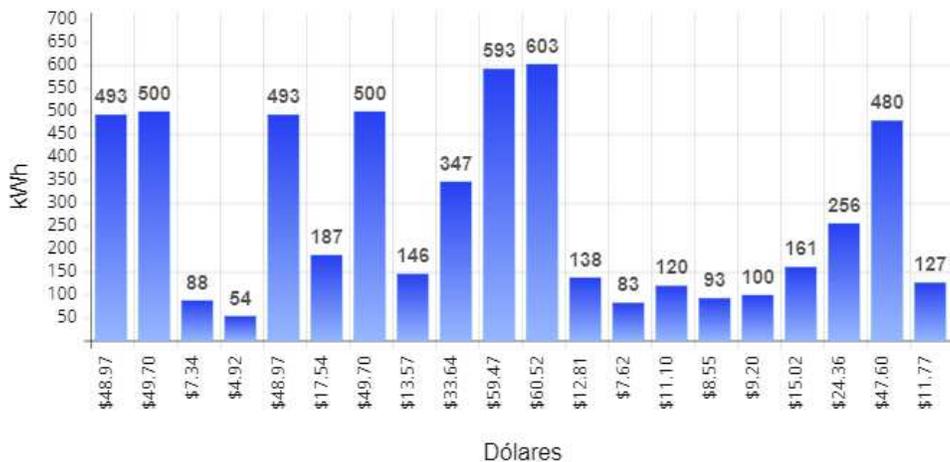


Fig. 47. Consumo energético de los encuestados

En cuanto a las automatizaciones, se encontró que el 53.7 % de las familias encuestadas aún no han implementado medidas de ahorro energético, mientras que el 46.3 % si lo han hecho. Entre las estrategias que tuvo más acogida para el ahorro energético se destaca el apagado de luces y electrodomésticos cuando no están en uso.

Cabe destacar que no se reportaron medidas específicas de automatización mediante dispositivos IoT en esta etapa. Sin embargo, al preguntarles si estarían dispuestos a adoptar sistemas de automatización para gestionar el consumo de energía en su hogar, el 75.6% expresó su interés en hacerlo, el 17.1% se mostró indeciso y el 7.3% no estaría dispuesto a implementar dichos sistemas. Estos resultados sugieren una apertura significativa hacia la adopción de tecnologías de IoT para la gestión energética en los hogares encuestados, como se ilustra en la (Fig. 48).

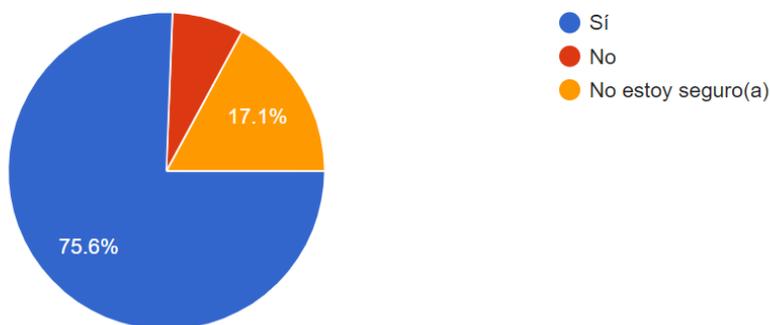


Fig. 48. Interés de encuestados en sistemas de automatización con IoT

Nota: la gráfica muestra el interés de las familias encuestadas sobre sistemas de automatización con dispositivos IoT.

#### *4.4. Análisis de datos*

Con respecto a las necesidades del hogar modelo, al inicio se identificó un uso ineficiente de los dispositivos eléctricos, lo que resultaba en un consumo excesivo de energía debido a estos malos hábitos. El control manual de los dispositivos eléctricos, electrónicos y de iluminación seguía siendo predominante, lo que contribuía a este uso ineficiente de la energía. Por lo que era urgente reducir el consumo energético en el hogar, y de este modo promover un uso más eficiente y contribuir a la sostenibilidad ambiental en nuestro país.

Igualmente, con relación a las encuestas realizadas se encontró una predisposición importante por parte de las familias para domotizar su hogar, lo que sugiere un interés significativo en las implementaciones IoT para el ahorro energético.

La propuesta de IoT diseñada para abordar estas necesidades específicas incluyó la implementación de dispositivos IoT con tecnología Tuya Smart, como interruptores, tomacorrientes, switches y dispositivos de iluminación inteligente. Estos dispositivos fueron seleccionados estratégicamente para optimizar el uso de la energía eléctrica, reducir el consumo innecesario y mejorar la eficiencia energética en el hogar. Permitieron programar el encendido y apagado de dispositivos electrónicos según horarios específicos, evitando el consumo innecesario de energía durante periodos de inactividad. Además, se habilitó el control remoto de los dispositivos a través de la aplicación móvil Tuya Smart, lo que permitió usarlos y monitorearlos desde cualquier lugar.

Antes de la implementación de la propuesta IoT, el consumo anual de energía en el hogar modelo fue de 5163 kWh en 2023, con un promedio mensual de 430.25 kWh. Se estableció como línea base de comparación el mes de enero del mencionado año, con un consumo de 468 kWh. Este análisis proporcionó un marco de referencia para evaluar el impacto de la implementación en la reducción del consumo energético. En la (TABLA XX) se muestra el resumen del consumo energético en 2023.

TABLA XX  
RESUMEN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL 2023

<b>Enero 2023</b>	<b>Consumo energético kWh</b>
Consumo energético Anual	5163 kWh
Promedio consumo energético Mensual	430.25 kWh
Línea de comparación	468 kWh

El proceso de implementación enfrentó desafíos, especialmente en la instalación de dispositivos como el interruptor RF, que requiere una conexión con un conductor neutro. Dado que estas tecnologías son nuevas en Santo Domingo de los Tsáchilas y en Ecuador en general, la información sobre la instalación de dispositivos IoT es limitada. Se requirió la contratación de un técnico electricista para realizar la implementación adecuada del conductor neutro para el interruptor, lo que permitió la aplicación efectiva de la propuesta IoT.

Tras la implementación, la factura del servicio eléctrico del mes de enero de 2024 registró un consumo energético de 440 kWh. En comparación con el consumo de enero de 2023 (468 kWh), se observó una reducción del 6% en el consumo energético en el mismo mes del año anterior.

Este resultado indicó un cambio significativo hacia el ahorro energético, y se espera que este porcentaje se mantenga o incluso se reduzca aún más en el futuro mediante una programación más asertiva de los dispositivos IoT, y se notó una concientización gradual de ir saliendo de malos hábitos de consumo, lo que irá contribuyendo a una mayor eficiencia energética en el hogar.

Se espera que la implementación de la propuesta IoT genere un impacto positivo en la reducción del consumo energético y la optimización de este en el hogar modelo. Los dispositivos inteligentes permitirán un uso más eficiente de la energía, con reducciones esperadas en el consumo de energía en la cocina de inducción, los baños y otras áreas del hogar. Además, se espera que el análisis continuo del consumo energético a través de la aplicación Tuya Smart permitirá identificar oportunidades adicionales para mejorar la eficiencia energética en el hogar.

#### 4.5. Limitaciones

- a. En el mercado actual de Santo Domingo de los Tsáchilas, los dispositivos IoT tienen un costo elevado debido a su baja demanda. Esto puede dificultar la adquisición de la cantidad necesaria de dispositivos para la domotización del hogar. Se espera que, con el tiempo y el aumento de la demanda, los precios puedan reducirse y exista mayor oferta.
- b. La disponibilidad de dispositivos IoT de alta calidad puede ser limitada en el mercado local de Ecuador en comparación con otras regiones. Esta disparidad en la calidad de los productos podría resultar en una durabilidad reducida o en un rendimiento inconsistente a lo largo del tiempo, lo que podría afectar la fiabilidad y eficacia a largo plazo del sistema de domótica en el hogar.
- c. La falta de planificación eléctrica en las casas existentes o en las nuevas que se construyan en el futuro, agregaría desafíos al implementar nuevas tecnologías, como los dispositivos IoT. Esto puede requerir la intervención de un técnico eléctrico para resolver problemas de compatibilidad o para realizar ajustes en la infraestructura eléctrica existente, lo que puede aumentar los costos y el tiempo de implementación.

### 5. Resultados

Como resultado de la aplicación de la propuesta IoT en el hogar modelo ubicado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, se obtuvo la factura del servicio eléctrico correspondiente al mes de enero de 2024, que reflejó un consumo energético de 440 kWh, lo que representa una reducción del 6% en comparación con enero de 2023.

Durante la integración de IoT se observó una reducción significativa en el consumo energético después de la implementación de la propuesta IoT en áreas específicas del hogar con respecto a la iluminación, como la cocina, baños, dormitorios, pasillos, escaleras y en otras áreas que se detallan en la (TABLA XXI).

Antes de la implementación su control era totalmente manual y aunque al haber instalado los dispositivos IoT durante el mes de diciembre de 2023, estos seguían comportándose como dispositivos convencionales, fue en el mes de enero de 2024 que esto cambió, donde se implementó la automatización de IoT, y fue cuando se obtuvieron los resultados.

TABLA XXI  
ÁREAS DEL HOGAR CON MAYOR OPTIMIZACIÓN

<b>Planta</b>	<b>Habitación</b>
<b>Planta Baja</b>	Comedor
	Cocina
	Baño social
	Puerta Garaje
	Escaleras A
<b>Planta Alta</b>	Pasillo Sala
	Sala
	Baño Sala
	Dormitorio Ronald
	Dormitorio Abner
	Pasillo Dormitorio Máster
	Baño Dormitorio Máster

Nota: las áreas mencionadas eran consideradas con un nivel alto de consumo energético según los integrantes del hogar, antes de la implementación de IoT y su automatización.

Se pudo verificar el correcto funcionamiento de las automatizaciones y escenarios programados mediante la aplicación Tuya Smart, lo que facilitó el control remoto de los dispositivos y el monitoreo del consumo de energía.

Se logró un mayor control sobre los dispositivos electrónicos, incluyendo los tomacorrientes y el breaker inteligente de 220V. Los tres dispositivos IoT con mayor consumo energético están detallados en la (TABLA XXII).

TABLA XXII  
DISPOSITIVOS IOT CON MAYOR CONSUMO ENERGÉTICO

Dispositivo IoT	Nombre
Breaker 220V inteligente	Cocina de inducción 220V
Tomacorriente inteligente	Regulador V Abner Mini Enchufe
Tomacorriente inteligente	Extensión Ronald Mini Enchufe

Nota: los dispositivos podrían variar dependiendo del uso, hasta el momento los que se presentan son los que más consumo energético tienen.

En el caso de la cocina de inducción, se observó una reducción significativa en el consumo, pasando de 89 kWh a 26.88 kWh, como se muestra en la (Fig. 49). Es importante destacar que, a pesar de ser dispositivos que consumen más energía que otros, esto no implica que no estén contribuyendo al ahorro energético. Por el contrario, la implementación de dispositivos IoT ha permitido optimizar su uso, lo que ha resultado en un consumo mucho más eficiente en comparación con situaciones anteriores sin la automatización proporcionada por la tecnología IoT.

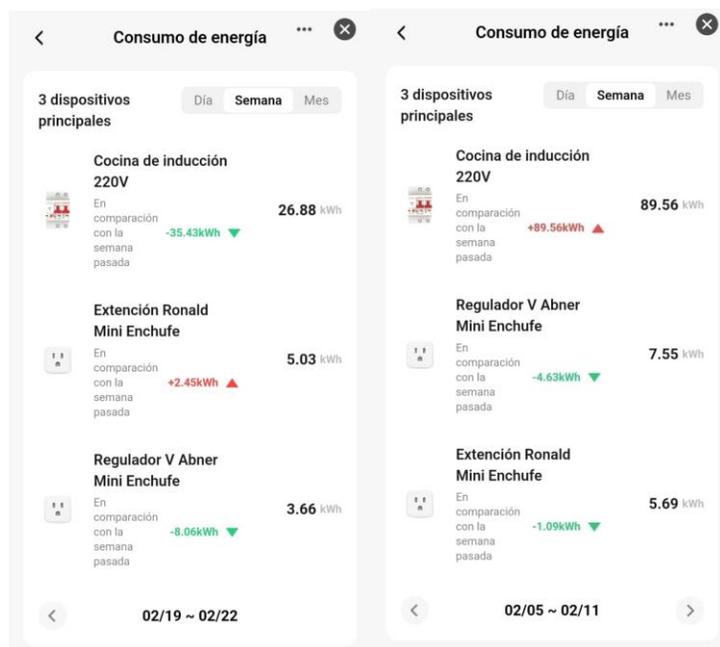


Fig. 49. Control de dispositivos IoT con mayor consumo energético.

Nota: se puede notar una reducción del consumo energético en la cocina de inducción, un aumento leve del consumo de la extensión en el dormitorio del integrante Ronald y una mejora en el dormitorio del integrante Abner.

Por otro lado, se obtuvieron datos sobre el tiempo de uso de los dispositivos en la semana, lo que permite determinar cuáles son los días de la semana con mayor uso, en el caso de la cocina de inducción los fines de semana tiene un consumo comparado con el resto de la semana, tal como se detalla en la (Fig. 50).

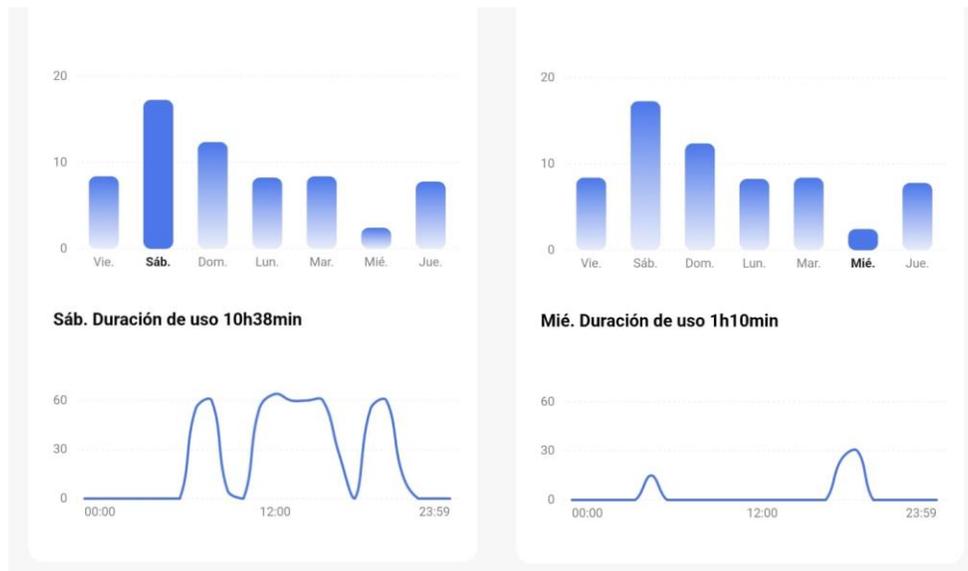


Fig. 50. Días con mayor y menor horas de consumo

Nota: se observa el día con mayor y menor consumo de la cocina de inducción.

Los dispositivos IoT, como los interruptores inteligentes y los sensores de movimiento, demostraron ser efectivos en la optimización del consumo energético y en la mejora de la comodidad y conveniencia en el hogar, permitiendo controlar dichos dispositivos desde cualquier lugar, incluso fuera del hogar siempre y cuando tenga acceso al internet. Además, la implementación de IoT aportó una mejora significativa en el hogar, no solamente en tecnología sino también en lo estético, como se muestra en la (Fig. 23) los dispositivos IoT cambiaron radicalmente la apariencia interior del hogar.

## 6. Conclusiones

La implementación de la propuesta IoT ha sido efectiva en la reducción del consumo eléctrico en el hogar, por cuanto, se ha demostrado en este trabajo que la implementación de esta iniciativa evita el factor humano en el uso de los aparatos eléctricos y electrónicos, y por ende el ahorro ya no depende de los malos hábitos de consumo. Por lo tanto, si se aplicara a escala nacional podría contribuir de manera significativa al ahorro energético en el país, considerando que el consumo residencial es el de mayor demanda en Ecuador.

Este trabajo abre el camino a los interesados en la domótica de una residencia en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y en el país, ya que en este diseño de propuesta IoT se encuentran datos prácticos que pueden evitar obstáculos y acortar el camino para una óptima aplicación de la automatización con IoT.

Se evidenció que los dispositivos IoT consumen muy poca energía, por lo que se pudo ahorrar a pesar de que estuvieran conectados los aparatos eléctricos mediante estos; se obtendría esta economía siempre y cuando se haga una programación adecuada a dichos instrumentos, pues de lo contrario se tendría un sistema automático a distancia que no evitaría los malos hábitos de consumo.

## 7. Recomendaciones

Se recomienda empezar a utilizar IoT no solo en los hogares, sino también en la industria con el fin de alcanzar mayor ahorro energético a nivel provincial y nacional.

Para futuras implementaciones de sistemas de domótica en hogares, se recomienda tomar en cuenta las estadísticas de consumo energético y la programación de los dispositivos de una forma adecuada, que optimicen el consumo de energía, pudiendo ser una futura propuesta la programación de dispositivos a través de Machine Learning.

Las autoridades deben promover cada vez más el ahorro energético a través del estímulo y apoyo económico a los proyectos de domotización en residencias e industrias de la provincia y el país, ya

que, al ser aplicados a gran escala, se conseguiría a bajos costos en la adquisición de dispositivos IoT y por otro lado el ahorro energético se multiplicaría.

## 8. Referencias

- [1] J. Fernández Lagares, “Tecnologías IoT para ahorro energético en edificios,” 2018, Accessed: Feb. 19, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10317/7315>
- [2] D. Salazar-Armijos, V. Martínez-Cepeda, L. Ortiz-Delgado, and R. Bastidas-Chalán, “IoT for Energy Saving at Homes in Santo Domingo de Los Tsáchilas,” 2023, pp. 491–505. doi: 10.1007/978-3-031-24985-3\_36.
- [3] D. F. BARGUES, G. E. Escrivá, and J. L. F. BARGUES, “Necesidad de hábitos energéticos eficientes en la utilización de las instalaciones. Aplicación en la iluminación de un pabellón deportivo,” in *Comunicaciones presentadas al XIX Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos: celebrado en Granada el 15, 16 y 17 de julio de 2015*, 2015, p. 55.
- [4] C. Sardianos *et al.*, “Reshaping Consumption Habits by Exploiting Energy-Related Micro-moment Recommendations: A Case Study,” 2021, pp. 65–84. doi: 10.1007/978-3-030-68028-2\_4.
- [5] González, “El sector productivo prevé pérdidas millonarias por los cortes de luz.,” <https://www.primicias.ec/noticias/economia/luz-rationamiento-apagones-comercios-turismo/>.
- [6] Operador Nacional de Electricidad CENACE, “La demanda eléctrica del Ecuador aumentó en un 8,13%,” <https://www.recursoyenergia.gob.ec/la-demanda-electrica-del-ecuador-aumento-en-un-813/>.
- [7] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), “INFORMACIÓN AMBIENTAL EN HOGARES,” Dec. 2012.
- [8] M. I. Collado, B. ESO, and C. FORMATIVOS, “La Domótica, un bien para todos,” *Centro Sindical Independiente y de Funcionarios, España. Consultado el*, vol. 1, 2010.
- [9] S. K. Vishwakarma, P. Upadhyaya, B. Kumari, and A. K. Mishra, “Smart Energy Efficient Home Automation System Using IoT,” in *2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, IEEE, Apr. 2019, pp. 1–4. doi: 10.1109/IoT-SIU.2019.8777607.

- [10] S. Madakam, R. Ramaswamy, and S. Tripathi, “Internet of Things (IoT): A Literature Review,” *Journal of Computer and Communications*, vol. 03, no. 05, pp. 164–173, 2015, doi: 10.4236/jcc.2015.35021.
- [11] Z. H. Ali, H. A. Ali, and M. M. Badawy, “Internet of Things (IoT): definitions, challenges and recent research directions,” *Int J Comput Appl*, vol. 128, no. 1, pp. 37–47, 2015.
- [12] Punto Flotante S.A., “Sensor infrarrojo de movimiento PIR HC-SR501 ,” <https://www.puntoflotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>.
- [13] Tuya Smart, “Global IoT Developer Service Provider,” <https://www.tuya.com/about>.
- [14] Zequer, “¿CÓMO FUNCIONA EL SENSOR DE ALARMA ANTIMASCOTAS?, TIPS PARA EVITAR FALSAS ALARMAS,” <https://blog.zequer.com/sensores-alarma-antimascotas/>.
- [15] M. de J. Gámez López, O. A. Sánchez Santos, and others, “Desarrollo de un prototipo electrónico e informático aplicando la tecnología de Internet de las Cosas para la medición y control de magnitudes físicas: en asocio con COCESNA,” 2018.
- [16] Camila Martínez Calle, “EL INTERNET DE LAS COSAS (IoT) EN ILUMINACIÓN,” <https://vepecolighting.com/el-internet-de-las-cosas-iot-en-iluminacion/>.
- [17] Y. Alonso Villegas and F. Torres Payoma, “Diseño de un sistema de telegestión IOT para tomacorrientes en las instalaciones de baja tensión de uso general,” *Publicaciones e Investigación*, vol. 15, no. 4, Nov. 2021, doi: 10.22490/25394088.5604.
- [18] P. A. Lupericio Campoverde and L. I. Fuentes Salazar, “Análisis del ahorro energético mediante la implementación de un sistema domótico,” 2023.
- [19] C. Stolojescu-Crisan, C. Crisan, and B.-P. Butunoi, “An IoT-based smart home automation system,” *Sensors*, vol. 21, no. 11, p. 3784, 2021.
- [20] Rubén Castro, “Diferencias entre Tuya Smart y Smart Life (Apps),” <https://www.wikiversus.com/moviles/diferencias-tuya-smart-vs-smart-life-apps/>.
- [21] J. A. Carballar and J. A. C. Falcón, *WI-FI. Lo que se necesita conocer*. RC libros, 2010.
- [22] G. López, L. Quesada, and L. A. Guerrero, “Alexa vs. Siri vs. Cortana vs. Google Assistant: a comparison of speech-based natural user interfaces,” in *Advances in Human Factors and Systems Interaction: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human*

*Factors and Systems Interaction, July 17- 21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA 8, 2018, pp. 241–250.*

- [23] M. del S. Pérez, “Análisis del uso de asistentes virtuales en el aula como recurso complementario en la práctica docente,” *Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores*, Dec. 2020, doi: 10.30827/Digibug.64782.
- [24] M. A. A. Augusto and Á. R. A. Mauricio, “Uso de la domótica y las TIC en el control y ahorro de energía eléctrica en los hogares colombianos.” 2020. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10882/10023>
- [25] J. E. Mendoza Padilla, “Sistema de Monitoreo y Control de Variables del Entorno Doméstico Orientado a IoT,” *Gestión Competitividad e Innovación*, vol. 6, no. 2, pp. 52–66, Dec. 2018, [Online]. Available: <https://pca.edu.co/editorial/revistas/index.php/gci/article/view/45>
- [26] M. T. Anguera, “Metodología cualitativa,” *Métodos de investigación en psicología*, pp. 513–522, 1995.
- [27] Diario LA HORA, “¿Quiénes están dentro de la clase media ecuatoriana?,” <https://www.lahora.com.ec/pais/quienes-son-clase-media-ecuador/>, Quito, Sep. 28, 2021.
- [28] S. R. C. RUIZ, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO DE CONEXIONES DE DATOS EN REDES WLAN MEDIANTE UNA SONDA IMPLEMENTADA CON TECNOLOGÍAS DE IOT”.
- [29] J. Salazar Soler and S. Silvestre Bergés, “El mundo Internet of Things (IoT).” *Ceské vysoké učenění technické v Praze Fakulta elektrotechnická*, 2019.
- [30] H. E. Barreto Loyola, R. Del Mar Reátegui, C. Farfán Maguiña, L. A. Jeri Miranda, and A. Paredes Inocente, “Factores facilitadores para la adopción del internet de las cosas en los hogares,” 2017.
- [31] M. N. Escobar Carrillo, J. P. Giraldo García, and O. L. Ramírez Castiblanco, “Implementación de un Sistema Iot-Cloud para el Ahorro de Agua y Energía en el Hogar”.
- [32] D. A. Ramirez Madrid and others, “Metodología para la implementación de IoT,” 2018.
- [33] Xiled, “Domótica con los Interruptores Smart Xiled noviembre 14, 2023,” <https://electroxiled.com/elementor-10566/>.

- [34] Tuya IoT Platform, “Develop with Python SDK,” <https://developer.tuya.com/en/docs/iot/device-control-best-practice-python?id=Kav4zc0nphsn5>.
- [35] A. Berdasco, G. López, I. Diaz, L. Quesada, and L. A. Guerrero, “User experience comparison of intelligent personal assistants: Alexa, Google Assistant, Siri and Cortana,” *UCAml 2019*, p. 51, 2019.