



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA CONTROL
DOMÓTICO COMPATIBLE A UN ASISTENTE DE VOZ**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Electrónica

**AUTORES: JENNIFER ESTEFANIA CHAVEZ CHUNGATA
FABIAN ANDRES MEJIA MOROCHO**

TUTOR: ING. RENE SEVERO AVILA CAMPOVERDE, Mgst

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jennifer Estefania Chavez Chungata con documento de identificación N° 0106140874 y Fabian Andres Mejia Morocho con documento de identificación N° 0106762420; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 25 de febrero del 2024

Atentamente,



Jennifer Estefania Chavez Chungata

0106140874



Fabian Andres Mejia Morocho

0106762420

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jennifer Estefania Chavez Chungata con documento de identificación N° 0106140874 y Fabian Andres Mejia Morocho con documento de identificación N° 0106762420, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Desarrollo de un dispositivo electrónico para control domótico compatible a un asistente de voz” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de febrero del 2024

Atentamente,

Jennifer Estefania Chavez Chungata

0106140874

Fabian Andres Mejia Morocho

0106762420

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Rene Severo Avila Campoverde con documento de identificación N° 0102257920, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA CONTROL DOMOTICO COMPATIBLE A UN ASISTENTE DE VOZ, realizado por Jeniffer Estefania Chavez Chungata con documento de identificación N° 0106140874 y Fabian Andres Mejia Morocho con documento de identificación N° 0106762420, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Rene Severo Avila Campoverde, Mgst

0102257920

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento de Jennifer Estefania

Previamente quiero agradecer a Dios, quien ha sido mi guía constante y me ha brindado salud y sabiduría a lo largo de mi vida. A la Universidad Politécnica Salesiana y a todos los docentes, les expreso mis más sinceros agradecimientos por haber colaborado y compartido conocimientos de diversas maneras durante estos años de estudio. Finalmente, agradezco de todo corazón a mi familia por su inquebrantable apoyo y comprensión a lo largo de este camino. Gracias por ser mi roca, mi inspiración y mi motivación para alcanzar mis sueños.

Agradecimiento de Fabian Andres

Agradezco infinitamente a Dios por brindarme la fortaleza y la guía para continuar con mi vida. A mi familia quienes me permitieron continuar mis estudios esforzándose para darme lo mejor y siendo un ejemplo de superación otorgandome la sabiduría y el apoyo para continuar con mis estudios. A mi tutor el Ing. Rene Avila quien nos acompañó con sus consejos para el desarrollo de este proyecto. A mi hija por regalarme la fuerza y aguantar los malos ratos que se presentaron en el desarrollo de mi vida, sin ella no hubiera conseguido culminar con mis estudios. A mis amigos quienes me brindaron su tiempo y me regalaron anécdotas y experiencias alegres.

DEDICATORIAS

DEDICATORIA

Dedicatoria de Jennifer Estefania

Quiero dedicarlo a mis padres y hermana por su apoyo inquebrantable a lo largo de este arduo viaje académico. Vuestra constante presencia, aliento y amor incondicional han sido el motor que me impulsó a alcanzar esta meta. Cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada gesto de amor han sido la inspiración que ha iluminado mi camino hacia la culminación de este proyecto.

Dedicatoria de Fabian Andres

A mi familia, especialmente a mi hija Danna quien supo levantarme y acompañarme en esta etapa de mi vida. A mi padre Fabian, mi madre Marcia, mi abuelo Angel, mi tío David, mi tío Patricio los cuales siempre me apoyaron de diferentes maneras durante mi vida académica, sin su ayuda no hubiera conseguido terminar esta etapa. Siempre estaré muy agradecido con todos ustedes.

Índice general

Agradecimientos	I
Dedicatorias	II
Índice General	III
Índice de figuras	IX
Índice de tablas	X
Resumen	XI
Abstract	XII
Antecedentes	1
Justificación	3
Objetivos	5
Introducción	6
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
1.1. Internet de las Cosas (IoT)	7
1.1.1. Aplicación del IoT en la Domótica	8
1.2. Domótica	10
1.2.1. Áreas de Aplicación de la Domótica:	10
1.2.2. Componentes y Tecnologías en Domótica:	11

1.3.	Estructura del sistema Domótico basado en Modelo OSI	12
1.4.	Principales Protocolos de Comunicación Inalámbricas	14
1.4.1.	Wi-Fi (IEEE 802.11)	14
1.4.2.	Zigbee	16
1.4.3.	Bluetooth	18
1.4.4.	LoRa (Long-Range)	19
1.5.	Protocolo de Comunicación del Proyecto	21
1.6.	Asistentes Controlados por Voz	24
1.6.1.	Amazon Alexa	24
1.6.2.	Google Assistant	27
1.6.3.	Microsoft Cortana	28
1.6.4.	Apple Siri	29
1.7.	Análisis entre Asistentes de voz	30
1.8.	Ventajas y Desventajas de Asistentes Controlados por Voz	32
1.9.	Elección de asistente de voz: Amazon Alexa	33
1.10.	Dispositivos de Control	34
1.10.1.	Arduino IDE	34
1.10.2.	Modulo WiFi ESP8266	34
1.10.3.	Compatibilidad placas de desarrollo ESPx con Arduino IDE	35
1.11.	Actuadores	36
1.12.	Diagrama de bloques de conexión del proyecto	44
2.	MARCO METODOLÓGICO	45
2.1.	Diseño del hardware de control domótico	45
2.2.	Diseño e Implementación del módulo Interruptor o Conmutador	45
2.2.1.	Selección de componentes	45
2.2.2.	Diseño Esquemático	47
2.2.3.	Criterios de diseño/especificaciones físicas	50
2.2.4.	Diseño PCB	51
2.2.5.	Diseño de la caja del módulo Interruptor	51
2.2.6.	Ensamble	53
2.3.	Diseño e Implementación del módulo de Tomacorriente	55

2.3.1. Selección de componentes	55
2.3.2. Diseño Esquemático	55
2.3.3. Criterios de diseño/especificaciones	56
2.3.4. Diseño PCB	57
2.3.5. Diseño de la caja del módulo de Tomacorriente	58
2.3.6. Ensamble	60
2.4. Implementación del prototipo con Amazon Alexa	62
2.4.1. Enlace con aplicación de Amazon Alexa	62
2.4.2. Diagrama de flujo del módulo de Interruptor	68
2.4.3. Código implementado en software Arduino	69
2.4.4. Diagrama de flujo del módulo Tomacorriente	69
2.4.5. Código implementado en software Arduino	70
2.5. Presupuesto	70
3. Análisis y Resultados	71
3.1. Pruebas de Conectividad	72
3.2. Pruebas de Sensibilidad al Ruido	73
3.3. Pruebas de Funcionamiento de Distancia	74
3.4. Pruebas con diferentes Cargas	75
3.5. Análisis: Prototipo Conmutador vs. Interruptor Inteligente Comercial . .	76
3.6. Análisis: Prototipo vs. Tomacorriente Inteligente Comercial	77
4. Conclusiones y Trabajos Futuros	78
4.1. Conclusiones	78
4.2. Recomendaciones	79
4.3. Trabajos Futuros	80
Glosario	82
Referencias	86
Anexos	87
Anexo A: Código desarrollado e implementado para el módulo Interruptor .	87

Anexo B: Código desarrollado e implementado para el módulo Tomacorriente	91
Anexo C: Dimensiones de la caja del módulo Interruptor	95
Anexo D: Dimensiones de la caja del módulo Tomacorriente	98
Anexo E: Dimensiones de la placa PCB del módulo Interruptor	101
Anexo F: Dimensiones de la placa PCB del módulo Tomacorriente	102

Índice de figuras

1.1. Internet of Things. [3]	8
1.2. Domótica. [5]	11
1.3. Arquitectura Protocolo Zigbee. [10]	17
1.4. Arquitectura LoRa.[14]	20
1.5. Comunicación Wi-Fi. [16]	23
1.6. Ejemplo de un Asistente de voz.	24
1.7. Funcionamiento de Amazon Alexa.	33
1.8. Modulo WiFi ESP8266. [21]	35
1.9. Diagrama de bloques.	44
2.1. Microcontrolador Wemos D1 mini ESP8266. [26]	46
2.2. Componentes electrónicos. [27]	46
2.3. Diagrama esquemático interruptor (conmutador).	47
2.4. Cajetin metálico [28]	50
2.5. Medidas interruptor [29]	50
2.6. PCB interruptor vista pistas de conexión	51
2.7. PCB interruptor vista 3D	51
2.8. Vista de caja de aplicación (interruptor)	52
2.9. Tapa de caja de aplicación (interruptor)	52
2.10. Vista general de caja de aplicación (interruptor)	52
2.11. Vista final de caja de aplicación (interruptor)	53
2.12. Soldadura de componentes en placa.	53
2.13. Placa funcional de interruptor.	53
2.14. Esquema de alimentación del módulo interruptor.	54

2.15. Conexión de alimentación interruptor	54
2.16. Vista superior de la caja de aplicación con la placa realizada.	54
2.17. Vista frontal y superior de la caja de aplicación interruptor.	55
2.18. Diagrama esquemático tomacorriente en Proteus.	56
2.19. Partes tomacorriente. [30]	57
2.20. Medidas tomacorriente.	57
2.21. PCB tomacorriente vista pistas de conexión.	58
2.22. PCB tomacorriente vista 3D.	58
2.23. Vista de caja de aplicación (tomacorriente)	59
2.24. Tapa de caja de aplicación (tomacorriente)	59
2.25. Vista general de caja de aplicación (tomacorriente)	59
2.26. Vista final de caja de aplicación (tomacorriente)	60
2.27. Soldadura de componentes en placa tomacorriente.	60
2.28. Placa funcional de tomacorriente.	60
2.29. Esquema de alimentación del módulo tomacorriente.	61
2.30. Conexión de alimentación tomacorriente	61
2.31. Vista caja de aplicación con placa de tomacorriente.	61
2.32. vista superior de la caja de aplicación tomacorriente.	62
2.33. Vista frontal de la caja de aplicación tomacorriente.	62
2.34. Credenciales de red WiFi a conectar.	63
2.35. Mensaje de conexión exitosa del modulo WiFi a la red.)	63
2.36. Luz indicadora de detección de dispositivos.	63
2.37. Reconocimiento del prototipo en la aplicación de Amazon Alexa	64
2.38. Cambio de nombre de dispositivo.	65
2.39. Mensaje de detección y conexión realizada.	66
2.40. Lista de ubicación para el dispositivo.	66
2.41. Mensaje de conexión exitoso para poder controlar el dispositivo	67
2.42. Detección de dispositivos.	67
2.43. Encendido/Apagado del dispositivo por medio de la app.	67
2.44. Diagrama de flujo módulo interruptor.	68
2.45. Diagrama de flujo módulo tomacorriente.	69

4.1. Dimensiones Placa PCB módulo Interruptor.	101
4.2. Vista 3D módulo Interruptor.	101
4.3. Dimensiones Placa PCB módulo Tomacorriente.	102
4.4. Vista 3D módulo Tomacorriente.	102

Índice de tablas

1.1. Modelo OSI	13
1.2. Estándares IEEE 802.11 y su evolución.	15
1.3. Características de los protocolos de comunicación.	22
1.4. Características de Amazon Alexa	26
1.5. Características de Google Assistant	27
1.6. Características de Microsoft Cortana	28
1.7. Características de Siri	29
1.8. Comparación de Asistentes Controlados por Voz	30
1.9. Comparación de Asistentes Controlados por Voz	31
1.10. Ventajas y desventajas	32
1.11. Lámparas Incandescentes[23]	37
1.12. Lámparas Fluorescentes[23]	38
1.13. Lámparas Halógenas[23]	39
1.14. Lámparas LED	40
1.15. Relé[24]	43
2.1. Presupuesto del Proyecto	70
3.1. Pruebas de conexión Wi-Fi	72
3.2. Pruebas sensibilidad al ruido	73
3.3. Pruebas de funcionamiento de distancia	74
3.4. Pruebas de funcionamiento con cargas	75
3.5. Análisis entre un Interruptor inteligente y el Prototipo desarrollado	76
3.6. Análisis entre un tomacorriente inteligente y el Prototipo desarrollado	77

Resumen

Este proyecto se enfoca en la incorporación de un asistente de voz con dispositivos domóticos para automatizar el hogar, especialmente en el control de iluminación y toma de corriente mediante comandos de voz. El propósito es mejorar la eficacia y el confort en la vida diaria de los usuarios. Se han desarrollado prototipos de circuito electrónico capaces de controlar los electrodomésticos conectados a estos, a través de la comunicación entre el asistente de voz. Se ha enfatizado la optimización del sistema para garantizar una respuesta rápida y precisa a los comandos de voz del usuario. El proceso del proyecto incluye una exhaustiva documentación, que abarca desde las dimensiones de la caja de los prototipos hasta los esquemas de conexión y el diseño de la placa PCB. La solución propuesta será validada mediante comparaciones con otros sistemas domóticos disponibles en el mercado, para evaluar su funcionalidad, facilidad de uso y fiabilidad. Se busca demostrar la viabilidad y eficacia de estos dispositivos en el control domótico del hogar, ofreciendo una experiencia de confort al usuario. Por último, se han identificado áreas de mejora en los módulos domóticos construidos y se presentarán sugerencias para futuras mejoras.

Palabras clave: Asistente de voz; Domótica; Automatización; Control; Electrodomésticos; Dimensiones; PCB.

Abstract

This project focuses on integrating a voice assistant with home automation devices to automate household tasks, particularly in lighting and power outlet control through voice commands. The aim is to enhance efficiency and comfort in users' daily lives. Prototypes of electronic circuits capable of controlling appliances have been developed, facilitated by communication between the voice assistant and the devices. Emphasis has been placed on optimizing the system to ensure a quick and accurate response to user voice commands. The project process includes comprehensive documentation, covering prototype box dimensions, connection diagrams, and PCB design. The proposed solution will be validated through comparisons with other home automation systems available in the market, to assess its functionality, ease of use, and reliability. The goal is to demonstrate the feasibility and effectiveness of these devices in home automation control, providing a comfortable user experience. Lastly, areas for improvement in the constructed home automation modules have been identified, and recommendations for future enhancements will be presented.

Keywords: Voice assistant; Home automation; Automation; Control; Appliances; Dimensions; PCB.

Antecedentes

La tecnología va evolucionando a medida que el tiempo avanza; esta, a su vez, se ha vuelto esencial en la vida cotidiana, generando una creciente demanda de sistemas que simplifiquen las tareas en hogares e industrias. En este contexto, la domótica, también conocida como automatización del hogar, ha surgido como un campo de estudio y aplicación que combina la electrónica, la informática y las telecomunicaciones para crear entornos inteligentes.

La domótica se basa en la integración de diferentes dispositivos y sistemas para controlar y automatizar diversos elementos de un hogar, como los sistemas de iluminación, sistemas de climatización, sistemas de seguridad, electrodomésticos, dispositivos eléctricos y electrónicos. Estos sistemas permiten una gestión eficiente y personalizada, con control centralizado a través de interfaces como teléfonos inteligentes (smartphones), tablets y asistentes de voz.

Los asistentes controlados por voz han ganado gran popularidad como una forma natural de interactuar con los dispositivos domóticos. Los asistentes actualmente presentes incluyen a Amazon Alexa, Google Home, Siri y Cortana, ofreciendo la posibilidad de controlar varios dispositivos domóticos disponibles en el mercado, cada uno con características y limitaciones propias.

Dada la amplia gama de aplicaciones de los asistentes controlados por voz, es importante considerar la funcionalidad y usabilidad en diferentes escenarios de automatización. Esto implica evaluar aspectos de compatibilidad con los protocolos de comunicación utilizados para IoT, como Zigbee, Wi-Fi, Bluetooth, entre otros, así como la capacidad de reconocimiento de voz y precisión de ejecución.

Los asistentes virtuales existentes en el mercado, como Amazon Alexa, se

encuentran integrados en dispositivos como Amazon Echo, Amazon Fire Tablets, Echo Show, Echo Dot y Fire TV Stick. Google Assistant cuenta con Google Home, Google Nest Hub, teléfonos Android, Chromebooks y Android TV. Apple Siri está preinstalado en todos los modelos de iPhone, iPads, dispositivos iOS y macOS. Finalmente, Microsoft Cortana está presente en dispositivos con Windows 10, Xbox One, ciertos auriculares y altavoces inteligentes.

La integración de la inteligencia artificial implementada en los asistentes de voz ha simplificado la interacción humana con las tareas domésticas mediante comandos de voz, proporcionando un control fácil e intuitivo en comparación con las acciones manuales requeridas. Esto beneficia especialmente a personas con movilidad reducida o limitaciones físicas.

Justificación

Actualmente, varios hogares están adoptando la automatización mediante el uso de asistentes controlados por voz y dispositivos compatibles con estos. Por tanto, es necesario realizar un análisis comparativo entre los asistentes mencionados anteriormente, ya que cada dispositivo cuenta con sus propios protocolos de comunicación y plataformas de servicio. El objetivo de este análisis es obtener un asistente de voz accesible y adecuado para la integración de dispositivos domóticos, lo que mejoraría significativamente la experiencia del usuario y su calidad de vida.

Para diseñar el proyecto, es crucial considerar varios aspectos, entre ellos la importación de módulos y dispositivos domóticos, dado que aún no existen empresas locales dedicadas al desarrollo de esta tecnología. La mayoría de los dispositivos disponibles son de origen extranjero y su precio no es muy accesible para la automatización del hogar, ya que ofrecen diferentes características, diseños y funcionalidades.

El objetivo es crear un dispositivo domótico accesible para las personas interesadas en domotizar su hogar, permitiéndoles obtener las mismas capacidades y funcionalidades que los dispositivos importados. Una de las características de estos dispositivos importados es que controlan un solo punto, ya sea un interruptor, un tomacorriente o un motor. Esto eleva el costo de la automatización del hogar, ya que un hogar típico tiene varios puntos de iluminación y de toma de corriente. Por lo general, en un hogar promedio hay al menos 5 puntos de iluminación y 5 puntos de toma de corriente.

El objetivo del presente proyecto es desarrollar e implementar dispositivos de control domótico con un costo más accesible, manteniendo las mismas funcionalidades y permitiendo el control de múltiples puntos. Esto brindaría la

oportunidad a cualquier persona interesada en automatizar su hogar de adquirirlo. Con este enfoque, se busca controlar el sistema de iluminación, así como los tomacorrientes, sistemas de seguridad y sensores compatibles con la domótica. Estos dispositivos estarían controlados por comandos de voz a través de un asistente de voz, ofreciendo un ambiente inteligente que garantice comodidad y eficiencia para los usuarios.

Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar un dispositivo electrónico de control domótico compatible a un asistente de voz.

Objetivos específicos:

- Realizar un análisis comparativo entre los asistentes controlados por voz presentes en el mercado y su elección e integración a un dispositivo de control domótico.
- Desarrollar un hardware de control que permita la gestión de dispositivos eléctricos en el hogar.
- Establecer un sistema comunicación entre el hardware de control desarrollado y un asistente de voz permitiendo el control por comandos de voz.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del dispositivo desarrollado verificando el rendimiento y la eficiencia.

Introducción

La tecnología y la automatización del hogar han transformado radicalmente nuestras vidas. Con este avance, se ha potenciado el control domótico mediante el uso de asistentes de voz, lo que permite a las personas controlar los dispositivos electrónicos a través de comandos de voz, mejorando así la eficiencia y comodidad en su vida diaria.

El proyecto busca desarrollar dispositivos electrónicos para el control domótico de sistemas de iluminación y de tomacorrientes, integrando el control de tecnologías electrónicas mediante comandos de voz para ofrecer una solución completa y efectiva en el ámbito del control domótico, mejorando así la eficiencia y comodidad en la vida cotidiana de las personas.

El capítulo uno, se abordan conceptos fundamentales necesarios para el desarrollo del proyecto, proporcionando una base sólida para comprender las tecnologías y principios que sustentan la automatización del hogar.

En el segundo capítulo, se analiza detalladamente el diseño del hardware de control de ambos prototipos, los cuales se basan en un asistente de voz como interfaz principal del usuario. Se analizan las dimensiones físicas de los módulos, así como sus componentes internos y el módulo de WiFi implementado.

En el tercer capítulo, se llevan a cabo las pruebas de funcionamiento, cuyos resultados respaldan la eficacia de los módulos domóticos. Se analizan detalladamente las características y limitaciones obtenidas en las diferentes pruebas realizadas, proporcionando una visión clara del rendimiento de los módulos.

En el cuarto capítulo se exponen las conclusiones obtenidas luego de analizar cada detalle de las pruebas de funcionamiento aplicadas a los módulos. A su vez, se detallarán las áreas de posibles mejoras a futuro del proyecto realizado.

Capítulo 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para el desarrollo de este capítulo se explicará el funcionamiento sobre el IoT, su aplicación en la domótica y la estructura de aplicaciones domóticas basadas en el modelo OSI. A su vez, se analizarán los respectivos protocolos de comunicación existentes actualmente y la elección del protocolo referente al proyecto.

También se detallarán los asistentes de voz presentes actualmente en el mercado, ventajas y desventajas. Además, se realizará un análisis comparativo entre los asistentes de voz para realizar la elección del asistente correspondiente para la realización del proyecto. Y los dispositivos de control que se implementarán para el desarrollo del proyecto.

1.1. Internet de las Cosas (IoT)

El IoT es tecnología global la cual permite la conexión de varios dispositivos tanto físicos como virtuales mediante el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC). El IoT desempeña un papel esencial en ámbitos como los negocios, la vida cotidiana y la industria. [1]

El IoT se describe como la conexión de objetos comunes mediante de Internet, lo que les permite transmitir y recibir datos. Estos objetos, también conocidos como “cosas”, están dotados con sensores, actuadores y tecnología de comunicación que les otorgan la habilidad de interactuar tanto con su entorno como con otros dispositivos en red. El objetivo principal del IoT es mejorar la eficiencia, la comodidad y el bienestar

al facilitar la automatización y la toma de decisiones inteligentes respaldadas en datos. Esta tecnología revolucionaria implica la conexión de objetos cotidianos mediante Internet, lo que les permite enviar y recibir datos. Gracias a la integración de sensores y tecnología de comunicación, estas “cosas” pueden interactuar de manera efectiva con su entorno y con otros dispositivos conectados. El IoT se esfuerza por mejorar la eficiencia, la comodidad y la calidad de vida, facilitando la automatización y la toma de decisiones inteligentes basadas en datos precisos y en tiempo real.[2]

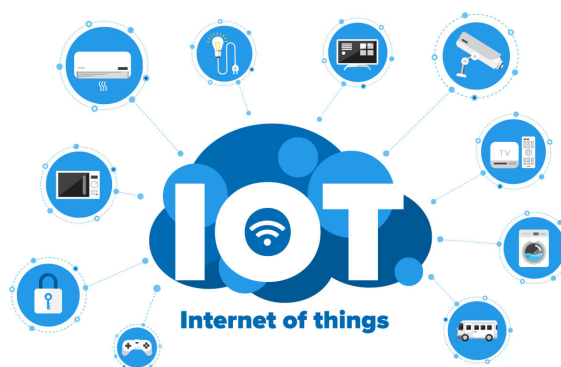


Figura 1.1: Internet of Things. [3]

1.1.1. Aplicación del IoT en la Domótica

La aplicación del IoT ha tenido un impacto significativo en la Domótica, que se refiere a la automatización y gestión de dispositivos en el hogar, mejorando la eficiencia y seguridad. A continuación, se destacan sus principales aplicaciones.

- Interconexión y Automatización:
 - Sensores: Los sensores, como los de movimiento, temperatura, humedad, etc., recopilan información del entorno.
 - Automatización Inteligente: La información recopilada se utiliza para automatizar tareas y ajustar configuraciones de acuerdo con las preferencias del usuario y las circunstancias del entorno.
 - Actuadores: Los actuadores, como sistemas de iluminación, termostatos, cerraduras, etc., ejecutan acciones basadas en esta información.

- Seguridad y Vigilancia:

- **Sistemas de Seguridad Inteligentes:** Integración de cámaras de seguridad, alarmas y cerraduras conectadas para monitorear y proteger el hogar. Los propietarios pueden acceder a estas cámaras y sistemas a través de dispositivos móviles.
 - **Alertas en Tiempo Real:** Notificaciones instantáneas en caso de detección de movimiento, intrusiones u otras situaciones de seguridad, permitiendo respuestas rápidas.
- **Confort y Experiencia del Usuario**
 - **Personalización:** Ajuste automático de la iluminación, temperatura y música de acuerdo a los gustos personales de cada integrante de la familia.
 - **Entretenimiento Conectado:** Integración de dispositivos de entretenimiento, como televisores y sistemas de sonido, para ofrecer una experiencia de entretenimiento conectada y controlada a través de dispositivos IoT.
 - **Salud y Bienestar**
 - **Monitoreo de la Salud en el Hogar:** Uso de dispositivos para monitorear la salud, como monitores de frecuencia cardíaca o sueño, y enviar datos relevantes a los especialistas en salud.
 - **Asistencia a Personas Mayores o con Discapacidad:** Dispositivos que ayudan a los adultos mayores o con discapacidad en la realización de tareas diarias y proporcionan alertas en caso de emergencia.
 - **Integración con Asistentes de Voz:**
 - **Control por Voz:** Integración de asistentes de voz (como Alexa, Google Assistant) para permitir a los usuarios controlar los dispositivos y sistemas en su hogar mediante comandos de voz.

1.2. Domótica

La domótica es la automatización y gestión de dispositivos de un hogar o industria, a través de la implementación de tecnologías de información y comunicación. Lo que brinda a los usuarios la capacidad de gestionar una diversidad de dispositivos mediante interfaces de voz o móviles. Los sistemas domóticos se implementan en la automatización residencial para mejorar la comodidad, eficiencia y seguridad en el hogar, basados en sistemas de comunicación con protocolos específicos o abiertos.

El empleo de la domótica proporciona una optimización en las tareas diarias al reducir el tiempo requerido para llevarlas a cabo, lo que evidencia su flexibilidad al integrar tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT).[4]

1.2.1. Áreas de Aplicación de la Domótica:

- Iluminación inteligente que permite controlar de encendido, apagado, intensidad y color mediante aplicaciones o asistentes virtuales.
- La seguridad en el hogar se puede realizar mediante cerraduras, alarmas, sensores, termostatos, cámaras lo que permite el acceso remoto, el control de la vivienda y la identificación de los usuarios.
- Altavoces inteligentes que incluyen los asistentes virtuales que puede interpretar el lenguaje natural y realizar diversas tareas en dispositivos domóticos.
- Sistemas de entretenimiento que permite integrar elementos para el control de reproducción de música y videos.
- Los sistemas domóticos pueden mejorar la accesibilidad y el bienestar de las personas con discapacidad, ofreciendo control de voz y automatización de tareas:
 - Abrir y cerrar persianas.
 - Control de iluminación acorde a los gustos de las personas.
 - Encendido y apagado de electrodomésticos.

- Sistema de apoyo para recordatorio de tomas de medición.
- Sistema de riego para jardines.
- Ajuste de temperatura por medio de los termostatos, etc.

1.2.2. Componentes y Tecnologías en Domótica:

- **Sensores:** Son dispositivos que detectan cambios físicos en el entorno, como movimiento, temperatura, humedad, luz y presencia.
- **Actuadores:** Realizan acciones físicas en respuesta a señales de control tales como: servimotores, relés, motores, lámparas, interruptores, cortinas y persianas.
- **Controladores:** Son unidades de procesamiento que toman decisiones basadas en la información de los sensores y transmitir comandos a los actuadores como:
 - Microcontroladores.
 - Sistemas Embebidos.
 - Asistentes Virtuales.
 - Módulos de conectividad inalámbricas.
 - Raspberry, etc.
- **Redes de Comunicación:** Conectan todos los componentes del sistema. Esto incluye tecnologías como Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth y Ethernet.



Figura 1.2: Domótica. [5]

1.3. Estructura del sistema Domótico basado en Modelo OSI

Este estudio se enfoca su atención en aplicar los fundamentos del modelo OSI, que consta de siete capas organizadas de manera jerárquica para facilitar la comunicación en un sistema.

En esta sección, se explora la arquitectura fundamental del sistema basado en el modelo OSI en el contexto de las redes de comunicación. Cada capa se representará una parte fundamental del sistema, desde la conectividad física hasta la interacción del usuario, proporcionando una visión detallada de los dispositivos y sistemas en el entorno domótico.

Tabla 1.1: Modelo OSI

Niveles de Capas de Red	Enfoque en proyecto
Capa de Aplicación: Esta capa gestiona y procesa los datos obtenidos de la red. Además, proporciona servicios como la gestión de archivos o procesamiento de información por correo electrónico.	Esta capa se encarga de desarrollar aplicaciones que permiten controlar y gestionar los dispositivos de control, en esta capa tenemos como principal dispositivo a un asistente de voz.
Capa de Presentación: Esta capa procesa archivos de manera que la computadora de destino entienda cómo abrirlo y presentarlo, lo que incluye la descompresión y descryptación de archivos.[6]	Se encarga de la traducción de datos enviados y/o recibidos para dispositivos conectados a la red Wi-Fi. Estas realizan una acción y en caso de tener una interfaz de visualización esta se encarga de presentarlos en una forma legible a los usuarios.
Capa de Sesión: Esta capa se utiliza para las comunicaciones de aplicación a aplicación. Esta capa abre la conexión de comunicación, la mantiene abierta al transferir datos y luego la cierra una vez que se completa la transferencia.[6]	Se establece la conexión entre el usuario y los dispositivos domóticos, asegurando que garantiza que los comandos de voz del usuario se interpreten correctamente y que las acciones correspondiente se lleven a cabo de manera eficiente.
Capa de Transporte: Esta capa ha sido llamada el corazón del modelo OSI y se considera el núcleo de las comunicaciones de computadora a computadora. Su principal objetivo es garantizar la transferencia confiable de datos entre sistemas finales, gestionando aspectos como la segmentación, el control de flujo y la corrección de errores.[6]	Se encarga de la transmisión sin errores de los datos desde el asistente de voz hasta los dispositivos finales a través del módulo Wi-Fi, gestionando segmentación, corrección de errores y control de flujo.
Capa de Red: Esta capa instruye en el enrutamiento de paquetes, determinando cómo se transmiten los datos a través de la red. Esta capa brinda información sobre dónde, cómo y cuándo ocurre el enrutamiento de paquetes para evitar la congestión.[6]	Administra las direcciones IP y el enrutamiento en una red Wi-Fi doméstica, en este caso al módulo Wi-Fi, asegurando una transmisión eficaz de datos entre asistentes de voz y dispositivos controladores.
Capa de Enlace de datos: Esta capa respalda la integridad de la transmisión punto a punto. Determina qué tipo de tecnología y protocolo se está utilizando para que los datos puedan transferirse con éxito.[6] La capa de enlace de datos tiene dos subcapas asociadas: LLC se encarga de la dirección y el control de la capa, mientras que MAC asegura que solo se acceda a un medio a la vez.[7]	Gestiona la transferencia de datos entre dispositivos conectados entre sí, recibe solicitudes de la capa de red para utilizar los servicios disponibles de la capa física. Al igual que la capa física, debe haber una comunicación entre el módulo de comunicación Wi-Fi y los dispositivos de control.
Capa Física: También conocida como capa uno, se encarga de los valores de voltaje, que a su vez se transforma en señales digitales y se transmiten mediante un puerto físico eléctrico u óptico.[6]	Comunicación inalámbrica o cableada entre los dispositivos de control con el módulo de comunicación Wi-Fi.

1.4. Principales Protocolos de Comunicación Inalámbricas

Los protocolos de comunicación inalámbrica son conjuntos de normativas que posibilitan la comunicación entre dispositivos electrónicos sin requerir de cables físicos. Dentro de estos sistemas se encuentran los protocolos TCP/IP, ampliamente utilizados en la red de Internet. El protocolo TCP/IP permite enviar paquetes de datos sin requerir la configuración de una conexión con los nodos de la red de Internet. Su función principal es reenviar los paquetes recibidos a través de los enrutadores, lo que permite garantizar que los datos alcancen su destino de manera eficiente.

Estos protocolos definen cómo se transmiten, reciben y procesan los datos en entornos de comunicación sin cables, como las redes Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee y otros sistemas de comunicación inalámbrica.

1.4.1. Wi-Fi (IEEE 802.11)

La aplicación de esta tecnología se encuentra en los hogares de todo el mundo, este tipo de tecnología nos permite la conexión a internet y a su vez la comunicación entre varios dispositivos necesidad de utilizar cables físicos. A su vez, esta tecnología tiene un papel muy importante para la automatización en varios sectores como industriales, empresariales y residenciales ya que nos permite comunicar y controlar varios dispositivos interconectados entre sí y conectados a una red Wi-Fi. A continuación, observaremos las características clave acerca del protocolo de comunicación Wi-Fi:

- **Banda de Frecuencia:** Wi-Fi opera en dos bandas de frecuencia, 2.4 GHz y 5 GHz. La diferencia entre estas dos bandas de operación es la transferencia de datos, la frecuencia 2.4 GHz ofrece un mayor alcance (metros) pero a menor velocidad de transmisión, en cambio, la frecuencia 5 GHz ofrece una mayor velocidad de conexión a un corto alcance.
- **Estándares Wi-Fi:** Se desarrollaron varios estándares Wi-Fi a lo largo de los años con amplias mejoras en velocidad y rendimiento. A continuación tenemos una

tabla que detalla la evolución de los estándares IEEE creados.[8]

Tabla 1.2: Estándares IEEE 802.11 y su evolución.

Año	Estándar IEEE	Frecuencia	Ancho de Banda	Velocidad de transferencia
1997	802.11	2.4 GHz	20 MHz	2 Mbit/s
1999	802.11b	2.4 GHz	20 MHz	11 Mbit/s
1999	802.11a	5 GHz	20 MHz	54 Mbit/s
2003	802.11g	2.4 GHz	20 MHz	54 Mbit/s
2009	802.11n	2.4 GHz y 5 GHz	20 MHz y 40 MHz	600 Mbit/s
2013	802.11ac	5 GHz	40, 80 y 160 MHz	6.9 Gbit/s
2019	802.11ax	2.4 GHz y 5 GHz	40, 80 y 160 MHz	9.6 Gbit/s

- **MIMO (Multiple-Input, Multiple-Output):** Este tipo de tecnología permite utilizar múltiples antenas para la transmisión y recepción de datos a dispositivos Wi-Fi mejorando la velocidad y eficiencia de transmisión. Como ejemplo tenemos a routers con 4 o varias antenas de transmisión.
- **Seguridad:** Utiliza protocolos de seguridad WEP, WPA y WPA2/WPA3 protegiendo las redes inalámbricas de intrusos o accesos no autorizados.
- **Modo de Operación:** El protocolo de comunicación Wi-Fi opera de varias formas, tales como un punto de acceso (AP), estación (STA) o “ad hoc” . Cada configuración ofrece diferentes servicios como acceso a la red ethernet, comunicación entre dispositivos o como un switch para proveer internet a dispositivos que se conecten a la misma.
- **Roaming:** El roaming permite cambiar un punto de acceso a otro sin perder conexión utilizando una red distinta de la principal. Esto posibilita la vinculación a redes secundarias mediante la utilización de un identificador de la red principal.
- **WPS (Wi-Fi Protected Setup):** Esta característica nos permite el acceso de dispositivos a una red Wi-Fi por medio de un PIN.

1.4.2. Zigbee

Este protocolo de comunicación se encuentra diseñado para circuitos con baja potencia y redes inalámbricas, es decir, un dispositivo actúa como un nodo de retransmisión. Zigbee nos permite tener una buena eficiencia energética reduciendo costos en el consumo de los sectores industriales, empresariales y residenciales.

ZigBee se relaciona con el protocolo IEEE 802.15.4. De acuerdo con esto, ZigBee es una tecnología de comunicación inalámbrica que opera a un corto alcance y a un bajo consumo de energía esto asume que tenga una baja velocidad de transferencia de datos. Los dispositivos conectados a una red Zigbee se pueden clasificar en nodo coordinador, enrutador o terminal según el propósito de aplicación que se requiera. Este tipo de comunicación inalámbrica es bidireccional con sus respectivas características mencionadas anteriormente como su bajo consumo, su corto alcance y bajo costo. [9]

Las capas PHY (Physical Layer) y MAC (Media Access Control) no son capas propias de ZigBee, estas se basan en el estándar IEEE 802.15.4. En cambio, la capa NWK (Network Layer) y la capa de aplicación si son específicas de ZigBee. Los dispositivos que pertenecen al protocolo ZigBee tienen dos tipos distintos de direcciones: una dirección de 64 bits otra de 16 bits. La dirección de 64 bits actúa como un identificador único que se asigna a cada dispositivo físico, se le conoce como dirección MAC y esta dirección es asignada por los fabricantes de los dispositivos. En cambio, un dispositivo nuevo que se conecte a la red Zigbee recibe una dirección de 16 bits y esta dirección se conoce como dirección de red. El resto de dispositivos obtienen una dirección aleatoria que otorga el router al unirse a la red.[10]

La arquitectura del protocolo Zigbee se basa en el modelo OSI y se divide en cuatro capas: la capa física (PHY), la capa de control de acceso al medio (MAC), la capa de red (NWK) y la capa de aplicación.[10]

En la siguiente figura se puede apreciar la arquitectura del protocolo Zigbee.

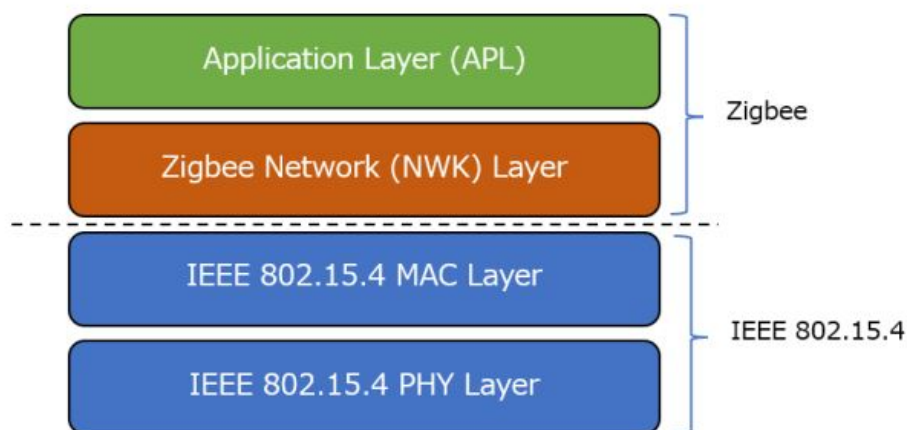


Figura 1.3: Arquitectura Protocolo Zigbee. [10]

Cada capa proporciona información y gestión a su capa superior, cada una se detalla a continuación:

Capa Física (PHY): La capa física tiene tres funciones principales:

- **Asignación de bandas de frecuencia:** Según el estándar IEEE802.15.4 la capa física tiene dos bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 868/915 MHz.
- **Asignación de canales:** La capa física tiene un total de 27 canales y estas se divide en 16 canales en la frecuencia de 2,4 GHz, 10 canales en la frecuencia de 915 MHz y sólo 1 canal en la frecuencia de 868 MHz. Cada canal representa una frecuencia.
- **Especificación de servicios:** Su función principal es la transferencia de datos entre entidades de enlace de datos en un medio de transmisión física.

Capa de Control de Acceso al Medio (MAC): Se encarga del uso de canales inalámbricos para proporcionar un enlace fiable entre dispositivos MAC pares. Algunas funciones principales de esta capa son:

- Mecanismo CSMA/CA para el acceso a los canales.
- Establecimiento y mantenimiento de una red personal (PAN).
- Asociación a redes personales (unirse a una red).
- Desasociación a redes personales (salir de una red).

Capa de red (NWK): Esta capa provee funciones para el manejo de redes y a su vez hace de interfaz entre la capa de aplicación y la capa MAC.[9]

Capa de Aplicación: Esta capa habilita la comunicación entre dispositivos Zigbee conectados a una red personal. Además esta capa se compone de tres componentes: Subcapa de soporte de aplicación actuando como un puente de comunicación entre la capa de red y la capa de aplicación, objeto de dispositivo Zigbee esto define como va a funcionar el dispositivo en la red y la aplicación definida por el fabricante ofreciendo interfaces de servicio adecuadas a la capa de red.[9]

1.4.3. Bluetooth

Es un protocolo de comunicación de corto alcance permitiendo una comunicación inalámbrica segura y confiable entre dispositivos personales. Actualmente se está integrando el Bluetooth en varios dispositivos electrónicos como celulares, auriculares, teclados, ratones, altavoces, entre otros.

El Bluetooth es una tecnología de comunicación de corto alcance, de bajo consumo, de bajo costo y utilizado e integrado en varios dispositivos que se desarrollan actualmente. El objetivo principal de esta tecnología es conectar varios dispositivos ya sean fijos o portátiles. Cada dispositivo debe tener integrada tecnología Bluetooth para poder conectarse entre sí. Desde la primera versión de la tecnología Bluetooth, esta ha sido integrada en muchas aplicaciones debido a las características que contiene. Además, Bluetooth de Baja Energía conocida como “BLE” se introdujo por primera vez en la cuarta versión del estándar Bluetooth. Cabe recalcar que Bluetooth/BLE opera en la misma banda de radio de 2,4 GHz de Industrial, Científica y Médica (ISM) que IEEE 802.11b/g/n/ax (WiFi) y IEEE 802.15.4 (ZigBee).[11] Se considera de bajo consumo energético debido a su capacidad para entrar en un estado de suspensión cuando no está en uso. Al pertenecer a la cuarta versión, se han mejorado tanto el alcance como la velocidad de transferencia, lo que la convierte en una opción destacada para aplicaciones en el Internet de las cosas (IoT), gracias a sus prestaciones en la transmisión de datos y su eficiencia energética. [12]

Algunas características del protocolo Bluetooth son:

Frecuencia de operación: Opera en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, específicamente en la banda ISM (Industrial, Scientific, Medical) junto con la tecnología Wi-Fi.

Perfiles: Esta característica sirve para definir la comunicación de diferentes dispositivos entre cuales está el manos libres (HFP), perfil de audio (A2DP) y perfil de dispositivo personal (PAN).

Consumo de energía: Bluetooth es de bajo consumo permitiendo una vida útil a la batería de dispositivos electrónicos como smartphones, sensores y dispositivos inteligentes como un smartwatch.

Velocidad de transmisión: La velocidad varía según la versión y el modo de operación. Bluetooth 2.1+EDR (Enhanced Data Rate) dispone de una velocidad máxima de 3 Mbps, mientras que Bluetooth 4.0 y versiones posteriores tienen una velocidad máxima de 24 Mbps en modo BR/EDR y 2 Mbps en modo de ahorro de energía.

Aplicaciones: Actualmente se puede encontrar en dispositivos móviles, teclados, auriculares, dispositivos médicos y sensores de movimiento.

1.4.4. LoRa (Long-Range)

LoRa es una tecnología inalámbrica que fue desarrollada por Cycleo y Semtech se encarga de comercializarla. Esta tecnología utiliza una técnica de modulación llamada Chirp Spread Spectrum (CSS), donde una señal de chirp se caracteriza por ser una frecuencia que varía de manera lineal en el tiempo, es decir aumenta o disminuye. Se denomina up-chirp cuando se realiza un cambio de frecuencia desde la más baja hasta la más alta, y, su proceso contrario donde la frecuencia va desde la más alta a la más baja se denomina down-chirp. En LoRa, la frecuencia de partida de un chirp se utiliza para representar un "símbolo" con un número variable de 7 a 12 bits codificados, conocido como el Factor de Expansión (SF). Este símbolo se le conoce a una unidad básica de información transmitida, es decir, es una representación de datos en LoRa. [13]

LoRa tiene tres principales parámetros de modulación los cuales son:

- **Ancho de Banda (BW):** opera en una frecuencia de banda ISM de 433, 868 y 915 MHz con un ancho de banda entre 125, 250 y 500 KHz.
- **Factor de Expansión (SF):** indica cuantos bits se codifican en cada símbolo, esto varía entre 7 a 12.
- **Tasa de Codificación (CR):** esto permite la detección y corrección de errores agregando un número adicional de bits CR al mensaje en el receptor. LoRa utiliza la técnica clásica de FEC (Corrección de Errores hacia Adelante).

La arquitectura LoRa se divide en dos niveles: Capa Física LoRa y la capa MAC de LoRaWAN. se puede observar la arquitectura en la siguiente imagen.

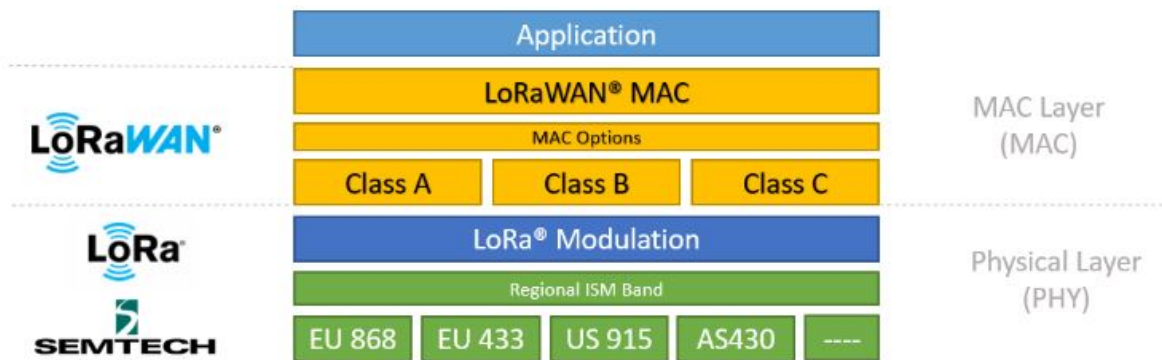


Figura 1.4: Arquitectura LoRa.[14]

- **Capa Física LoRa:** En este nivel se encuentra la banda de frecuencia que se utilizan de acuerdo al país o a la región en la que se encuentren. Como se aprecia en la imagen, en cada país tienen diferentes bandas de operación ISM.
- **Capa MAC de LoRaWAN:** Esta capa permite la regula el acceso a la red de dispositivos LoRa. Además, si un dispositivo nuevo quiere unirse a la red esta deberá pedir un permiso que es otorgado por la capa MAC. Esta maneja tres tipos de dispositivos manejado por clases: los dispositivos de clase A se centran en la eficiencia energética, en el caso de la clase B son dispositivos centrados en realizar transmisiones y recibir dichas transmisiones de forma sincronizada, es decir, un sistema de seguimiento en tiempo real y por último la clase C la cual son dispositivos que pueden recibir datos en cualquier momento,

incluso cuando existe una transmisión de por medio estos dispositivos tienen un mayor consumo de energía. [15]

Este tipo de tecnología nos permite una comunicación a largo alcance y de bajo consumo y usualmente se utiliza para redes de sensores de campo o en para áreas rurales.

1.5. Protocolo de Comunicación del Proyecto

Al analizar cuáles son los protocolos de comunicación disponibles, la elección del protocolo correcto dependerá de la aplicación del dispositivo, consumo de energía, velocidad de transmisión y la eficacia de la comunicación. Este tipo de protocolos de comunicación nos ha permitido crear sistemas de control aplicados a proyectos IoT permitiendo tener sectores inteligentes.

A continuación, se detalla una tabla con datos más específicos de cada protocolo mencionado.

Tabla 1.3: Características de los protocolos de comunicación.

Características	Wi-Fi	Zigbee	Bluetooth	LoRa
Tipo de Comunicación	LAN inalámbrica (Local)	PAN inalámbrica (Personal)	PAN inalámbrica (Personal)	WAN inalámbrica (Amplio alcance)
Banda de Frecuencia	2.4 GHz y 5 GHz	2.4 GHz, 915 MHz y 868 MHz	2.4 GHz en banda ISM	Las frecuencias varían según la región un ejemplo 868 MHz en Europa y 915 MHz en América del Norte
Seguridad	WEP, WPA Y WPA2/WPA3	Utiliza cifrado AES-128 para proteger la comunicación entre dispositivos.	Emparejamiento seguro, autenticación y cifrado	Cifrado AES-128 y clasificación de dispositivos en Clases A, B o C
Transferencia de Datos	Su transferencia de datos es muy alta	Generalmente está en el rango de 20-250 Kbps pero suele variar dependiendo del estándar y la configuración	Bluetooth 2.1+EDR velocidad máxima de 3 Mbps. Bluetooth 4.0 y versiones posteriores tienen una velocidad máxima de 24 Mbps en modo BR/EDR y 2 Mbps en modo LE.	La velocidad típica de LoRa oscila entre 0.3 Kbps y 50 Kbps, es demasiado baja
Aplicaciones	Acceso a internet, dispositivos IoT, transmisión de datos	Aplicaciones de domótica y automatización industrial	Implementado en dispositivos móviles, auriculares, periféricos	Redes de sensores en áreas que abarcan varios kilómetros
Protocolo de Red	TCP/IP, capas OSI	Zigbee Alliance	Perfiles Bluetooth	LoRaWAN

El protocolo de comunicación Wi-Fi abarca una serie de estándares que permite

establecer conectividad a través de una red inalámbrica utilizando tecnología Wi-Fi. Esta configuración posibilita la creación de conexiones inalámbricas coherentes y eficientes para el proyecto. Su funcionamiento se basa en las especificaciones de la IEEE de la familia 802.11, lo que garantiza una sólida base técnica.

Una de las ventajas claves de este protocolo es la capacidad para operar en diversas frecuencias, incluyendo 2,4 y 5 GHz, lo que proporciona una mayor flexibilidad en la transferencia de datos. Además, emplea técnicas de codificación para mejorar la calidad de transmisión. También implementa un esquema de acceso al medio que garantiza que los dispositivos compartan la misma frecuencia para lograr su conectividad.

La aplicación de este protocolo habilita la conectividad a internet, lo que proporciona la integración de los elementos como los teléfonos, computadoras y dispositivos IoT en el proyecto. Además, posibilita la gestión eficiente de la comunicación entre dispositivos, lo que permite compartir algoritmos esenciales para la generación de soluciones de automatización residencial.

Se tuvo que analizar varios factores al momento de elegir este protocolo de comunicación, pero la opción más favorable para el proyecto fue su alta transferencia de datos y que el módulo Wi-Fi permite obtener comunicación inalámbrica.



Figura 1.5: Comunicación Wi-Fi. [16]

1.6. Asistentes Controlados por Voz

Los asistentes virtuales de voz son programas de software basados en sistemas de inteligencia artificial que permite a los usuarios interactuar mediante el reconocimiento del lenguaje natural, ejecutando tareas basadas en instrucciones verbales. Estos sistemas de Inteligencia Artificial reconocen y comprenden comandos de voz, respondiendo adecuadamente y controlando dispositivos domóticos, lo que se convierte en herramienta versátiles para la interacción usuario-dispositivo.

Actualmente existen en el mercado dispositivos que permiten al usuario mejorar su bienestar y estilo de vida. Estos dispositivos han ganado mucha popularidad ya que permiten obtener un hogar automatizado mejorando el bienestar de las personas y reduciendo el esfuerzo físico y manual dentro de la misma. La tecnología se encuentra en desarrollo y se está implementando en electrodomésticos para que logren ser compatibles a un sistema inteligente para la automatización, brindando seguridad y comodidad al usuario y a su vez permitiendo la reducción de costos en el consumo eléctrico.

Entre los asistentes de voz que existen actualmente tenemos varios tipos y varios modelos, los cuales se encuentran en constante desarrollo tales como Amazon, Google Assistant, Siri y Cortana.[17]



Figura 1.6: Ejemplo de un Asistente de voz.

1.6.1. Amazon Alexa

Es un asistente virtual de la empresa Amazon, que permite a los usuarios interactuar con dispositivos y servicios mediante comandos de voz. El dispositivo

conocido como "Echo" se conecta con Alexa Voice Service que permite la interacción del asistente de voz con el usuario permitiendo reproducir música, realizar llamadas, enviar y recibir mensajes.

Este altavoz inalámbrico inteligente representa una innovación en la tecnología del hogar, ya que incorpora el asistente personal Alexa. Este sistema revolucionario nos permite interactuar con el altavoz a través de comandos de voz, lo que significa que podemos realizar preguntas y a su vez obtener respuestas de manera instantánea. Este proceso de comprensión de comandos de voz se basa en un sistema de Inteligencia Artificial en la nube de Alexa Voice Service que permite la interpretación de las instrucciones dadas, también nos proporciona la fácil integración de los dispositivos en nuestro entorno.

A continuación, en la tabla 4, se describen las especificaciones de Amazon Alexa:

Tabla 1.4: Características de Amazon Alexa

Característica Generales	Característica Específicas
El reconocimiento de voz avanzado capacita a un altavoz inteligente para identificar palabras o frases del lenguaje natural con precisión, lo que le permite proporcionar respuestas adecuadas y ejecutar acciones solicitadas.	El asistente de voz Alexa permite la creación de rutinas personalizadas que facilitan la ejecución de comandos de voz específicos para controlar dispositivos domésticos.
La compatibilidad en el hogar inteligente abarca una amplia gama de dispositivos domóticos, que incluyen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de iluminación ▪ Sistema de Seguridad ▪ Sensores ▪ Cortinas Inteligentes ▪ Sistemas de Rociadores de Jardín y Aspersores 	Amazon Alexa se conecta a diferentes sistemas y dispositivos; en este caso, es compatible con: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wi-Fi compatible con redes de doble banda 802.11a/b/g/n/ac en las frecuencias estándar de 2.4 y 5 GHz. ▪ No admite conexiones Wi-Fi ad hoc (peer to peer). ▪ Bluetooth permite emparejar los altavoces inteligentes con teléfonos móviles o tablets. ▪ Zigbee.
Alexa dispone de habilidades personalizadas en áreas como comunicación, navegación, actualizaciones de noticias, tiempo y juegos.	Alexa está diseñada para mantener conversaciones naturales gracias al desarrollo de algoritmos de Inteligencia Artificial.
Permite la integración con servicios en línea como Amazon Prime, Amazon Music, Spotify, Apple Music y otros servicios compatibles.	Multiusuario: reconoce múltiples voces y se adapta a las preferencias de cada usuario.
Alexa permite realizar compras utilizando Amazon.	Echo Show y pantallas inteligentes que permiten ver contenido visual.
Ofrece características avanzadas para el control de dispositivos domóticos, como la capacidad de agrupar dispositivos y crear rutinas personalizadas. También posibilita el control de una variedad de dispositivos por voz, incluidos dispositivos multimedia, luces y termostatos.	A través del desarrollo del software (SDK) se puede crear habilidades personalizadas que permiten agregar funcionalidades adicionales al asistente.

1.6.2. Google Assistant

Dispositivo desarrollado por Google, es un asistente que responde preguntas, controla elementos domóticos y más. El altavoz inteligente se vincula con el asistente de Google, lo que permite el control mediante comandos de voz. Este sistema habilita la comunicación del usuario con el dispositivo que para ejecutar las órdenes dadas. Google Home también nos ofrece la posibilidad de conectar dispositivos de un hogar inteligente. Además, cuenta con funciones nocturnas que reducen el volumen durante las horas de la noche para evitar molestias.

Características:

Tabla 1.5: Características de Google Assistant

Características Generales	Características Específicas
Google Assistant tiene la capacidad para comprender y responder a comandos de voz en un lenguaje natural con precisión.	Integración con Google Home que permite el control del hogar inteligente.
Mantiene una sólida compatibilidad con el hogar inteligente, permitiendo la interacción fluida con dispositivos domóticos. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistemas de Iluminación ▪ Tomacorrientes y regletas inteligentes. ▪ Electrodomésticos ▪ Sistemas de seguridad 	Google ofrece varios protocolos de comunicación como: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wi-Fi ▪ Bluetooth ▪ Protocolo de hogar inteligente: utiliza APIs y protocolos de automatización para el hogar ▪ Chromecast y Protocolo Cast
Eficaz búsqueda en la web ya que utiliza el explorador de Google. Además, integra una variedad de servicios de Google, incluyendo Gmail, calendario, mapas, fotos y más, lo que facilita la gestión de múltiples tareas y servicios.	Google Duplex realiza llamadas telefónicas para realizar reservas y programar citas.
Google Assistant tiene amplia integración con los dispositivos Android.	Permite al asistente de Google traducir palabras y frases a diferentes idiomas.
Permite gestionar tareas	Mantiene una conversación continua.
Tiene varias aplicaciones que se pueden implementar como la comunicación, traducciones, direcciones, música y entretenimiento.	Control de dispositivos Chromecast para transmitir contenido multimedia en televisores o altavoces.
	Visualización en pantallas inteligentes

1.6.3. Microsoft Cortana

Este sistema desarrollado por Microsoft, Cortana implementa tecnologías de procesamiento de lenguaje natural permitiendo la interacción con el ser humano. A diferencia de otros asistentes virtuales, como Google Assistant o Amazon Alexa, Cortana está más integrado en el ecosistema de Microsoft y se utiliza principalmente en dispositivos Windows, incluyendo computadoras y dispositivos móviles. Microsoft tomó la decisión de cambiar su enfoque de mercado y se asoció con Amazon para permitir que los dispositivos integren Cortana y de esta manera, ayuden en la realización de ciertas tareas. Esta colaboración busca aprovechar las fortalezas de Cortana en combinación con las capacidades de otros asistentes virtuales.

Características:

Tabla 1.6: Características de Microsoft Cortana

Características Generales	Características Específicas
Reconocimiento de voz que comprende el lenguaje natural proporcionando respuestas a preguntas y comandos que se han pedido	Cortana se encuentra integrado en el sistema operativo de Windows proporcionando una amplia gama de funciones.
Este sistema permite el control de lo que sucede en casa con el asistente virtual de Microsoft. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Iluminación ▪ Temperatura ▪ Slim Smart Plug de TP-Link: gestión de los electrodomésticos. 	Interacción con el ecosistema de Microsoft y los dispositivos que se encuentran disponibles con este software. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dispositivos Windows ▪ Conexión a una Red Wi-Fi
Permite realizar búsquedas de dispositivos, archivos, aplicaciones y configuraciones en Windows, además de facilitar la gestión de reuniones, eventos y recordatorios, y proporciona interacción con el explorador de Windows.	Disponible en dispositivos móviles, esta función brinda un control total del hogar. Las rutinas de hogar inteligente ofrecen una forma eficiente de automatizar diversas acciones en tu casa.
Cortana se integra con servicios de Microsoft.	Integra un entorno empresarial a través de Microsoft 365.
Cortana ha habilitado el desarrollo de habilidades para expandir sus capacidades como crea listas de tareas y toma notas utilizando comandos de voz	

1.6.4. Apple Siri

Asistente de voz diseñado por Apple, siendo un sistema de inteligencia artificial que emplea el procesamiento de lenguaje natural para interactuar con varios dispositivos. Siri es el asistente digital desarrollado por Apple y está especialmente diseñado para funcionar de manera integrada con dispositivos iPhone y iPad. Entre los altavoces inteligentes más destacados que incorporan la tecnología de Siri se encuentran los dispositivos HomePod y HomePod mini de Apple.

Características:

Tabla 1.7: Características de Siri

Características Generales	Características Específicas
Procesamiento del Lenguaje Natural que puede entender el lenguaje humano en forma de preguntas y comandos.	Siri en Apple permite enviar mensajes, realizar llamadas y utiliza la navegación de mapas.
Integración de los dispositivos Apple, incluidos iPhone, iPad, Apple Watch, Mac y Apple TV.	El usuario puede crear una secuencia de archivos personalizados en el cual se realiza las acciones con un solo comando
Cortan permite el control de sistemas operativos para realizar una variedad de tareas.	Integración con Apple CarPlay proporciona el control mediante comandos de voz mientras conduce.
Siri se integra con aplicaciones nativas de Apple.	Enfatización en la privacidad
Siri puede gestionar una amplia variedad de dispositivos como: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Luces, termostatos, tomacorrientes, cerraduras de puertas, cámaras de seguridad y más ▪ Automatización del hogar 	Siri, el asistente virtual de Apple, utiliza diversas formas de conectividad para comunicarse y brindar sus servicios. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Red Móvil y Wi-Fi ▪ Conexión de Datos Celulares ▪ Bluetooth ▪ Red de Hogar ▪ Redes Privadas Virtuales (VPN)
Siri está diseñado para reconocer las voces de diferentes usuarios, lo que permite que el dispositivo ofrezca respuestas personalizadas a cada uno	

1.7. Análisis entre Asistentes de voz

Tabla 1.8: Comparación de Asistentes Controlados por Voz

Particularidad	Amazon Alexa	Google	Microsoft Cortana	Apple Siri
Dispositivos Compatibles	Se extiende desde los dispositivos propios de Amazon, como los altavoces Echo y tabletas Fire, hasta una amplia gama de dispositivos de terceros que incluyen luces inteligentes, cámaras de seguridad y electrodomésticos.	Google Assistant es compatible con dispositivos Android, Google Home y Chromecast, así como dispositivos de terceros por ejemplo cerraduras inteligentes. Su compatibilidad con elementos domóticos puede ser limitada.	Cortana limita su presencia en dispositivos de terceros y enfocándose más en el ámbito empresarial, lo que redujo su compatibilidad en la automatización del hogar.	Siri se encuentra en dispositivos Apple, pero su compatibilidad con terceros es limitada. También se integra con el ecosistema HomeKit de Apple, incluyendo dispositivos domóticos como luces y termostatos.
Reconocimiento de Voz	Reconoce con gran precisión el reconocimiento de voz, aunque puede verse afectada por ruido ambiental o acentos regionales.	Se destaca por su precisión en el reconocimiento de voz gracias a la tecnología de análisis del lenguaje natural de Google.	Es precisa en el reconocimiento de voz, pero se enfoca principalmente en tareas de productividad y oficina, como programar reuniones y enviar correos electrónicos.	Buena exactitud en la identificación del reconocimiento de voz y se destaca en la comprensión de comandos relacionados con el ecosistema Apple, como mensajes y llamadas.
Funciones Domóticas	Varios dispositivos domóticos compatibles, permite la automatización de tareas mediante rutinas personalizadas y la integración con aplicaciones y servicios de terceros.	Es compatible con una gran variedad de dispositivos domóticos, permite la creación de rutinas para automatizar acciones y se integra con Google Home para facilitar la administración.	Se ha centrado en soluciones empresariales y ofrece capacidades de automatización limitadas en dispositivos domóticos.	Se integra con dispositivos compatibles con HomeKit, ofreciendo un control centralizado a través de la aplicación Casa en dispositivos iOS

Tabla 1.9: Comparación de Asistentes Controlados por Voz

Particularidad	Amazon Alexa	Google	Microsoft Cortana	Apple Siri
Ecosistema	Se integrada en los dispositivos Echo de Amazon y en una amplia gama de dispositivos de terceros. Tiene una amplia selección de habilidades que permiten una personalización.	Está integrado en varios dispositivos, incluyendo teléfonos Android, altavoces Google Home y más. Su capacidad de búsqueda es excepcional debido al ingreso a la base de datos de Google.	El ecosistema de Cortana se ha centrado principalmente en el ámbito empresarial y de productividad.	Se encuentra en dispositivos Apple, como iPhone, iPad, Apple Watch y HomePod. Funciona bien en el ecosistema de Apple.
Enfoque	Alexa se destaca por su enfoque en el hogar inteligente y su capacidad de personalización.	Su enfoque principal es proporcionar información rápida y simplificar las tareas cotidianas, como responder preguntas, ofrecer recomendaciones y controlar dispositivos domóticos en el hogar.	Cortana se enfoca en el entorno empresarial y la gestión de tareas profesionales.	Se enfoca principalmente para tareas como enviar mensajes, realizar llamadas, establecer recordatorios y controlar dispositivos domóticos compatibles.
Integración de Sistemas Operativos	Se centra en dispositivos de terceros como altavoces inteligentes	Está integrado en dispositivos Android y altavoces Google Home	Está integrado en Windows	Se encuentra en dispositivos Apple.

1.8. Ventajas y Desventajas de Asistentes Controlados por Voz

Tabla 1.10: Ventajas y desventajas

Asistentes	Ventajas	Desventajas
Amazon Alexa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Amplia gama de compatibilidad con dispositivos domóticos. ▪ Buena comprensión y respuesta efectiva a comandos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integración limitada con los servicios de Google.
Google Assistant	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Búsqueda eficiente que proporciona respuestas de alta calidad. ▪ Eficaz interacción con dispositivos de hogar inteligente, Chromecast y Nest. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitaciones en dispositivos que no permiten conexiones con terceros.
Microsoft Cortana	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Correcta integración con productos de Microsoft. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enfoque principalmente empresarial y menos funcionalidad en el hogar.
Siri	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enfoque principal en la privacidad e integración con el ecosistema Apple. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siri está limitado a dispositivos Apple.

Amazon Alexa tiene una amplia compatibilidad con dispositivos de terceros y su enfoque centrado en dispositivos Echo. Por otro lado, Cortana, Siri y Google Assistant exhiben sus propias fortalezas dentro de sus respectivos ecosistemas y se utilizan principalmente en dispositivos específicos de sus marcas correspondientes.

1.9. Elección de asistente de voz: Amazon Alexa

El asistente virtual elegido para este proyecto es Amazon Alexa. Este dispositivo se encuentra integrado en un altavoz inteligente desarrollado por Amazon llamado Echo, el cual utiliza una conexión a internet. Amazon Echo Dot es un dispositivo diseñado para controlar un hogar inteligente por medio de comando verbales, el dispositivo es el más popular y más utilizado por Amazon el cual integra varias funcionalidades tales como escuchar musica, realizar llamadas, proporcionar información, controlar dispositivos para hogares inteligentes, entre otras.[18]

Cuando se le dan comandos verbales, Alexa capta las instrucciones y las transmite a la plataforma de nube de Amazon Web Services, donde reside el Servicio de Voz de Amazon. Estas instrucciones son transformadas en lenguaje de programación de máquina y sometidas a procesamiento en el mencionado Servicio de Voz de Amazon. Posteriormente, la información procesada se convierte nuevamente en una respuesta audible, que es entregada al usuario por parte de Alexa.[17] El proceso de funcionamiento se demuestra en la siguiente figura.



Figura 1.7: Funcionamiento de Amazon Alexa.

1.10. Dispositivos de Control

1.10.1. Arduino IDE

Arduino IDE es un software de código abierto y su principal objetivo es crear un compilador que convierte un código realizado en módulos Arduino. Este se encuentra disponible y compatible con dispositivos que ejecutan sistemas operativos como MAC, Windows o Linux y funciona en conjunto con la plataforma Java. Este IDE contiene funciones e instrucciones integradas necesarias para depurar, modificar y compilar programas en el entorno de codificación. El código principal se conoce como "sketch"(boceto) genera un archivo HEX el cual deberá cargarse en un módulo controlador sea propiamente de Arduino o que tenga compatibilidad con Arduino. El traspaso o la carga de este archivo se realiza por medio de un cable propiamente para el módulo controlador. Existen dos componentes esenciales en el entorno de Arduino IDE: el compilador y el editor. El primer componente se utiliza para escribir el código necesario, luego se combina y se carga en el módulo Arduino correspondiente.[19]

1.10.2. Modulo WiFi ESP8266

El ESP8266 es un modulo WiFi el cual ha ganado mucha popularidad ya que este modulo se encuentra en varios dispositivos aplicados a IoT y a sistemas domóticos utilizando conectividad inalámbrica. Este modulo WiFi es de bajo costo y a su vez de un bajo consumo. [20]

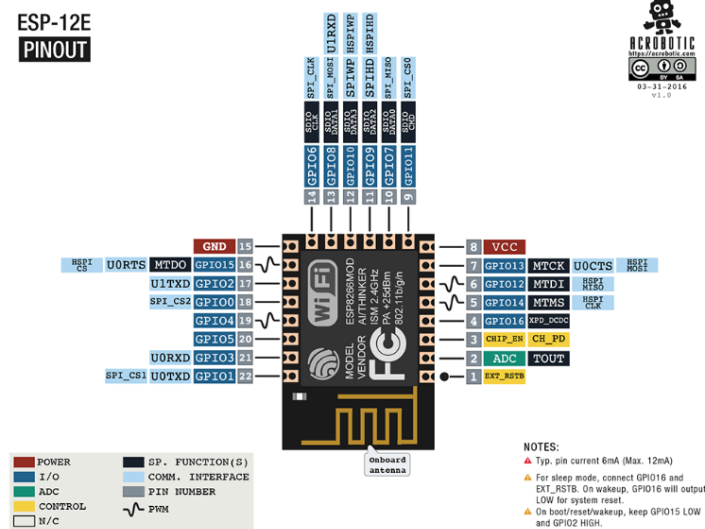


Figura 1.8: Módulo WiFi ESP8266. [21]

Entre sus características tenemos:

- **WiFi:** 802.11 b/g/n
- **Voltaje Alimentación:** 3.3 volts DC
- **Frecuencia de Reloj:** 80MHz/160MHz
- **Memoria RAM:** 96KB
- **Memoria FLASH:** 4MB
- **Pines Digitales:** 17
- **Pines Analógicos:** 1 pin analógico ADC

1.10.3. Compatibilidad placas de desarrollo ESPx con Arduino IDE

En el caso de módulos controladores con placas basadas en ESPx, se deberán instalar librerías desde la fuente de sus fabricantes para poder tener compatibilidad con el archivo HEX y el entorno de Arduino. Para ello en las Preferencias de Arduino IDE se deberá agregar en el gestor de URLS (link) el URL correspondiente de cada tarjeta que se desee adicionar para proceder a la descarga de las librerías correspondientes.[22]

Las URLs proporcionados por lo fabricantes para las placas ESPx más comunes son las siguientes:

- https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json
- http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json

Luego se deben agregar las tarjetas a utilizar, en este caso tarjetas ESPx desde el Gestor de Tarjetas del entorno de Arduino. Esto nos permite acceder a todas las tarjetas ESPx disponibles. Para proceder a utilizar el módulo y realizar el programa a utilizar, se deberá definir los puertos del módulo Wi-Fi como entrada o salida. A estos puertos se los representa generalmente como "Dx" los cuales pueden ser desde D0 hasta D15 o D19, esto depende de cuantos puertos de entrada o salida dispondrá el módulo. Esto da como resultado la interoperabilidad con otros comandos empleados en el código de comandos tales como `analogRead`, `digitalWrite`, entre otros. [22]

1.11. Actuadores

Los actuadores desempeñan un papel esencial al convertir señales eléctricas o digitales en acciones físicas. Su importancia radica en su capacidad para traducir comandos o instrucciones en movimiento o cambios en el entorno físico. Se emplean en una amplia variedad de usos, desde la apertura de válvulas en sistemas industriales hasta el control de dispositivos en la automatización del hogar. Además, estos dispositivos son componentes esenciales en los sistemas de automatización y control, permitiendo que los asistentes controlados por voz interactúen con los sistemas domóticos.

- **Actuadores de Iluminación:** Los actuadores de iluminación son elementos esenciales en sistemas de control de iluminación y domótica, encargados de regular la intensidad lumínica o encender y apagar las luces, ya sea por instrucciones del usuario o de un sistema automatizado. Algunos ejemplos incluyen interruptores inteligentes, reguladores de luz para ajustar la intensidad, bombillas inteligentes con opciones de control remoto y sensores de luz que responden automáticamente a la luminosidad ambiental.

Tabla 1.11: Lámparas Incandescentes[23]








Lámparas Incandescentes		
<i>Nombre</i>	<i>Características</i>	<i>Imagen</i>
Lámpara Estándar	Lúmenes: 280 / 630 1250 / 2900 Lm Potencia: 40 / 60 / 100 150 / 200 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámpara Esférica	Lúmenes: 120 / 140 / 260 360 / 415 420 Lm Potencia: 25 / 40 / 60 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 – E14 Frecuencia: 50/60Hz	

Tabla 1.12: Lámparas Fluorescentes[23]

Lámparas Fluorescentes		
<i>Nombre</i>	<i>Características</i>	<i>Imagen</i>
Tubo Fluorescentes	Lúmenes: 1750 / 3100 4450 / 7000 Lm Potencia: 24 / 39 / 54 80 W Voltaje: 230 V Casquillo: G5 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas velas	Lúmenes: 429 Lm Potencia: 11 W Voltaje: 230 V Casquillo: E14 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas mosquiteras	Potencia: 7 / 11 / 18 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Estándar	Lúmenes: 950 Lm Potencia: 15 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas reflector	Lúmenes: 280 Lm Potencia: 11 W Voltaje: 220 V Casquillo: E14 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas espiral	Lúmenes: 550 / 1960 Lm Potencia: 11 W Voltaje: 230 V Casquillo: E14 Frecuencia: 50/60Hz	




Lámparas globo	Potencia: 25 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas tubos	Potencia: 10 / 30 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas esféricas	Lúmenes: 420 / 430 Lm Potencia: 9 / 10 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 – E14 Frecuencia: 50/60Hz	

Tabla 1.13: Lámparas Halógenas[23]







Lámparas Halógenas		
<i>Nombre</i>	<i>Características</i>	<i>Imagen</i>
Lámpara Estándar	Lúmenes: 630 / 1225 Lm Potencia: 42 / 70 / 105 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Velas	Lúmenes: 380 / 625 Lm Potencia: 28 / 42 W Voltaje: 230 V Casquillo: E14 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Esféricas	Lúmenes: 350 / 360 / 380 631 / 630 / 650 Lm Potencia: 28 / 42 0W Voltaje: 230 V Casquillo: E14 - E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Reflectoras	Potencia: 40 / 60 / 100 W Voltaje: 220 V Casquillo: E14 - E27 Frecuencia: 50/60Hz	

Tabla 1.14: Lámparas LED





Lámparas Led[23]		
<i>Nombre</i>	<i>Características</i>	<i>Imagen</i>
Diodos Led	Lúmenes: 55 Lm Potencia: 1 W Voltaje: 3 - 12 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Lineal	Lúmenes: 1550 / 1830 Lm Potencia: 12 / 13 W Voltaje: 220 V Casquillo: R7s Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas tubos	Lúmenes: 1020 / 1100 / 1200 1700 / 1320 / 1650 1750 / 1800 / 2000 2100 / 2200 / 2300 2400 / 2500 / 2800 3 100 / 120 Lm Potencia: 10 / 11 / 12 15 / 18 / 20 W Voltaje: 230 V Casquillo: G10Q - G13 - G5 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Pastilla	Lúmenes: 470 / 700 Lm Potencia: 6 / 7 W Voltaje: 220 V Casquillo: GX53 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Par	Lúmenes: 633 / 1035 / 1400 1850 / 2000 Lm Potencia: 10 / 12 / 15 20 W Voltaje: 220 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz	
Lámparas Reflectoras	Lúmenes: 110 / 1200 / 1490 323 / 450 / 630 650 / 860 / 900 Lm Potencia: 1,5 / 12 / 15 4 / 6 / 7 / 8 9 W Voltaje: 220 V Casquillo: E14 - E27 Frecuencia: 50/60Hz	

<p>Led tubular</p>	<p>Lúmenes: 1000 / 1050 / 1100 400 / 460 / 806 900 Lm Potencia: 10 / 12 / 4.5 5 / 7 / 8 / 9 W Voltaje: 230 V Casquillo: E14 - E27 - GU10 Frecuencia: 50/60Hz</p>	
<p>Led alta potencia</p>	<p>Lúmenes: 13000 / 1900 / 2150 2550 / 3000 / 3320 3400 / 4000 / 4100 4800 / 5000 Lm Potencia: 20 / 24 / 25 30 / 40 / 41 50 / 70 / 90 W Voltaje: 220 V Casquillo: E27 - E40 Frecuencia: 50/60Hz</p>	
<p>Lámparas globo</p>	<p>Lúmenes: 1022 / 1030 / 1200 1300 / 1325 / 1340 1400 / 1521 / 1600 1700 / 1830 / 1870 2350 / 2400 / 2450 Lm Potencia: 12 / 13 / 14 16 / 18 / 19 22 W Voltaje: 230 V Casquillo: E27 Frecuencia: 50/60Hz</p>	
<p>Lámparas Estándar</p>	<p>Lúmenes: 1055 / 1060 / 1080 / 1100 1160 / 1200 / 1350 / 1500 1540 / 1550 / 1530 / 1600 1650 / 1800 / 1820 / 1850 1900 / 2000 / 2150 / 2300 2400 / 2450 / 2452 / 2490 2542 / 3412 / 3452 / 470 500 / 550 / 765 / 800 / 806 810 / 820 / 850 / 900 Lm Potencia: 10 / 11 / 12 / 13 15 / 16 / 18 / 19 20 / 21 / 24 / 4 5.5 / 6.5 / 7 / 8 9 W Voltaje: 12 - 24 - 220 V Casquillo: E14 - E27 Frecuencia: 50/60Hz</p>	

Lámparas con Sensor	<p>Lúmenes: 1000 / 1055 / 1100 300 / 470 / 806 Lm Potencia: 10 / 11 / 12 5 / 6 / 9 W Voltaje: 220 V Casquillo: E27 - GU10 Frecuencia: 50/60Hz</p>	
Lámparas Smart	<p>Lúmenes: 1500 / 1521 / 300 / 350 410 / 420 / 470 / 480 560 / 680 / 800 / 806 850 Lm Potencia: 13 / 14 / 4.5 5 / 9 W Voltaje: 220 V Casquillo: E14 - E27 - GU10 Frecuencia: 50/60Hz</p>	

- Relé:** Son dispositivos electromagnéticos esenciales en la automatización del hogar al permitir el control remoto de circuitos eléctricos. Se utilizan en diversas aplicaciones domóticas, como la gestión de iluminación, electrodomésticos, calefacción, cortinas y seguridad. Esto proporciona un control preciso y conveniencia en la automatización del hogar.

Tabla 1.15: Relé[24]

Tipos de Relés	Características	Gráfica
Potencia	Tensión Nominal: 12 / 24 / 120 V Carga Resistiva: 10A a 28Vcc o 240 Vca Carga Inductiva: 5A a 28Vcc o 120 Vca Tensión Máxima: 250Vca o 110Vcc Potencia Máxima: 3 W	
General	Tensión Nominal: 5V Carga Resistiva: 10A a 28Vcc o 240 Vca Carga Inductiva: 10A a 28Vcc o 120 Vca Tensión Máxima: 250Vca o 110Vcc Potencia Máxima: 300W	
Seguridad	Tensión Nominal: 24V Contacto AC: 1A - 15 Vca 3A - 15 Vca Contacto DC: 1A - 13 Vdc 3A - 13 Vdc Corriente de desconexión: 200 mA	
Sólido	Voltaje de entrada: 3 / 4 / 8 21 / 27 / 32 Vcc 100 / 120 / 240 Vca Tensión de salida: 24 / 200 / 400 Vca Corriente de salida: 5 / 10 / 20 / 25 40 / 50 / 75 A	

1.12. Diagrama de bloques de conexión del proyecto

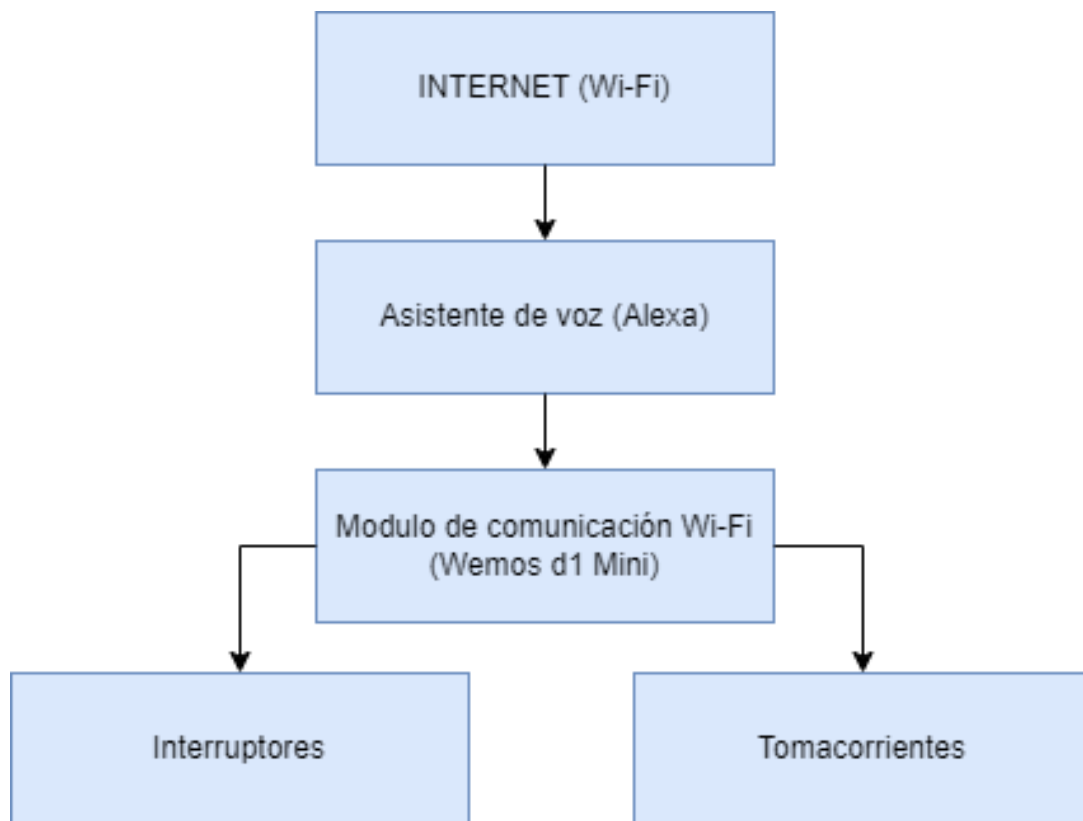


Figura 1.9: Diagrama de bloques.

Capítulo 2

MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este capítulo se tomo en consideración las características necesarias a nivel de hardware y software para el diseño e implementación de los prototipos, tales como la conexión Wi-Fi, el funcionamiento del asistente de voz, el módulo de comunicación, componentes electrónicos empleados, las consideraciones de diseño, el proceso de programación y los diseños implementados para la placa PCB de un módulo de interruptor y un módulo de tomacorriente, a su vez, el diseño de la caja de que protegerá los circuitos realizados de cada prototipo.

2.1. Diseño del hardware de control doméstico

A continuación, se detallará el proceso realizado el diseño y la implementación de cada prototipo del proyecto, teniendo en cuenta varios aspectos técnicos para un correcto funcionamiento.

2.2. Diseño e Implementación del módulo Interruptor o Conmutador

2.2.1. Selección de componentes

Para realizar el diseño de los prototipos, se realizó una búsqueda de un módulo WiFi de tamaño pequeño para la placa de control. Se optó por el microcontrolador

2.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO INTERRUPTOR O CONMUTADOR⁴⁶

Wemos d1 mini, el cual contiene el módulo WiFi Esp8266 y un tamaño de 34.2x25.6 mm, además maneja el protocolo de comunicación IEEE 802.11 g/b/n permitiendo así obtener comunicación inalámbrica; es compatible con Arduino IDE y utiliza el chip CH340 lo cual nos permite programar la placa desde el IDE de arduino.[25]

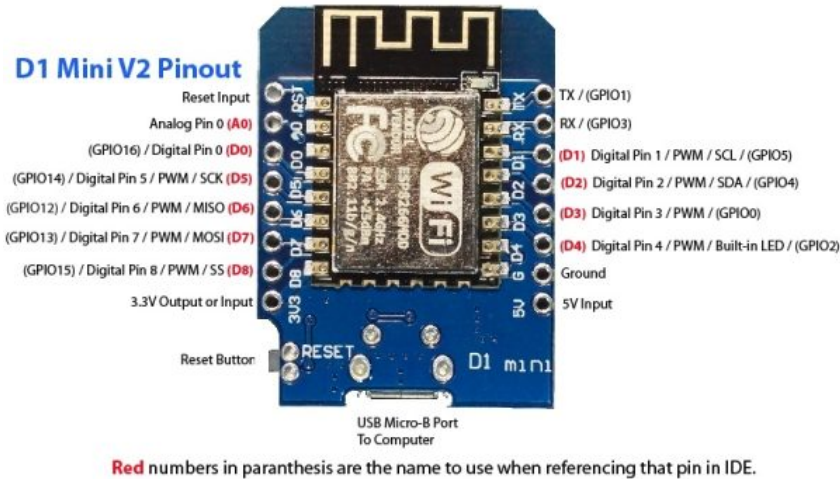


Figura 2.1: Microcontrolador Wemos D1 mini ESP8266. [26]

Este microcontrolador se destaca por ser de bajo costo a comparación de algunos microcontroladores que carecen de comunicación inalámbrica integrada.

Además se utilizaron componentes electrónicos como resistencias, transistores BJT, diodos, optoacopladores y relés de 5 voltios 10 amperios.

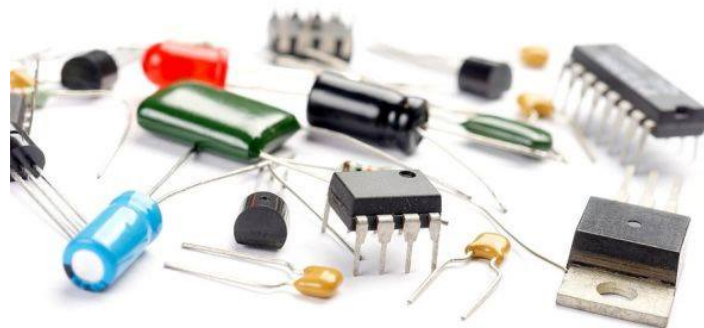


Figura 2.2: Componentes electrónicos. [27]

2.2.2. Diseño Esquemático

A. Funcionamiento

- Módulo WiFi:** El Wemos d1 mini es un microcontrolador que nos permite el manejo de uno o varios dispositivos por medio de sus pines de ingreso o salida. Este módulo nos hace la lectura de ingreso en el pin D6 el cual se encuentra conectado un interruptor físico, esto nos permite el control manual o WiFi del pin de salida D2 para permitir el control del relé.
- Ingreso Voltaje:** El modulo WiFi Wemos D1 mini enviará un voltaje de 3.3 volts a la salida otorgada (pin D2).
- Cambio de estado lógico:** El relé se activa con un nivel bajo de voltaje (0 voltios), lo que implica la necesidad de convertir el voltaje de entrada de 3.3 voltios a 0 voltios. Para lograr esto, el pin de salida está conectado al primer circuito de control, donde se emplea un transistor NPN como interruptor electrónico. Este transistor actúa permitiendo o bloqueando el paso de corriente, lo que permite cambiar el estado lógico del circuito de control.
- Activación Relé:** Como se mencionó anteriormente, el circuito de relé se activa en nivel bajo y opera con una corriente alterna de 110 voltios. Para garantizar su protección, se incorpora un circuito de seguridad. Este circuito incluye un diodo en paralelo a la bobina del relé, diseñado para bloquear el flujo de corriente inversa. Además, se utiliza un transistor NPN como interruptor, tal como se mencionó anteriormente, para controlar eficazmente el funcionamiento del relé.

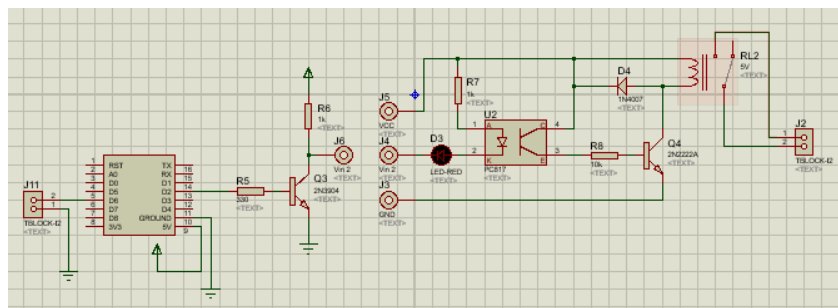


Figura 2.3: Diagrama esquemático interruptor (conmutador).

B. Especificaciones circuito de control relé

Para controlar la parte de potencia (relé), se utilizó el circuito de módulo relé activo en nivel bajo (0 volts), a continuación se detallan las especificaciones de trabajo del circuito:

- **Corriente de ingreso circuito (I_{in}):** Al ser activo en nivel bajo (0 volts) no contiene corriente de ingreso al circuito.
- **Corriente de salida a bobina relé (I_{out}):** 70mA
- **Voltaje alimentación (V_{cc}):** 5 volts.
- **Voltaje de activación (V_{in}):** 0 volts.
- **Capacidad máxima en relé:** 125 Volts/10 Amperios.

C. Cálculos

Datos:

- $V_{CC} = 5\text{ V}$
- $I_{op} = 50\text{ mA}$
- $\beta = 150$
- $G = 10$
- $V_i = 3,3\text{ V}$
- $V_{BE} = 0,7\text{ V}$

Fórmulas y Desarrollo

1. Voltaje de colector-emisor:

$$V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$$

$$V_{CE} = \frac{5}{2} = 2,5\text{ V}$$

$$V_{RC} = 5 - 2,5 = 2,5\text{ V}$$

2.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO INTERRUPTOR O CONMUTADOR⁴⁹

2. Corriente de I_{R2} en función del voltaje del colector-emisor (V_{CE}) y el valor de R_C (resistor de colector):

$$I_{R2} = \frac{V_{RC}}{R_C}$$

En este caso, se impone una resistencia de $1\text{ k}\Omega$, entonces:

$$I_{RC} = \frac{2,5\text{V}}{1000} = 2,5\text{ mA}$$

$$\text{Donde } V_{RC} = V_{CC} - V_{CE}.$$

3. Corriente de base en función de la corriente de colector (I_c), el beta del transistor (β) y la ganancia optoacoplador (G):

$$I_B = \left(\frac{I_c}{\beta} \right) \times G$$

Relizamos el calculo de (I_b) con Ganancia de 10:

$$I_B = \left(\frac{I_c}{\beta} \right) \times G$$

$$I_B = \left(\frac{2,5\text{mA} + 50\text{mA}}{150} \right) = 0,35\text{ mA}$$

$$I_B = 0,35\text{mA} \times 10 = 0,7\text{mA}$$

Donde $I_{B(\text{sat})}$ es la corriente de base en saturación que se calcula usando la fórmula:

$$I_{B(\text{sat})} = I_B \times G = 7 \times 10^{-4} \times 10$$

4. Resistencia R_1 (resistencia de base) en función del voltaje de ingreso (V_i), la caída de voltaje base-emisor (V_{BE}), y la corriente de base en saturación ($I_{B(\text{sat})}$):

$$R_1 = \frac{V_i - V_{BE}}{I_{B(\text{sat})}}$$

$$R_1 = \frac{3,3 - 0,7}{7 \times 10^{-4} \times 10} = 371,42\ \Omega$$

Valores comerciales: $330\ \Omega$ o $390\ \Omega$. 1/2 watt

2.2.3. Criterios de diseño/especificaciones físicas

Para realizar el diseño del módulo de interruptor se parte del cajetin rectangular metálico que va empotrado en la pared de los hogares. En la fig 2.4 se puede observar las medidas correspondientes del cajetin.

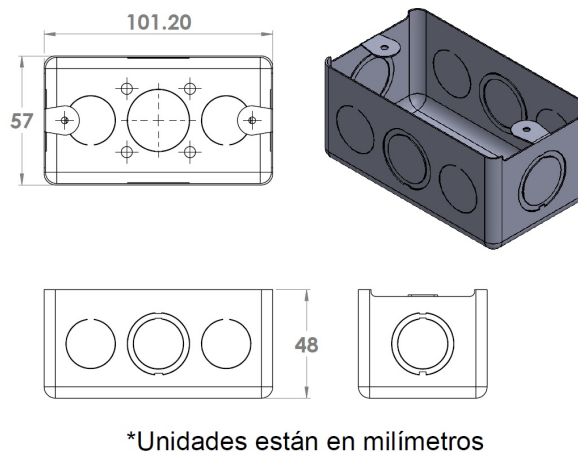


Figura 2.4: Cajetin metálico [28]

Para diseñar la placa PCB y la caja del módulo de interruptor se consideró las dimensiones de interruptores existentes en el mercado, en la figura 2.5 se observa las dimensiones generales que tiene un interruptor, la parte fundamental para realizar el diseño fue la parte interior, ya que esta parte sobresale unos 30 mm aproximadamente dependiendo del modelo.

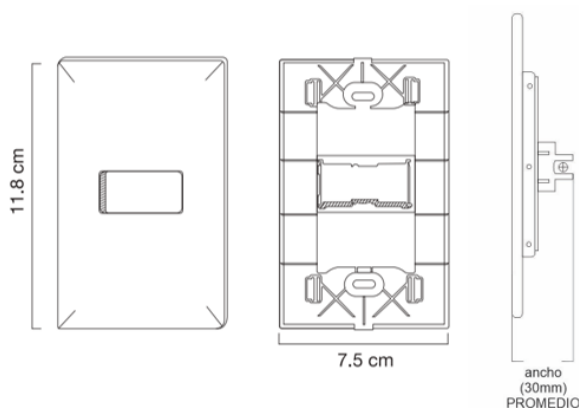


Figura 2.5: Medidas interruptor [29]

2.2.4. Diseño PCB

Se utilizará el software Altium Design para realizar el circuito en una placa PCB.

Es crucial optimizar la ubicación de los componentes, como se ilustra en la Figura 2.7 ya que nos permite lograr una placa PCB de tamaño reducido (58x36 mm). En la Figura 2.6 la placa PCB. En la parte de Anexos E se puede observar las dimensiones de la placa PCB.

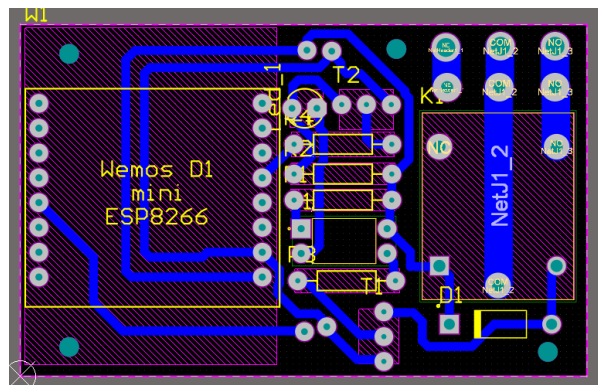


Figura 2.6: PCB interruptor vista pistas de conexión

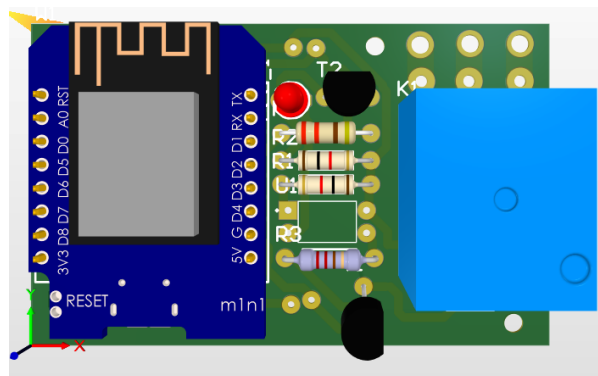


Figura 2.7: PCB interruptor vista 3D

2.2.5. Diseño de la caja del módulo Interruptor

Se tomaron las medidas respectivas del cajetín metálico especificado en la Figura 2.4 y las medidas del interruptor físico detallado en la Figura 2.5 para poder diseñar la caja del módulo interruptor. También se consideraron las medidas respectivas de la placa PCB obtenida y la fuente utilizada en el prototipo la cual es de

2.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO INTERRUPTOR O CONMUTADOR⁵²

21x21 mm.

Se realizó el diseño de la caja con el software Autodesk Inventor. En la figura 2.8 se observa el diseño final de la caja del interruptor, en la figura 2.9 la tapa protectora que va a la caja y en la figura 2.10 se observa como queda en conjunto la tapa y la caja del módulo interruptor.

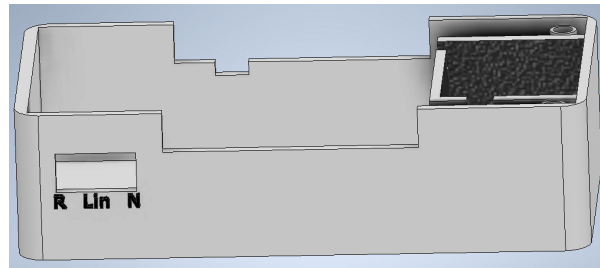


Figura 2.8: Vista de caja de aplicación (interruptor)

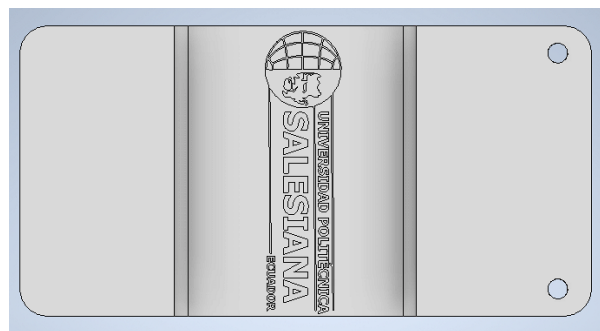


Figura 2.9: Tapa de caja de aplicación (interruptor)

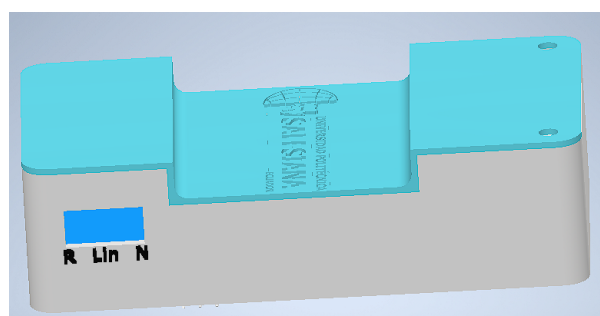


Figura 2.10: Vista general de caja de aplicación (interruptor)

En la figura 2.11 se observa como quedaría la placa PCB implementada en la caja del módulo interruptor y las dimensiones utilizadas para el desarrollo de esta caja se encuentran en la parte de Anexo C.

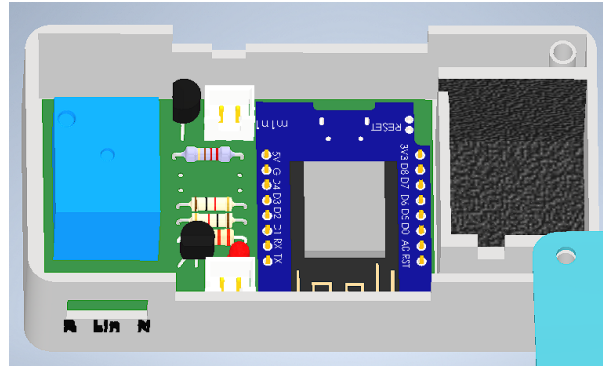


Figura 2.11: Vista final de caja de aplicación (interruptor)

2.2.6. Ensamble

El ensamblaje de los componentes del módulo se realizó de acuerdo a la Figura 2.7 quedando similar a como se aprecia en la Figura 2.12 y en la Figura 2.13.



Figura 2.12: Soldadura de componentes en placa.

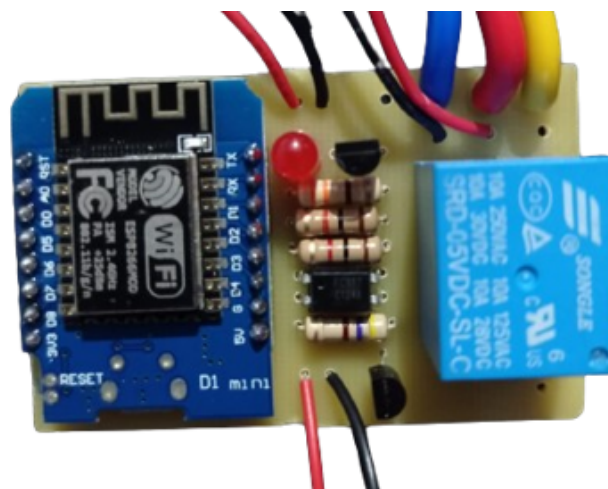


Figura 2.13: Placa funcional de interruptor.

2.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO INTERRUPTOR O CONMUTADOR⁵⁴

En la Figura 2.14 se presenta la simbología del esquema de alimentación que se utilizó para realizar el módulo interruptor.

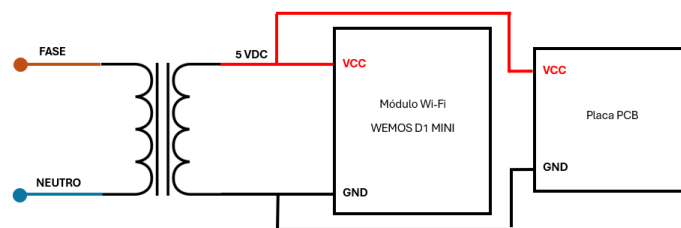


Figura 2.14: Esquema de alimentación del módulo interruptor.

En la Figura 2.15 se presenta el esquema que se utilizó para la alimentación del módulo interruptor. Utilizando una fuente de voltaje de un cargador de celular debido a su tamaño reducido (21x21 mm).

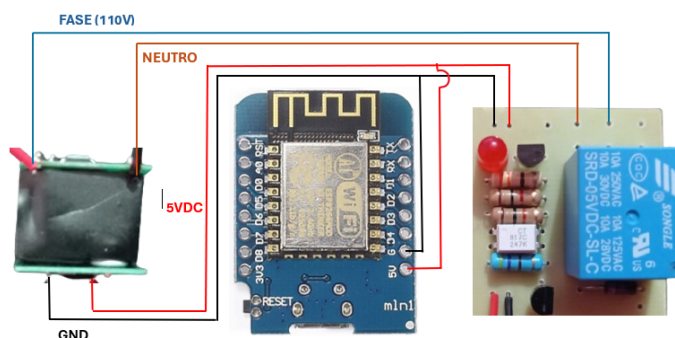


Figura 2.15: Conexión de alimentación interruptor

La Figura 2.16 muestra el prototipo del interruptor junto a la fuente y la caja del módulo. Además, la Figura 2.17 ofrece una vista detallada del diseño desde arriba y desde el frente, respectivamente.

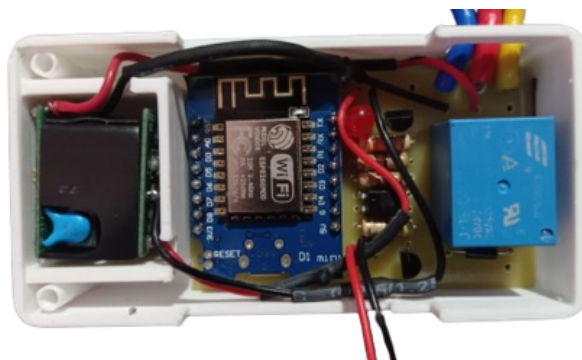


Figura 2.16: Vista superior de la caja de aplicación con la placa realizada.



Figura 2.17: Vista frontal y superior de la caja de aplicación interruptor.

2.3. Diseño e Implementación del módulo de Tomacorriente

2.3.1. Selección de componentes

Los componentes seleccionados para este circuito de control son los mismos elementos utilizados en el diseño del interruptor, los cuales se pueden observar en la Figura 2.1 para el módulo WiFi. Además, se emplearán los mismos componentes electrónicos en ambos diseños.

2.3.2. Diseño Esquemático

Se utiliza el software Proteus para realizar la simulación del circuito electrónico de un tomacorriente.

A. Funcionamiento

- **Módulo WiFi:** Se maneja dos pines de salida (pin D1 y D2) para el control de dos reles.
- **Ingreso Voltaje:** El modulo WiFi Wemos D1 mini enviará un voltaje de 3.3 volts a las salidas otorgadas (pines D1 y D2).

- **Cambio de estado lógico:** El funcionamiento del circuito de control opera de manera similar al del módulo interruptor; de hecho, ambos funcionan de la misma manera.
- **Activación Relé:** Del mismo modo, el circuito de activación del relé actúa de forma similar al módulo interruptor incluido con su circuito de protección.

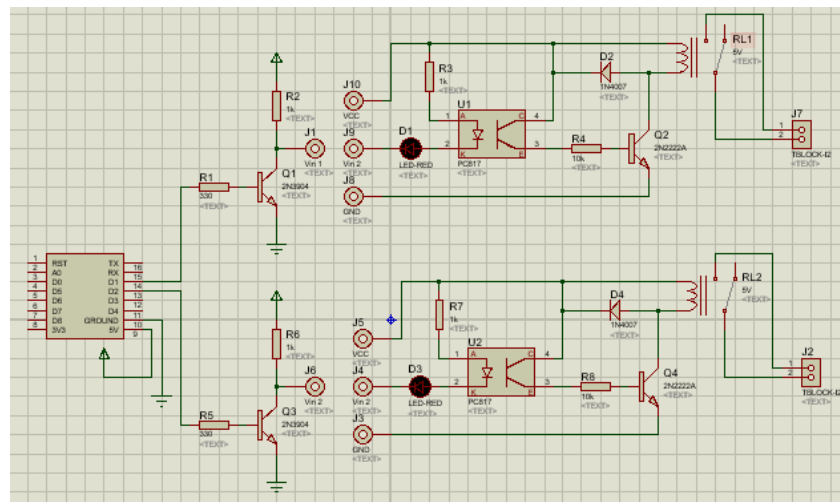


Figura 2.18: Diagrama esquemático tomacorriente en Proteus.

B. Especificaciones del circuito de control relé

Las especificaciones del circuito de control relé son idénticas a las descritas en el prototipo del módulo interruptor, ya que se emplea el mismo circuito de control.

C. Cálculos

El circuito diseñado para el tomacorriente es similar al circuito realizado para el interruptor, por lo tanto los cálculos realizados y las especificaciones del circuito de control de relé son los mismos, por lo tanto, se utilizarán los mismos valores obtenidos.

2.3.3. Criterios de diseño/especificaciones

En el diseño del prototipo del tomacorriente, se tuvieron en cuenta las dimensiones del cajetín metálico, tal como se ilustra en la Figura 2.4, el cual

corresponde al mismo cajetín utilizado en los tomacorrientes convencionales. Además, se consideraron las medidas de las distintas partes que componen un tomacorriente, como se muestra en la Figura 2.19, para garantizar la adecuada integración de todos los elementos en el diseño del prototipo.



Figura 2.19: Partes tomacorriente. [30]

La figura siguiente detalla las dimensiones del tomacorriente, las cuales son fundamentales en el desarrollo del diseño del prototipo.

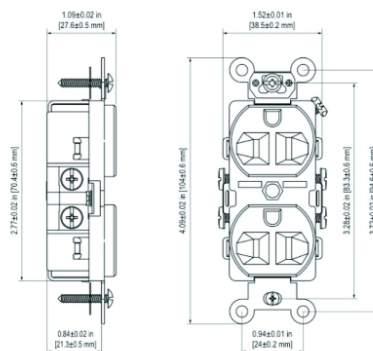


Figura 2.20: Medidas tomacorriente.

2.3.4. Diseño PCB

Se realizó la ubicación de los componentes estratégicamente para poder obtener una placa con tamaño reducido (70x40 mm) para una implementación eficiente como se observa en la Figura 2.22. En la figura 2.21 se observa las pistas de conexión las cuales se encuentran en la capa de cobre de la placa PCB. En la parte de Anexos F se puede observar las dimensiones de la placa PCB.

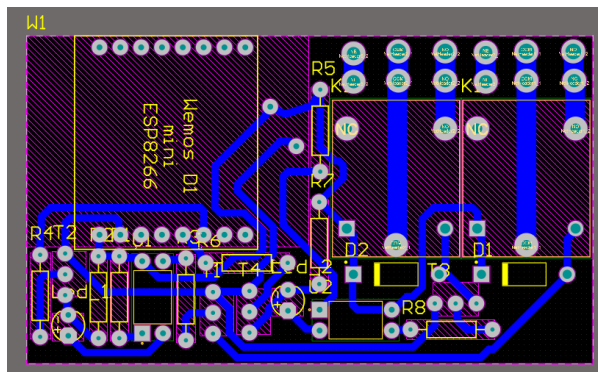


Figura 2.21: PCB tomacorriente vista pistas de conexión.

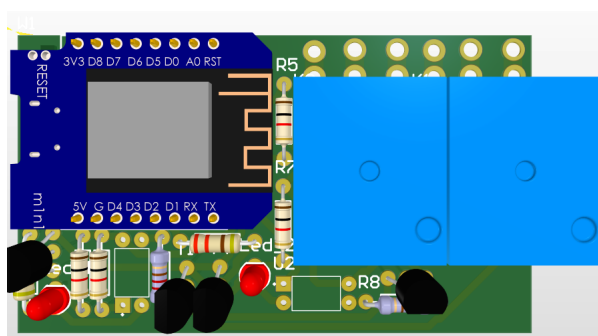


Figura 2.22: PCB tomacorriente vista 3D.

2.3.5. Diseño de la caja del módulo de Tomacorriente

Al igual que el diseño del módulo de interruptor, se inició el diseño en base a las medidas del cajetín metálico. Las medidas del tomacorriente detalladas en la Figura 2.20. También se consideraron las medidas de la placa PCB (70x40 mm) y la fuente de alimentación (21x21 mm).

El diseño se realizó con el uso del software Autodesk Inventor. En la figura 2.23 se observa el diseño final de la caja del interruptor, en la figura 2.24 la tapa protectora que va a la caja y en la figura 2.25 se observa como queda en conjunto la tapa y la caja del módulo de interruptor.

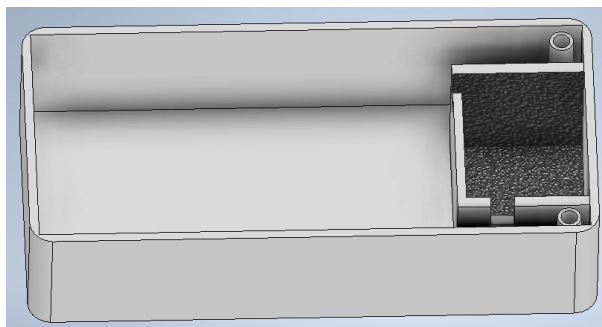


Figura 2.23: Vista de caja de aplicación (tomacorriente)



Figura 2.24: Tapa de caja de aplicación (tomacorriente)



Figura 2.25: Vista general de caja de aplicación (tomacorriente)

En la figura 2.26 se observa como quedaría la placa PCB implementada en la caja del módulo tomacorriente y las dimensiones utilizadas para el desarrollo de esta caja se encuentran en la parte de Anexo D.

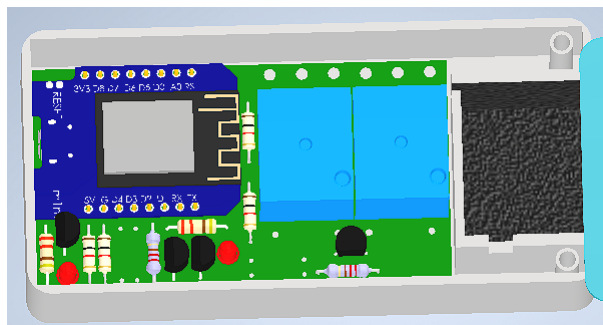


Figura 2.26: Vista final de caja de aplicación (tomacorriente)

2.3.6. Ensamble

El ensamble se realizó de acuerdo a la vista 3D obtenida en la Figura 2.22 la cual nos otorga la ubicación de los componentes en la placa PCB quedando similar a como se aprecia en la Figura 2.27 y en la Figura 2.28.

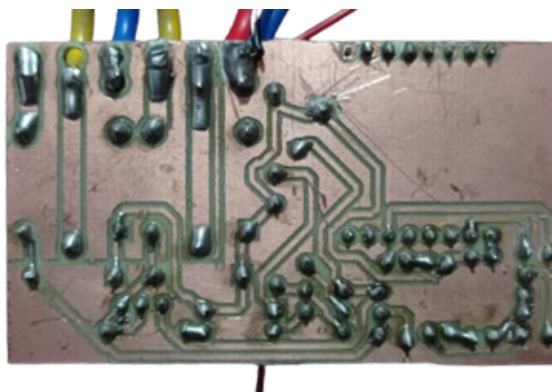


Figura 2.27: Soldadura de componentes en placa tomacorriente.

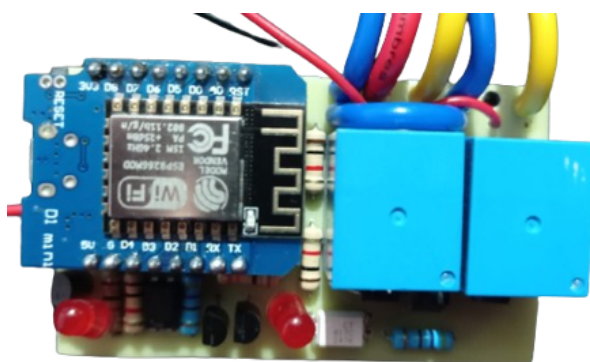


Figura 2.28: Placa funcional de tomacorriente.

En la Figura 2.29 se presenta la simbología del esquema de alimentación que se utilizó para realizar el módulo tomacorriente.

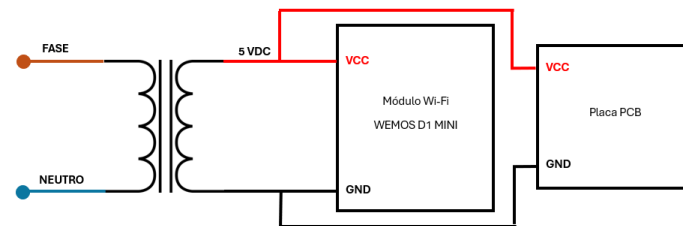


Figura 2.29: Esquema de alimentación del módulo tomacorriente.

En la Figura 2.30 se presenta el esquema que se utilizó para la alimentación del módulo tomacorriente. Utilizando una fuente de voltaje de un cargador de celular debido a su tamaño reducido (21x21 mm).

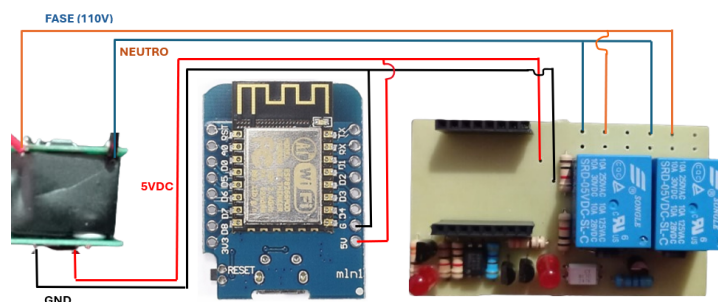


Figura 2.30: Conexión de alimentación tomacorriente

La Figura 2.31 muestra la placa del prototipo del tomacorriente dentro de la caja respectiva del módulo. Además, en las Figuras 2.32 y 2.33 se ofrecen vistas detalladas del prototipo desde arriba y desde el frente, respectivamente.

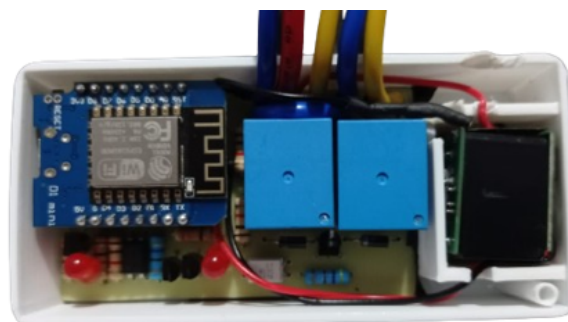


Figura 2.31: Vista caja de aplicación con placa de tomacorriente.



Figura 2.32: vista superior de la caja de aplicación tomacorriente.



Figura 2.33: Vista frontal de la caja de aplicación tomacorriente.

2.4. Implementación del prototipo con Amazon Alexa

2.4.1. Enlace con aplicación de Amazon Alexa

Para poder utilizar las funcionalidades del asistente de voz se debe tener una cuenta creada en la aplicación de Amazon Alexa, esto nos permitirá acceder a la conectividad entre el asistente de voz y el prototipo desarrollado en este proyecto. Luego de realizar la configuración respectiva del asistente de voz y la creación de la cuenta se puede empezar a realizar la conectividad entre el prototipo y el asistente. Para esto podemos hacerlo de dos formas sea manual o sea por comandos de voz.

■ Comandos de voz

Para realizar la conectividad entre el asistente de voz y el prototipo se debe realizar la configuración en el modulo WiFi, es decir, iniciar agregando las credenciales del WiFi al que se desea conectar para que el asistente de voz pueda realizar la detección y conexión con el prototipo. En la figura 2.34 se

puede observar la configuración en el código implementado el cual contiene las credenciales de la red WiFi al que se desea conectar.

```
// Configuración de red
const char* ssid    = "Domotica_1";
const char* password = "UPS2024TESIS";
```

Figura 2.34: Credenciales de red WiFi a conectar.

Luego de realizar y comprobar que se realizó la conexión a la red WiFi como se observa en la figura 2.35 se procede a realizar el comando de voz, el usuario tiene que decir *“Alexa, detecta dispositivos”* esto permitirá que alexa empiece la detección de dispositivos conectados a la misma red WiFi que el asistente de voz. En la figura 2.36 se puede observar que el asistente emite una luz de color azul esto indicará que esta detectando dispositivos conectados a la red WiFi.

```
Conexión establecida!
Conexión establecida y exitosa
```

Figura 2.35: Mensaje de conexión exitosa del modulo WiFi a la red.)

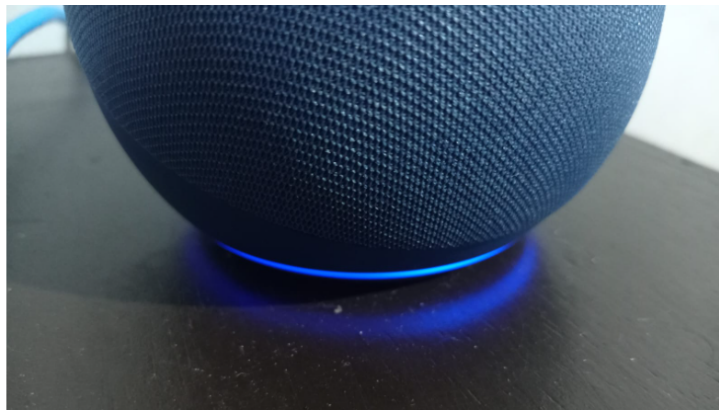


Figura 2.36: Luz indicadora de detección de dispositivos.

Cuando ya detectó uno o varios dispositivos estos se agregarán automáticamente a la aplicación de Amazon Alexa como se puede observar en

la figura 2.37. Estos dispositivos se pueden controlar por medio de la aplicación o por medio de comandos de voz.



Figura 2.37: Reconocimiento del prototipo en la aplicación de Amazon Alexa

Una vez detectado el dispositivo se puede proceder a realizar el control del prototipo por medio de comandos de voz.

Si se requiere se puede cambiar el nombre que tiene por defecto que es **"Interruptor"** a cualquier nombre, en este caso se puso de nombre **"Cocina"** como se observa en la figura 2.38 esto no afecta el funcionamiento ni el código que se realizó, esto solo permite especificar el nombre del dispositivo a comandar cuando se utilicen los comandos de voz, si antes se decía *"Alexa, enciendelaapaga interruptor"* ahora se debe decir *"Alexa, enciendelaapaga cocina"* y esto controlará el funcionamiento del dispositivo normalmente.



Figura 2.38: Cambio de nombre de dispositivo.

■ Manual

Para realizar la detección de forma manual, se debe realizar los siguientes pasos:

1. Dirigirse a la aplicación de Amazon Alexa
2. Dirigirse al boton "Más"
3. Dirigirse a la parte superior derecha en el boton con forma de cruz "+"
4. Elegir "Dispositivo"
5. Se despliega una lista de varios dispositivos que son compatibles con Amazon Alexa, se debe dirigir a la parte final y elegir la opción "Otro"
6. Se desplegara una lista con protocolos de comunicación que son compatibles con Amazon Alexa, se debe elegir "Wi-Fi"
7. Dirigirse al boton "Detectar Dispositivos"
8. Alexa empezará la detección de dispositivos que estén usando el protocolo WiFi y que esten conectados a la misma red que el asistente de voz. En la figura 2.42 se observa la detección que realiza Alexa en la aplicación.
9. Cuando ya se realizó la detección se observará un mensaje en la aplicación especificandonos que se realizo la detección y conexión. Se debe dirigir a "Configurar Dispositivo". En la figura 2.39 se observa el mensaje de confirmación.

10. Se despliega una lista de los lugares en los cuales se puede encontrar el dispositivo, se puede elegir el lugar en donde se esté instalando puede ser dormitorio, baño, cocina, etc. Esto se puede observar en la figura 2.40.
11. Finalmente se observa un mensaje donde se informa que el dispositivo se agregó correctamente al lugar seleccionado. Esto se puede observar en la figura 2.41
12. Se puede observar en la aplicación de Alexa que se agregó correctamente el dispositivo y ya se puede empezara controlar con comandos de voz o manualmente desde la aplicación. Se observa en la figura 2.37



Figura 2.39: Mensaje de detección y conexión realizada.



Figura 2.40: Lista de ubicación para el dispositivo.



Figura 2.41: Mensaje de conexión exitoso para poder controlar el dispositivo



Figura 2.42: Detección de dispositivos.

En la siguiente figura se puede observar que se puede controlar el dispositivo desde la propia aplicación de Amazon Alexa.

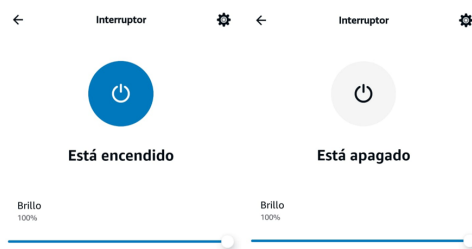


Figura 2.43: Encendido/Apagado del dispositivo por medio de la app.

2.4.2. Diagrama de flujo del módulo de Interruptor

A continuación se detallará el diagrama de flujo respectivo para realizar el código de programación implementado al microcontrolador Wemos d1 mini.

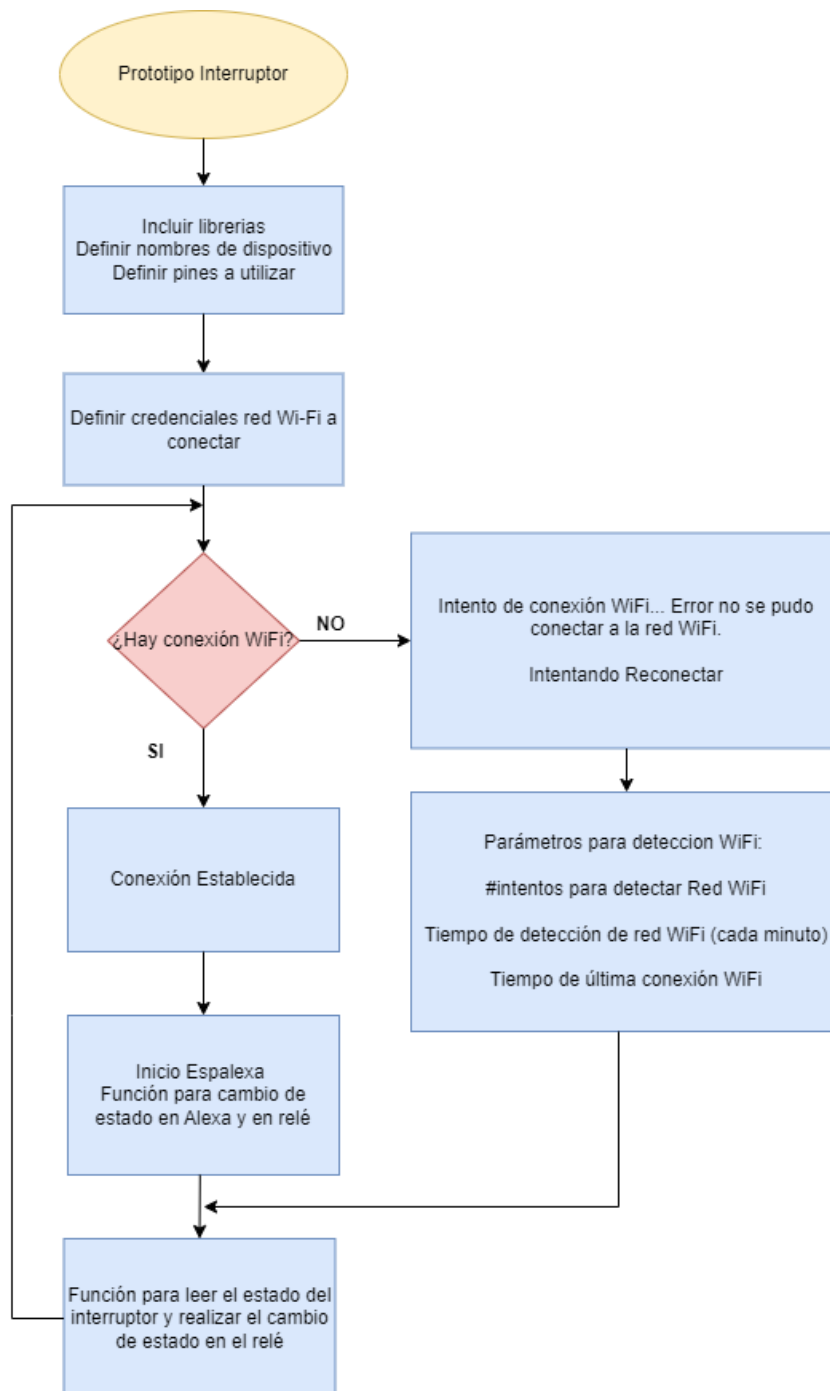


Figura 2.44: Diagrama de flujo módulo interruptor.

2.4.3. Código implementado en software Arduino

El código realizado desarrollado para el control de los prototipos se puede observar en el Anexo A.

2.4.4. Diagrama de flujo del módulo Tomacorriente

A continuación se detallará el diagrama de flujo respectivo para realizar el código de programación implementado al microcontrolador Wemos d1 mini.

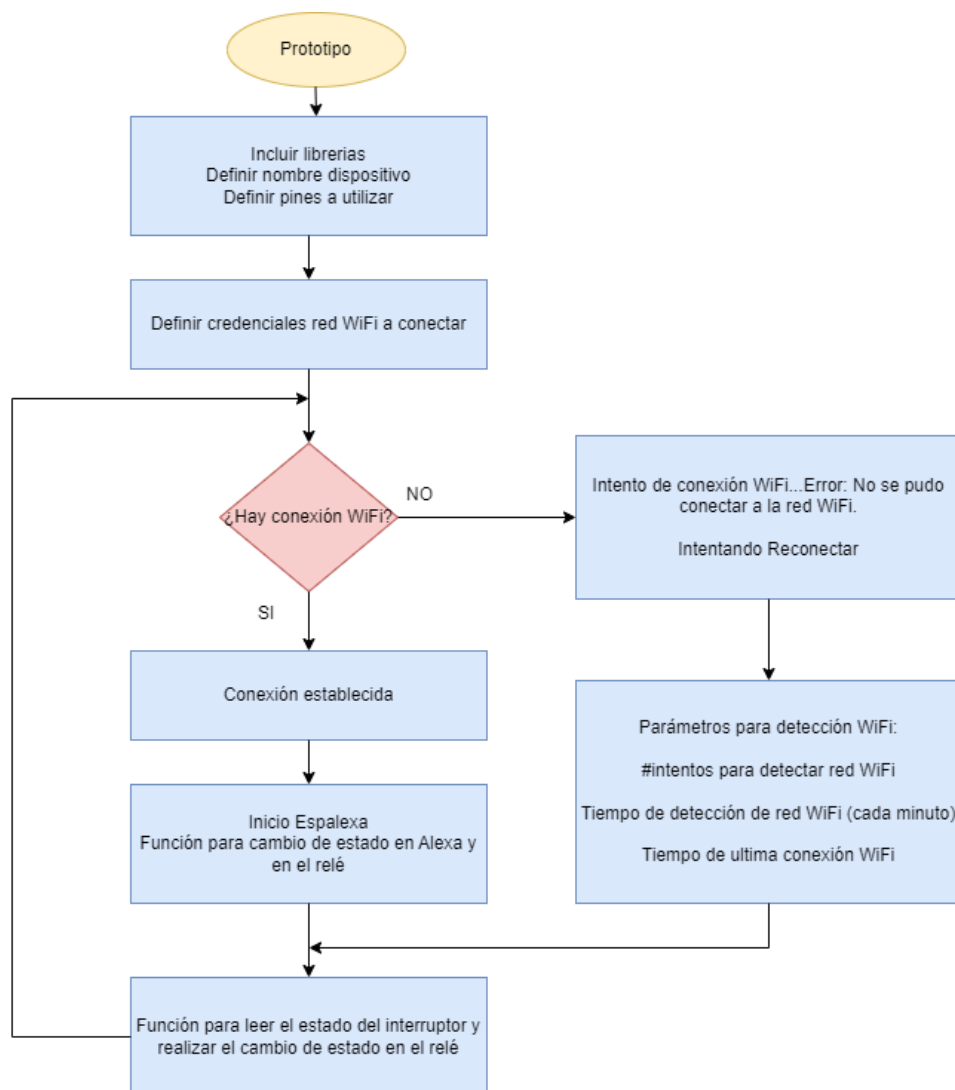


Figura 2.45: Diagrama de flujo módulo tomacorriente.

2.4.5. Código implementado en software Arduino

El código realizado desarrollado para el control de los prototipos se puede observar en el Anexo B.

2.5. Presupuesto

En la tabla 2.1 se presenta el presupuesto con el costo de los componentes utilizados para el desarrollo del prototipo, se toma en cuenta imprevistos y mano de obra correspondientes.

Tabla 2.1: Presupuesto del Proyecto

Item	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	Asistente ECHO DOT 3ra Generación	1	45.00	45.00
2	Microcontrolador Wemos D1 Mini	5	21.00	105.00
3	Relé 5 VDC	20	1.00	20.00
4	Interruptor y Tomacorriente	4	2.00	8.00
5	Cajas de impresión 3D	4	3.00	14.00
6	Lámparas LED	2	2.00	4.00
7	Router Wi-Fi	1	20.00	20.00
8	Material Eléctrico	1	14.00	14.00
9	Componentes Electrónicos	4	10.00	40.00
SUBTOTAL DEL PROYECTO				270.00
10	Imprevistos	1	100.00	100.00
SUBTOTAL IMPREVISTOS				100.00
COSTO DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO CONMUTADOR				15.00
COSTO DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO TOMACORRIENTE				18.00
11	Costo mano de obra	2	10.00	1,000.00
SUBTOTAL MANO DE OBRA				1.000.00
TOTAL DEL PROYECTO				1,403.00

Capítulo 3

Análisis y Resultados

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos a través de diversas pruebas de funcionamiento realizadas con los prototipos de interruptor y tomacorriente, cumpliendo así con los objetivos establecidos para su desarrollo. Debido a que ambos prototipos diseñados operan de manera similar, se presentan los resultados de las pruebas de manera general.

3.1. Pruebas de Conectividad

Se llevarán a cabo pruebas para evaluar el funcionamiento del dispositivo relacionado con la conectividad WiFi y la interacción con asistentes de voz bajo las condiciones de estabilidad, detección, enlace y control por medio de comandos de VOZ.

Tabla 3.1: Pruebas de conexión Wi-Fi

Función a evaluar	Criterio de evaluación	Resultado
Protocolo WiFi	Ieee 802.11 b/g/n	Ieee 802.11 b/g/n
Conexión inicial	Se utilizó una aplicación para analizar las redes Wi-Fi y la velocidad de cada red	72 Mbps
Estabilidad de conexión	Se realizó el análisis de la red cada hora durante un día para comprobar si ha bajado o disminuido la velocidad o la potencia de la señal	Estable
Detección de asistente de voz	Al contar con una red Wi-Fi, el modulo Wi-Fi se encuentra en la red disponible para el asistente de voz	Sí detecta
Enlace con asistente de voz	Comprobación del enlace en la aplicación de Amazon Alexa y por comando de voz	Enlace correcto
Control por comandos de voz	Se dieron instrucciones por medio de comandos de voz como: <i>"Alexa, enciendelaapaga foco"</i> , <i>"Alexa, enciendelaapaga tomacorriente"</i>	Se realizó un correcto control por comandos de voz
Estabilidad del reconocimiento	Se realizó cada 10 minutos control por comandos de voz y cada hora el análisis de la red Wi-Fi	Mantiene buena estabilidad de reconocimiento

3.2. Pruebas de Sensibilidad al Ruido

Se colocaron los prototipos en varios entornos que generen ruido como en habitaciones, cocinas, ambientes con maquinaria industrial (panadería y pastelería). Estos entornos proporcionan diferentes tipos de ruido ambiental lo cual permitieron evaluar la capacidad de control de los prototipos y del asistente de voz.

Tabla 3.2: Pruebas sensibilidad al ruido

Función a evaluar	Criterio de evaluación	Resultado
Detección de comandos de voz sin ruido de artefactos electrodomésticos	Se realizó el control por comandos de voz en un ambiente cerrado, sin ningun tipo de ruido, es decir, con un ruido ambiental de 20dB analizado por medio de una aplicación	Detección sin ningun problema
Detección de comandos de voz con ruido de artefactos electrodomésticos	Se realizó el contro por comandos de voz en un ambiente con ruido de televisores, licuadoras, música con un ruido de 85-90 dB	No presenta problema alguno al realizar los comandos de voz
Interferencia de señal de microondas	Se utilizó un microondas para comprobar si realiza alguna interferencia en la señal y en los comandos de voz	Disminución de potencia WiFi (-80dBm), correcta detección de comandos de voz.
Detección de comandos de voz con ruido ambiental	El ruido ambiental al que se propuso fue un ambiente de trabajo industrial, hornos y maquinas pasteleras con un ruido de 110 db	Problemas al detectar los comandos de voz, se soluciona apagando las máquinas, hablando más fuerte o directamente controlarlo desde la aplicación de Amazon Alexa

3.3. Pruebas de Funcionamiento de Distancia

Para realizar estas pruebas de funcionamiento se realizó el uso de la aplicación “WiFi Analyzer” para comprobar los valores que tiene una red Wi-Fi, estos valores se entregan en dBm (decibelios milivatios) la cual se utiliza para medir la potencia de las redes Wi-Fi, mientras más se acerque a 0 los valores dBm más potente es la señal.

Tabla 3.3: Pruebas de funcionamiento de distancia

Función a evaluar	Criterio de evaluación	Resultado
Potencia de red Wi-Fi de router a asistente de voz	Asistente de voz ubicado a 3 metros del router Wi-Fi	Potencia de -51 dBm Velocidad de 72 Mbps
Distancia máxima de reconocimiento por comandos de voz	Se realizaron comandos de voz en diferentes ubicaciones	Distancia máxima de reconocimiento: 10 metros
Potencia de red Wi-Fi en diferentes habitaciones	Medición de la potencia de red Wi-Fi en diferentes habitaciones con el router ubicado al centro de la vivienda.	Potencia entre: -52 a -55 dBm
Potencia de red Wi-Fi en diferentes pisos de vivienda	Se ubicó en diferentes niveles de la vivienda para comprobar la potencia de la red Wi-Fi	Primer nivel: -65 dBm Segundo nivel: -51 dBm Tercer nivel: -62 dBm
Detección de comandos de voz en diferentes pisos de vivienda	Se ubicó en un diferente nivel de la vivienda	Control mediante la aplicación de Amazon Alexa

3.4. Pruebas con diferentes Cargas

Se utilizaron diferentes electrodomésticos comunes en las viviendas con un funcionamiento en un lapso de tiempo establecido.

Tabla 3.4: Pruebas de funcionamiento con cargas

Dispositivo	Descripción	Medición/Consumo corriente
Luces de navidad redondas	Luces de navidad esféricas de 5 unidades. Funcionando 1 hora.	0.3 mA
Luces de navidad tira	Tira de luz de navidad de 5 metros. Funcionando 1 hora.	0.37 mA
Cargador de smartphone	Cargador de 18 Watts mientras se realiza la carga en el smartphone. Funcionando 30 minutos.	1.51 mA
Cargador de portátiles	Cargador de portátil de 12 VDC. Funcionando 2 horas.	2 mA
Equipo de Audio (Radio)	Radio apagada - Radio encendida con 75 % de volume. Funcionando 1 hora	0.25 mA - 0.75 mA
Equipo de Audio (Parlante)	Parlante encendido sin música - Parlante con música con 50 % de volume	2.36 mA. Funcionando 1 hora - 3.44 mA
Televisores	Televisor encendido funcionando 1 hora	1.96 mA
Refrigeradora	Refrigeradora antigua funcionando 2 horas.	7 A
Foco LED	Foco de habitación funcionando 5 horas.	0.54 mA
Lampara LED tubular	Lampara de vitrina funcionando 3 horas.	1.70 mA
Lampara LED tubular (3 en serie)	Lampara de vitrina funcionando 3 horas.	5.12 mA
Plancha	Plancha de uso doméstico, funcionando durante 10 minutos.	9.37 A

El funcionamiento de los prototipos fue correcto, sin ningun tipo de inconvenientes o algun tipo de desconexión. Hubo un correcto funcionamiento y control de comandos de voz para ambos prototipos independientemente del tipo de carga o cantidad de corriente consumida por esta.

Estas pruebas simularon escenarios reales de uso doméstico, permitiendo evaluar la capacidad de funcionamiento de los prototipos diseñados.

3.5. Análisis: Prototipo Conmutador vs. Interruptor Inteligente Comercial

Para el análisis se realizó la comparación entre un interruptor inteligente comercial y el prototipo desarrollado el cual se observa en la tabla 3.5

Tabla 3.5: Análisis entre un Interruptor inteligente y el Prototipo desarrollado

Funcionalidad	Interruptor Inteligente Comercial	Prototipo interruptor (conmutador)
Requerimiento de cable neutral	Sí	Sí
Requerimiento de app externa para configuración	Sí	No
Conexión a la misma red WiFi que el smartphome	Sí	No
Conexión a la misma red WiFi del asistente de voz (Amazon Alexa)	Sí	Sí
Frecuencia de Trabajo	2.4 GHz	2.4 GHz
Protocolo WiFi	Ieee 802.11 b/g/n	Ieee 802.11 b/g/n
Funcionamiento sin conexión WiFi	Sí	Sí
Funcionamiento con cualquier red WiFi	No	No
La app funciona con cualquier red WiFi	No	No aplica
Enlace del dispositivo con Amazon Alexa por medio de comandos de voz. (Alexa, detecta dispositivos)	No (Se necesita realizar una detección manual)	Sí
Tiempo de demora de enlace con asistente de voz Amazon Alexa	5-7 min	40 seg
Tiempo de demora de enlace con app de Amazon Alexa	5 min, se debe buscar la skill necesaria y descargarla	40-50 seg
Control desde smartphome	Sí	Sí
Tiempo de respuesta al decir: Alexa, enciende/apaga foco	1.5 seg	1.5 seg
Encendido/Apagado por medio de comandos de voz?	Sí	Sí
Encendido/Apagado por medio de app amazon alexa?	Sí	Sí
Encendido/Apagado por medio de interruptor?	Sí	Sí

3.6. Análisis: Prototipo vs. Tomacorriente Inteligente Comercial

Para el análisis se realizó la comparación entre un tomacorriente inteligente y el prototipo desarrollado lo cual se observa en la tabla 3.6

Tabla 3.6: Análisis entre un tomacorriente inteligente y el Prototipo desarrollado

Funcionalidad	Tomacorriente Inteligente Comercial	Prototipo Tomacorriente
Requerimiento de cable neutral	Sí	Sí
Requerimiento de app externa para configuración	Sí	No
Conexión a la misma red WiFi que el smartphone	Sí	No
Conexión a la misma red WiFi del asistente de voz (Amazon Alexa)	Sí	Sí
Frecuencia de Trabajo	2.4 GHz	2.4 GHz
Protocolo WiFi	Ieee 802.11 b/g/n	Ieee 802.11 b/g/n
Funcionamiento sin conexión WiFi	Sí	Sí
Funcionamiento con cualquier red WiFi	No	No
La app funciona con cualquier red WiFi	No	No aplica
Enlace del dispositivo con Amazon Alexa por medio de comandos de voz. (Alexa, detecta dispositivos)	No (Se necesita realizar una detección manual por medio de una skill de amazon)	Sí
Tiempo de demora de enlace con asistente de voz Amazon Alexa	5-7 min	40 seg
Tiempo de demora de enlace con app de Amazon Alexa	5 min, se debe buscar la skill necesaria y descargarla	40-50 seg
Control desde smartphone	Sí	Sí
Tiempo de respuesta al decir: Alexa, enciende/apaga tomacorriente	1.5 seg	1.5 seg
Encendido/Apagado por medio de comandos de voz?	Sí	Sí
Encendido/Apagado por medio de app amazon alexa?	Sí	Sí
Encendido/Apagado manual?	No	Sí

Capítulo 4

Conclusiones y Trabajos Futuros

4.1. Conclusiones

El análisis entre los asistentes de voz fue fundamental para seleccionar el dispositivo más adecuado para el proyecto, garantizando una integración con el sistema domótico y la interpretación del lenguaje natural. Además, su integración con terceros ha abierto nuevas posibilidades en el ámbito domótico y de conectividad, facilitando la automatización del hogar y una experiencia de mayor confort para los usuarios.

Para el desarrollo del hardware de control se consideraron varios aspectos clave para obtener un diseño y un funcionamiento adecuado. Entre estos se destaca el protocolo de comunicación a utilizar y las dimensiones físicas de donde van ubicados los prototipos, permitiéndonos obtener dispositivos capaces de colocarse en cualquier tipo de viviendas debido a que el cajetín eléctrico común utilizado para el desarrollo de los prototipos es estándar.

Durante el desarrollo del prototipo, se verificó una conexión Wi-Fi estable durante un período de prueba de 24 horas. Este resultado sugiere que el sistema mantiene una comunicación consistente entre el asistente de voz y el controlador domótico en el tiempo, respaldando la fiabilidad y el rendimiento del prototipo en términos de conectividad.

Según las pruebas de funcionamiento obtenidas, los prototipos responden de manera adecuada a la conexión y desconexión de los electrodomésticos, permitiendo

su uso sin desconexiones accidentales o fallas eléctricas. Además, el control por comandos de voz y por medio de la aplicación de Amazon Alexa demuestra un producto eficiente y confiable para la automatización del hogar.

Si bien los dispositivos ofrecen una amplia funcionalidad con electrodomésticos demostrando confiabilidad en diversas condiciones de carga asegurando un rendimiento consistente, seguro y un diseño confiable, se identificaron algunas limitaciones como: el tamaño del prototipo de tomacorriente que sobrepasa los agujeros de los tornillos del cajetín y el impacto del excesivo ruido ambiental que limita o confunde los comandos de voz. A pesar de estas desventajas, los prototipos son susceptibles de mejoras para solucionar estos inconvenientes.

4.2. Recomendaciones

Se sugiere revisar los routers proporcionados por los proveedores de servicios de Internet en los hogares, ya que algunas empresas pueden implementar bloqueos en los puertos de comunicación del router. Esto puede obstaculizar la comunicación adecuada entre el dispositivo y la red Wi-Fi. En tales casos, se recomienda considerar el uso de un router adicional para evitar conflictos causados por los bloqueos de puertos.

Se recomienda utilizar una variedad de componentes electrónicos, como los componentes de montaje superficial (SMD), para mejorar el desarrollo del prototipo. Estos componentes permiten reducir el tamaño de las placas electrónicas, manteniendo al mismo tiempo las funcionalidades del prototipo diseñado. Esto contribuye a obtener módulos domóticos más compactos y eficientes.

Se aconseja analizar cuidadosamente el espacio donde se colocará el asistente de voz. Se recomienda ubicarlo en un área central, preferiblemente a no más de 10 metros de distancia del lugar desde donde se requerirá el control por comandos de voz. Esto ayudará a evitar problemas de detección y control por voz, asegurando una experiencia de usuario óptima.

4.3. Trabajos Futuros

El proyecto realizado sienta las bases para la creación de nuevos métodos y dispositivos de control domótico. Se sugiere la implementación de un software basado en IoT (Internet de las cosas) para facilitar el control eficiente de los dispositivos domóticos a través de una interfaz móvil. Esto podría lograrse mediante una aplicación móvil o un servidor web.

El IDE de Arduino ofrece diversas librerías que pueden mejorar el código de programación. Por ejemplo, la librería "WiFi Manager" permite gestionar múltiples redes Wi-Fi, lo que permite la conexión a una red Wi-Fi desde un smartphone a través de un servidor web, sin la necesidad de incorporar las credenciales de la red en el código de programación, como se hizo en este proyecto.

Como una mejora futura, se sugiere implementar algoritmos que monitoreen el consumo de corriente de cada prototipo conectado. Esto permitiría un seguimiento detallado del consumo de corriente de los dispositivos conectados al tomacorriente, así como de las lámparas conectadas al interruptor.

Para una mayor versatilidad, se puede considerar la implementación de un módulo Wi-Fi adicional que permita la compatibilidad con redes de 5 GHz. Esto ampliaría las opciones de conectividad del sistema, ya que el módulo utilizado en este proyecto opera únicamente en redes de 2.4 GHz.

Para mejorar la conectividad y el alcance de los prototipos, se pueden emplear diversos protocolos de comunicación, como Bluetooth y Zigbee. Estas tecnologías permitirían ampliar la flexibilidad y la adaptabilidad de los módulos domóticos, proporcionando así una mayor versatilidad en su funcionamiento y aplicación.

Glosario

APIs Conjunto de reglas y protocolos que permite que diferentes aplicaciones informáticas se comuniquen entre sí. – Application Programming Interface.

Bluetooth Tecnología inalámbrica de corto alcance para la transmisión de información entre dispositivos próximos.

GPIO Pines en un microcontrolador o dispositivo electrónico que se pueden configurar para funcionar como entradas o salidas digitales. – General-purpose input/output.

IoT Red de dispositivos físicos para automatizar procesos, conectarse y compartir datos a través de Internet – Internet of Things.

IP Es un conjunto de reglas que gobiernan la comunicación en Internet. – Internet Protocol.

IR Es un tipo de radiación electromagnética que es invisible para el ojo humano y se utiliza para transmitir señales de control remoto – Infrared Radiation.

Skills Capacidades o funciones adicionales que pueden ser agregadas a un asistente de voz para ampliar su funcionalidad.

VPN Tecnología que crea una conexión segura y cifrada entre dos puntos a través de una red pública. – Virtual Private Network.

Wi-Fi Tecnología de comunicación inalámbrica que permite la conexión de dispositivos físicos sin la necesidad de cable – Wireless Fidelity.

Zigbee Protocolo de comunicación inalámbrica de bajo consumo de energía utilizada para IoT.

Z-Wave Protocolo de comunicación inalámbrica diseñado para dispositivos en un hogar inteligente.

Referencias

- [1] B. S. Cauja Tibanquiza, «Desarrollo de un dispositivo IoT en Cloud para recaudación de pasaje en los buses de transporte público,» B.S. thesis, 2022.
- [2] A. K. Kaiborta y S. Samal, «IoT based Voice Assistant for Home Automation,» Institute of Electrical y Electronics Engineers (IEEE), feb. de 2022, págs. 165-172. DOI: 10.1109/icssit53264.2022.9716533.
- [3] «What is the Internet of Things and How Does It Work?» GlobalSign. (), dirección: <https://www.globalsign.com/en-sg/blog/what-internet-things-and-how-does-it-work>.
- [4] H. A. Rodríguez Véliz, «Análisis de las ventajas ofrecidas por la domótica en los hogares: un mapeo sistemático,» B.S. thesis, 2021.
- [5] «Seguridad Domótica,» Hernandez Echevarria. (), dirección: <https://www.hernandezchevarria.es/seguridad-domotica/>.
- [6] S. Sullivan, A. Brighente, S. A. P. Kumar y M. Conti, «5G Security Challenges and Solutions: A Review by OSI Layers,» *IEEE Access*, vol. 9, págs. 116294-116314, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3105396.
- [7] S. Prakash, «Zigbee based Wireless Sensor Network Architecture for Agriculture Applications,» en *2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 2020, págs. 709-712. DOI: 10.1109/ICSSIT48917.2020.9214086.
- [8] S. Fan, Y. Ge y X. Yu, «Comparison Analysis and Prediction of Modern Wi-Fi Standards,» en *2022 International Conference on Big Data, Information and Computer Network (BDICN)*, 2022, págs. 581-585. DOI: 10.1109/BDICN55575.2022.00112.

- [9] S. Long y F. Miao, «Research on ZigBee wireless communication technology and its application,» en *2019 IEEE 4th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 2019, págs. 1830-1834. DOI: 10.1109/IAEAC47372.2019.8997928.
- [10] T. Oshio, S. Okada y T. Mitsunaga, «Machine Learning-based Anomaly Detection in ZigBee Networks,» en *2022 IEEE International Conference on Computing (ICOCO)*, 2022, págs. 259-263. DOI: 10.1109/ICOCO56118.2022.10031837.
- [11] A. Magdy, S. Ibrahim, A. H. Khalil y H. Mostafa, «Low Power, Dual Mode Bluetooth 5.1/Bluetooth Low Energy Receiver Design,» en *2021 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 2021, págs. 1-5. DOI: 10.1109/ISCAS51556.2021.9401748.
- [12] F. D. Pesántez Picón, «Implementación de una plataforma basada en IoT y software libre para el desarrollo de un sistema domótico,» B.S. thesis, 2022.
- [13] T. Mahjoub, M. Ben Said y H. Boujemaa, «Experimental Analysis of LoRa Signal in Urban Environment,» en *2022 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)*, 2022, págs. 812-817. DOI: 10.1109/IWCMC55113.2022.9825315.
- [14] «LoRa Technology Resources,» Semtech Corporation. (), dirección: <https://loradevelopers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/loraland-lorawan/> (visitado 09-09-2023).
- [15] «About LoRaWAN,» LoRa Alliance. (), dirección: <https://loralliance.org/about-lorawan/> (visitado 09-09-2023).
- [16] N. del autor o Xataka Móvil. «20 años de conexiones WiFi: 20 datos para celebrar su aniversario.» (Año de publicación o acceso), dirección: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/20-anos-conexiones-wifi-20-datos-para-celebrar-su-aniversario>.
- [17] R. Sivapriyan, N. Sakshi y T. V. Priya, «Comparative Analysis of Smart Voice Assistants,» Institute of Electrical y Electronics Engineers Inc., 2021, ISBN: 9781665406109. DOI: 10.1109/CSITSS54238.2021.9683722.
- [18] N. AlOtaibi y F. Lombardi, «Privacy and security evaluation of Amazon Echo voice assistant,» Institute of Electrical y Electronics Engineers Inc., mar. de 2021, ISBN: 9781665449489. DOI: 10.1109/WIDSTAI52235.2021.9430217.

- [19] R. Niranjana, S. Arvind, M. Vignesh y S. Vishaal, «Effectual Home Automation using ESP32 NodeMCU,» Institute of Electrical y Electronics Engineers Inc., 2022, ISBN: 9781665460842. DOI: 10.1109/ICACRS55517.2022.10028992.
- [20] R. Singh, R. Thakkar, M. Thakkar, U. Rote, S. Patil y B. Ingle, «WiFi Deauth and Cloning using ESP8266,» en *2022 5th International Conference on Advances in Science and Technology (ICAST)*, 2022, págs. 1-5. DOI: 10.1109/ICAST55766.2022.10039517.
- [21] N. Mechatronics. «Módulo ESP-12E (ESP8266) Wi-Fi.» Consultado el 18 de enero de 2024. (s/f), dirección: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/176-modulo-esp-12e-esp8266-wifi.html>.
- [22] O. E. Amestica, P. Melin, C. Duran-Faundez y G. Lagos, «An Experimental Comparison of Arduino IDE Compatible Platforms for Digital Control and Data Acquisition Applications,» en *2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2019, págs. 1-6. DOI: 10.1109/CHILECON47746.2019.8986865.
- [23] «Bombillas y Tubos LED en Gyemo.» (), dirección: <https://gyemo.com/productos/bombillas-y-tubos/bombillas-y-tubos-led.html>.
- [24] «Grainger - Electrical Relays.» (), dirección: <https://www.grainger.com/category/electrical/industrial-controls-automation-and-machine-safety/relays?categoryIndex=5>.
- [25] V. Gaikwad, P. Joshi, Y. Mudaliar, A. Naik, A. Gudal y S. Bhandari, «Optimizing Power Consumption for Solar Powered Rechargeable Lithium Ion (Li-ion) Battery Operated IoT Based Sensor Node Using WeMos D1 Mini,» en *2020 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*, 2020, págs. 148-152. DOI: 10.1109/ESCI48226.2020.9167575.
- [26] AuscomTech. «ESP8266 Wemos D1 Mini (ESP-12E) IoT WiFi Wireless Board.» Consultado el 18 de enero de 2024. (s/f), dirección: <https://www.auscomtech.com.au/product/esp8266-wemos-d1-mini-esp-12e-iot-wifi-wireless-board-arduino-ide-compatible/>.
- [27] Onuba Electrónica, *Componentes*, <https://www.onubaelectronica.es/componentes/>, Consultado el 15 de febrero de 2024, 2014.

- [28] E. Cajetín. «Rectangular Jumbo, Tipografía para letreros gigantes.» Consultado el 15 de febrero de 2024. (s.f.), dirección: https://elcajetin.com/rectangular_jumbo.html.
- [29] Iluminza, *Interruptor Triple Veto Vive*, <https://iluminza.com/producto/interruptor-triple-veto-vive/>, Consultado el 15 de febrero de 2024, s.f.
- [30] Linio, *Tomacorriente Tapa Leviton 5320 Blanco (Paquete de 5 unidades)*, <https://www.linio.com.co/p/tomacorriente-tapa-leviton-5320-blanco-x-5-unidades-ostd7t>, Consultado el 12 de febrero de 2024, s.f.

Anexos

Anexo A: Código desarrollado e implementado para el módulo Interruptor

```
#include <Arduino.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Espalexa.h>

#define NOMBRE_INTERRUPTOR "Interruptor"
#define PIN_INT_FISICO D6 // GPIO4 en el ESP8266
#define PIN_RELE D4 // GPIO5 en el ESP8266

int estado_rele = 0;
int estado_interruptor = HIGH;
bool connected = false;

// Configuración de red
const char* ssid = "TuredWiFi";
const char* password = "Tucontraseña";

// Número máximo de intentos de conexión a la red WiFi
const int max_connection_attempts = 1;
// Tiempo de espera entre verificaciones de conexión (en milisegundos)
const unsigned long connection_check_interval = 60000; // 1 minuto en milisegundos
```

```
// Último tiempo en que se verificó la conexión
unsigned long last_connection_check_time = 0;

Espalexa espalexa;

// Función para manejar cambios de estado por comandos de voz
void stateSet(uint8_t brightness) {
    Serial.print("Cambio de estado a: ");
    Serial.println(brightness);

    analogWrite(PIN_RELE, brightness * 255 / 100);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    // Inicialización de Wi-Fi
    connectToWiFi();

    // Inicialización de espalexa
    espalexa.addDevice(NOMBRE_INTERRUPTOR, stateSet);

    // Inicialización del pin
    pinMode(PIN_INT_FISICO, INPUT_PULLUP);
    pinMode(PIN_RELE, OUTPUT);
    digitalWrite(PIN_RELE, HIGH); // Apagar el relé al inicio

    // Empezar el servidor espalexa
    espalexa.begin();

    Serial.println("Conexión establecida y exitosa");
}
```

```
}

void loop() {
  // Verificar el estado de la conexión WiFi cada minuto
  checkWiFiConnection();

  // Actualizar espalexa
  espalexa.loop();

  listen_switch();
}

void connectToWiFi() {
  int attempts = 0;
  while (attempts < max_connection_attempts && !connected) {
    Serial.print("Intento de conexión a WiFi...");
    WiFi.begin(ssid, password);
    delay(5000);
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
      Serial.println("Conexión establecida!");
      connected = true;
    }
    attempts++;
  }

  // Si no se pudo conectar a la red WiFi, mostrar mensaje de error
  if (!connected) {
    Serial.println("Error: No se pudo conectar a la red WiFi.");
  }
}
```

```
void checkWiFiConnection() {
    if (millis() - last_connection_check_time >= connection_check_interval) {
        if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            Serial.println("La conexión WiFi se ha perdido. Intentando reconectar...");
            connected = false;
            connectToWiFi();
        }
        last_connection_check_time = millis();
    }
}
```

```
void interruptor() {
    int estado_int = digitalRead(PIN_INT_FISICO);

    // Verificar si el estado del interruptor ha cambiado
    if (estado_int != estado_interruptor) {
        delay(50); // delay para evitar lecturas falsas
        estado_int = digitalRead(PIN_INT_FISICO); // Leer nuevamente

        // Cambiar el estado del relé si el interruptor cambió
        estado_rele = !estado_rele;
        digitalWrite(PIN_RELE, estado_rele);
        Serial.print("Cambio estado rele = ");
        Serial.println(estado_rele);
    }

    // Actualizar el último estado del interruptor
    estado_interruptor = estado_int;
}
```

Anexo B: Código desarrollado e implementado para el módulo Tomacorriente

```
#include <Arduino.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Espalexa.h>

#define NOMBRE_TOMACORRIENTE_1 "Tomacorriente 1"
#define NOMBRE_TOMACORRIENTE_2 "Tomacorriente 2"
#define PIN_RELE_1 D1 // GPIO5 en el ESP8266
#define PIN_RELE_2 D2 // GPIO4 en el ESP8266

int estado_rele_1 = 0;
int estado_rele_2 = 0;
bool connected = false;

// Configuración de red
const char* ssid = "Domotica_1";
const char* password = "UPS2024TESIS";

// Número máximo de intentos de conexión a la red WiFi
const int max_connection_attempts = 1;

// Tiempo de espera entre verificaciones de conexión (en milisegundos)
const unsigned long connection_check_interval = 60000; // 1 minuto en milisegundos

// Último tiempo en que se verificó la conexión
unsigned long last_connection_check_time = 0;

Espalexa espalexa;
```

```
// Funciones para manejar cambios de estado
void stateSet_1(uint8_t brightness) {
    Serial.print("Cambio de estado de Tomacorriente 1 a: ");
    Serial.println(brightness);

    analogWrite(PIN_RELE_1, brightness * 255 / 100);
}

void stateSet_2(uint8_t brightness) {
    Serial.print("Cambio de estado de Tomacorriente 2 a: ");
    Serial.println(brightness);

    analogWrite(PIN_RELE_2, brightness * 255 / 100);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    // Inicialización de Wi-Fi
    connectToWiFi();

    // Inicialización de espalexa
    espalexa.addDevice(NOMBRE_TOMACORRIENTE_1, stateSet_1);
    espalexa.addDevice(NOMBRE_TOMACORRIENTE_2, stateSet_2);

    // Inicialización de los pines
    pinMode(PIN_RELE_1, OUTPUT);
    pinMode(PIN_RELE_2, OUTPUT);

    // Empezar el servidor espalexa
    espalexa.begin();
}
```



```
    Serial.println("Conexión establecida");
}

void loop() {
    // Actualizar espalexa
    espalexa.loop();

    // Verificar el estado de la conexión WiFi cada minuto
    checkWiFiConnection();

    // Si no hay conexión WiFi, mantener los relés activados
    if (!connected) {
        digitalWrite(PIN_RELE_1, HIGH);
        digitalWrite(PIN_RELE_2, HIGH);
    }
}

void connectToWiFi() {
    int attempts = 0;
    while (attempts < max_connection_attempts && !connected) {
        Serial.print("Intento de conexión a WiFi...");
        WiFi.begin(ssid, password);
        delay(5000);
        if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
            Serial.println("Conexión establecida!");
            connected = true;
        }
        attempts++;
    }
}
```

```
// Si no se pudo conectar a la red WiFi, mostrar mensaje de error
if (!connected) {
    Serial.println("Error: No se pudo conectar a la red WiFi.");
}
}

void checkWiFiConnection() {
    if (millis() - last_connection_check_time >= connection_check_interval) {
        if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            Serial.println("La conexión WiFi se ha perdido. Intentando reconectar...");
            connected = false;
            connectToWiFi();
        }
        last_connection_check_time = millis();
    }
}
```

Anexo C: Dimensiones de la caja y tapa del módulo Interruptor

1 2 3 4 5 6 7 8

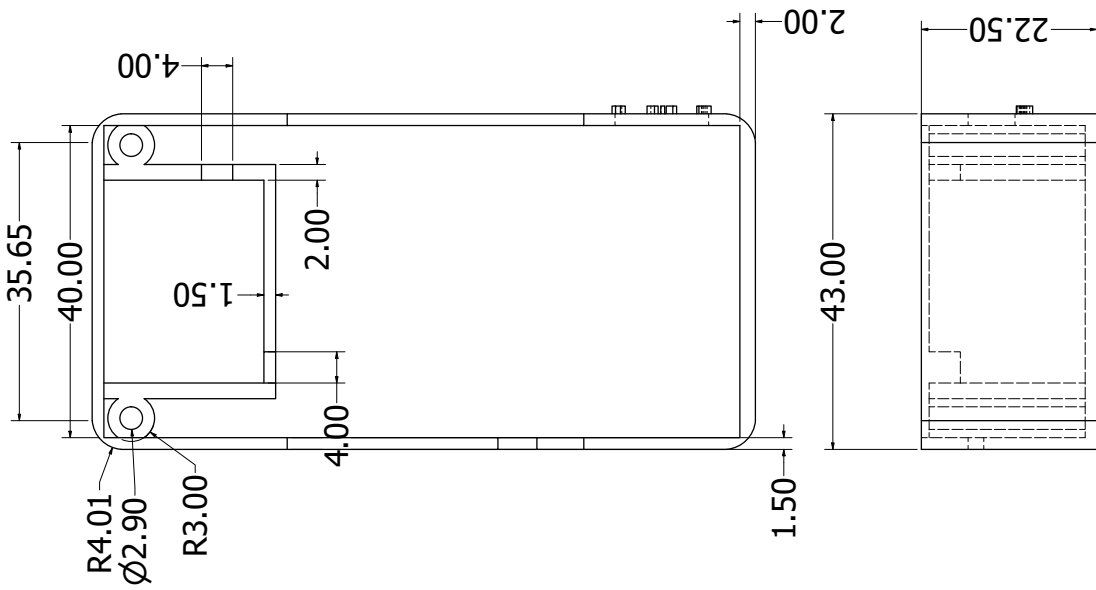
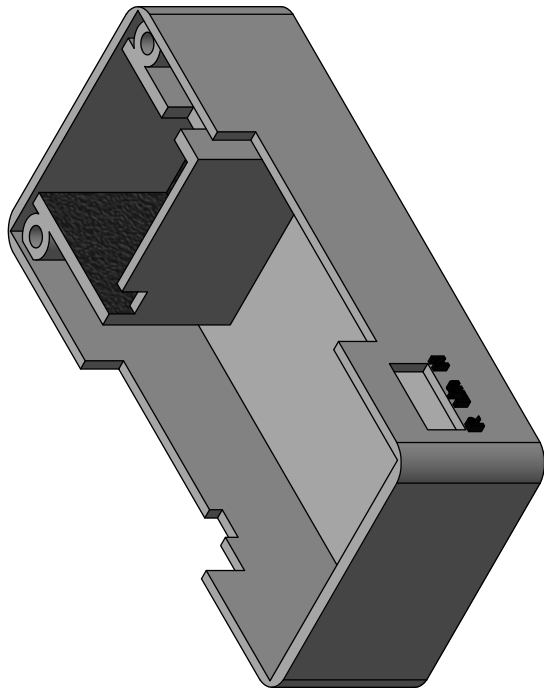
D

C

B

A

A



DATE	19/2/2024	TITLE	Caja Interruptor
DRAWN	Chavez - Mejia	UNIVERSIDAD	Universidad Politecnica Salesiana
CHECKED	CA	PROF.	
APPROVED		SIZE	A3
		DWG. NO.	1
		REV	1
		SHEET	1
		OF	4

1 2 3 4 5 6 7 8

1 2 3 4 5 6 7 8

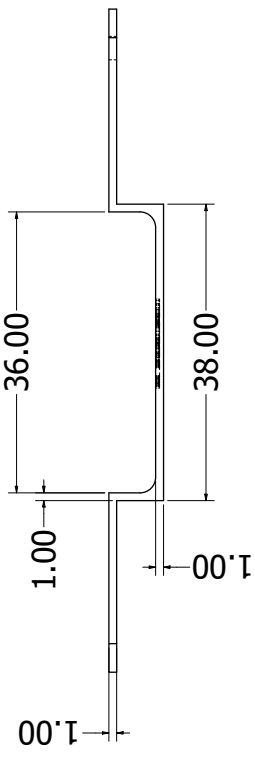
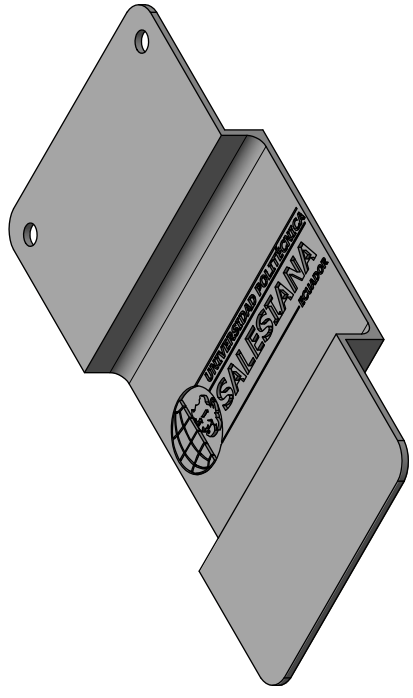
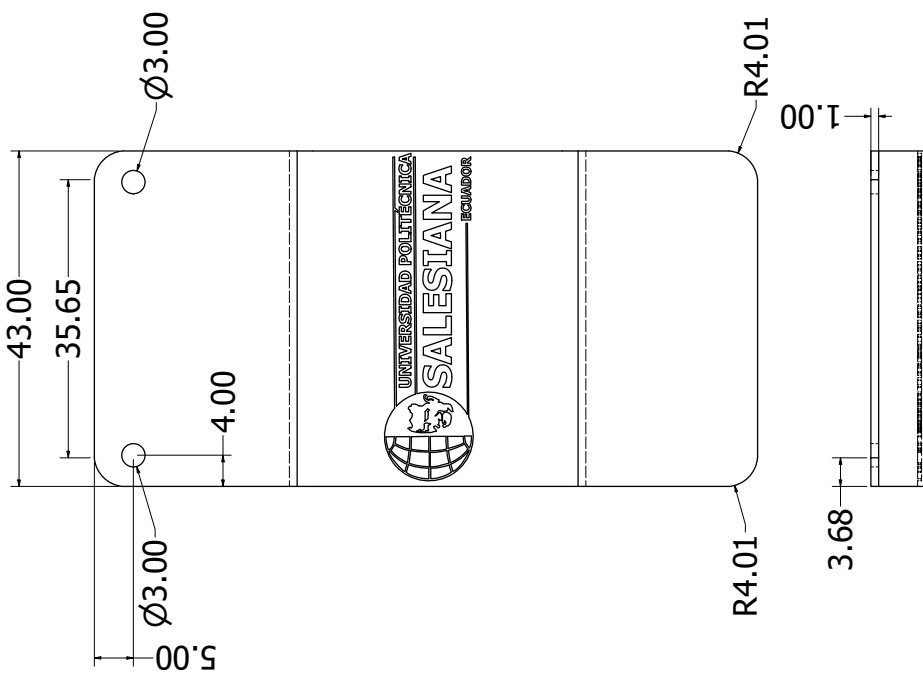
D

C

↕

B

A



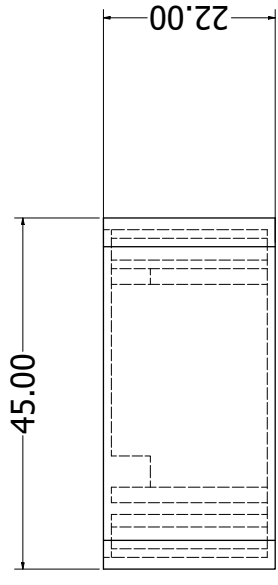
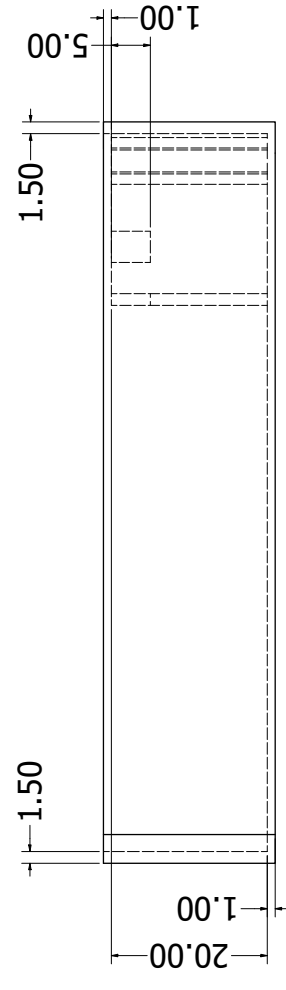
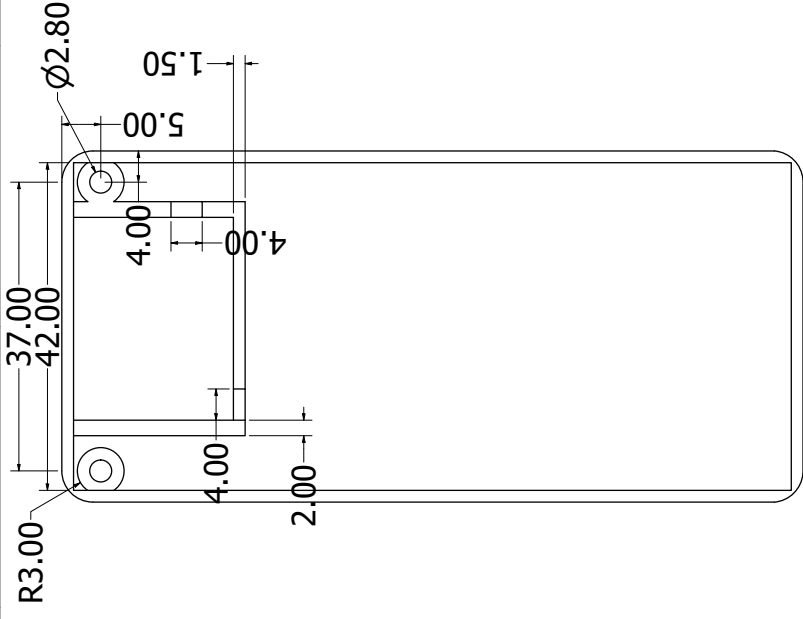
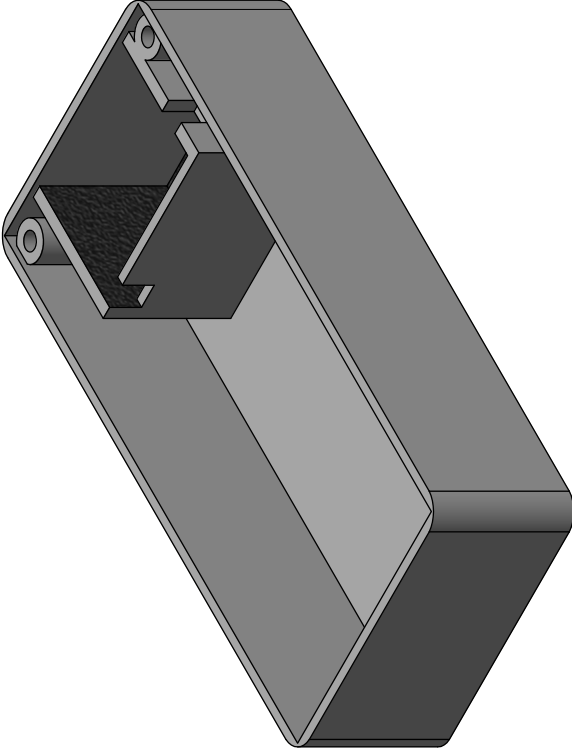
DRAWN	19/2/2024	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CHECKED		
DATE		
DESIGNED		
APPROVED		
SIZE	DWG NO	REV
3:1	1	2
SHEET		OF
2		4

Tapa Interruptor

1 2 3 4 5 6 7 8

Anexo D: Dimensiones de la caja y tapa del módulo Tomacorriente

1 2 3 4 5 6 7 8



DRAWN	19/2/2024	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CHECKED		
DATE		
DESIGN		
APPROVED		
SCALE	3:1	
SHEET	3	OF 4

Caja Tomacorriente

1 2 3 4 5 6 7 8

1 2 3 4 5 6 7 8

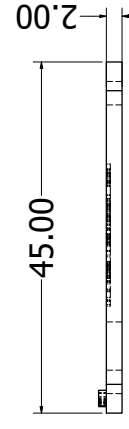
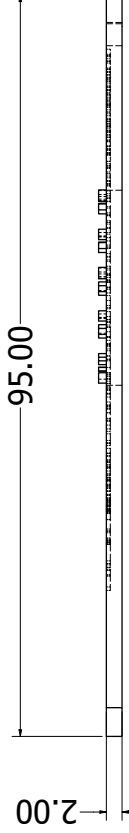
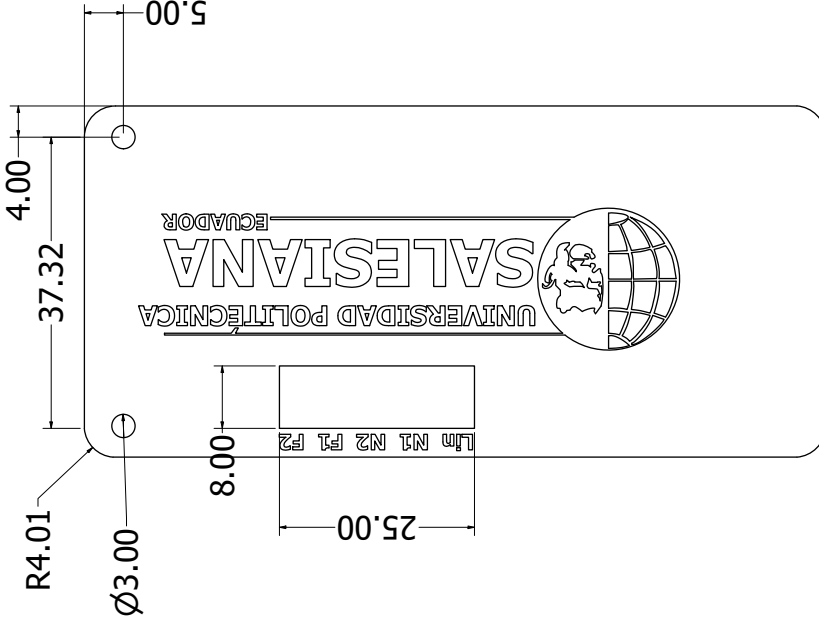
D

C

4

B

A



DRAWN	19/2/2024	TITLE	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CHECKED			
DATE			
APPROVED			
SIZE	DWG NO	REV	
3:1	1	4	
SHEET		OF	
1		4	

Tapa Tomacorriente

1 2 3 4 5 6 7 8

Anexo E: Dimensiones de la placa PCB del módulo Interruptor

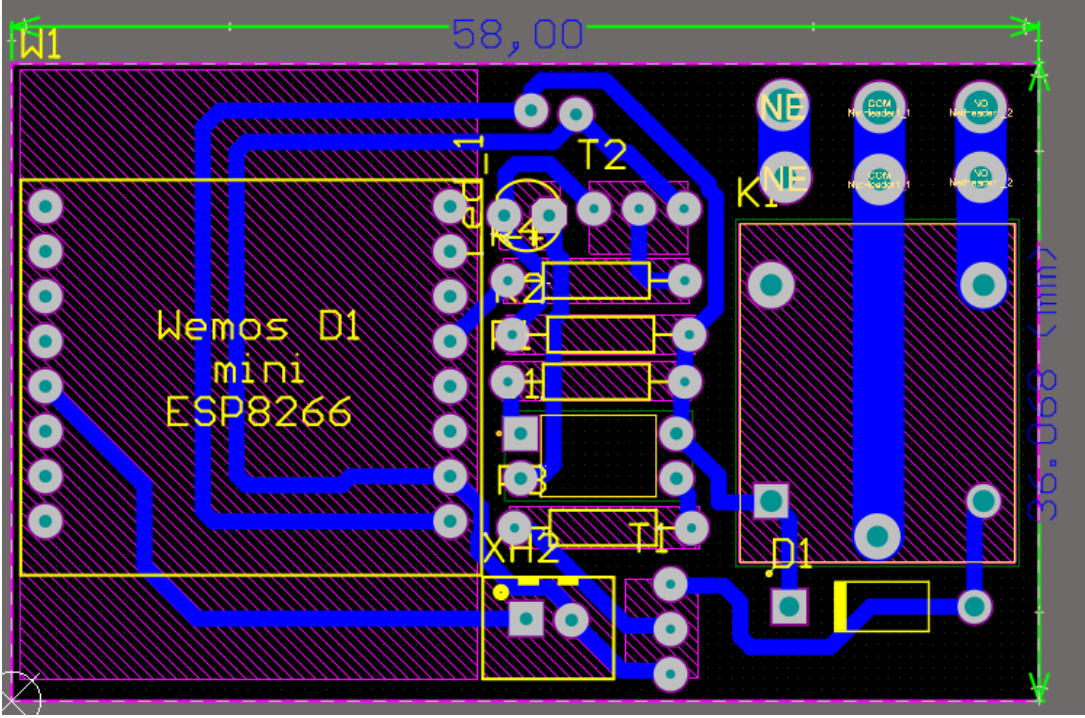


Figura 4.1: Dimensiones Placa PCB módulo Interruptor.

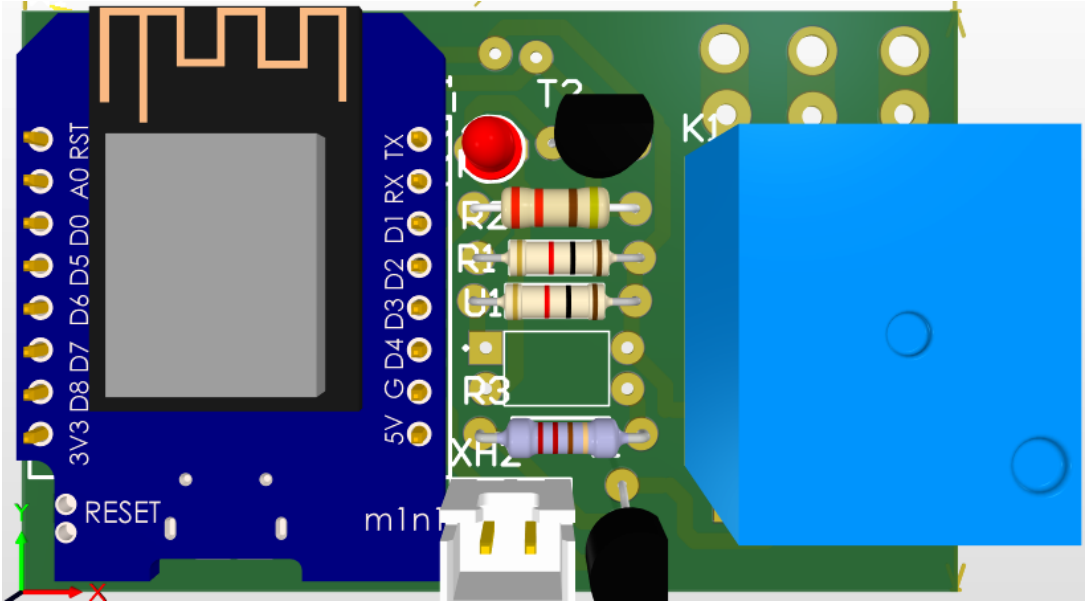


Figura 4.2: Vista 3D módulo Interruptor.

Anexo F: Dimensiones de la placa PCB del módulo Tomacorriente

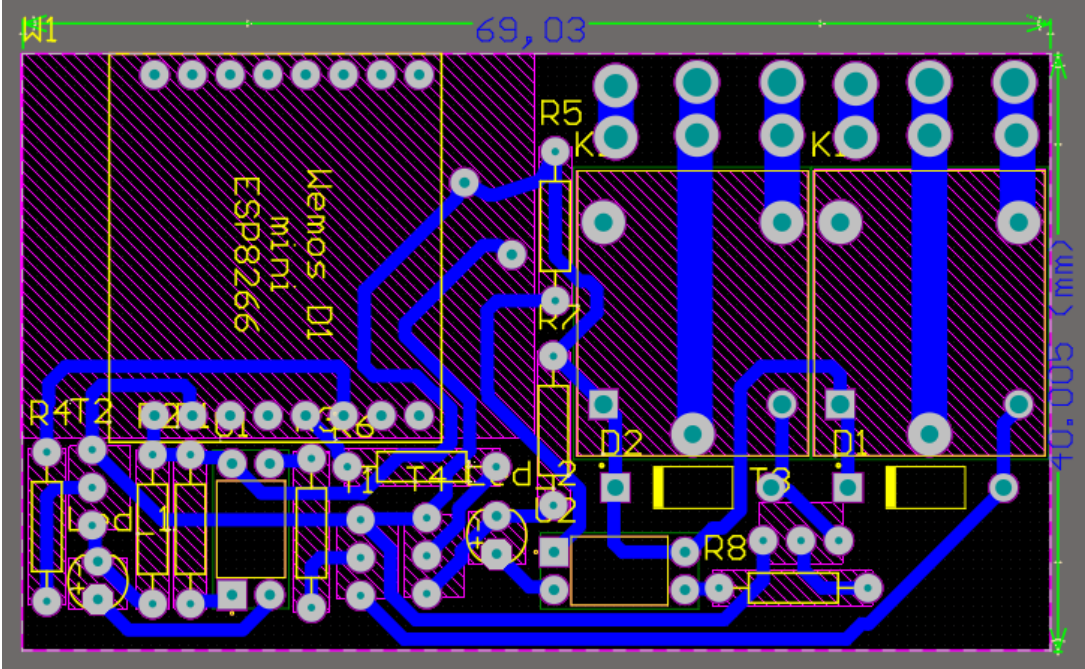


Figura 4.3: Dimensiones Placa PCB módulo Tomacorriente.

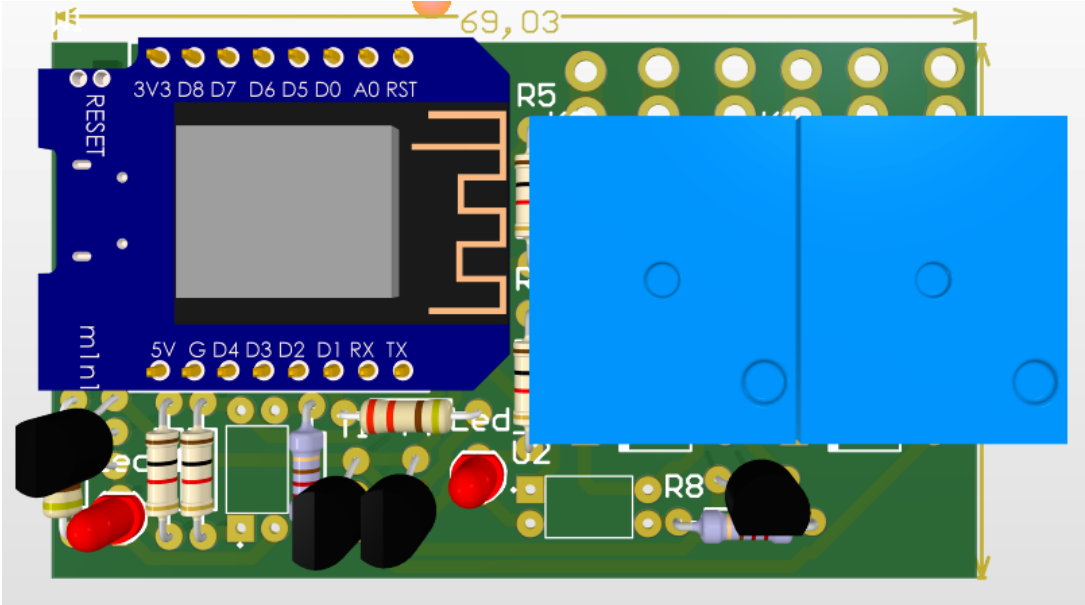


Figura 4.4: Vista 3D módulo Tomacorriente.