

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



TEMA:

MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RESIDENCIAS
MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE INTELIGENCIA IOT.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR:

Byron Javier Carrillo Cahueñas

DIRECTOR:

Ing. Ramiro Mauricio Vásquez Villarruel Msc.

Ibarra, 2025



AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1751413301		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Carrillo Cahueñas Byron Javier		
DIRECCIÓN:	Cayambe-Otón		
EMAIL:	bjcarrilloc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0960746671

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Mejoramiento de eficiencia energética en residencias mediante la integración de inteligencia IOT.
AUTOR (ES):	Carrillo Cahueñas Byron Javier
FECHA : DD/MM/AAAA	18/11/2025
PROGRAMA:	☒ PREGRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ramiro Vásquez MSc. / Ing. Francisco Naranjo MSc.

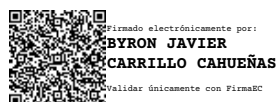


2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de Noviembre de 2025

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Byron Javier Carrillo Cahueñas



CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Ing. Ramiro Mauricio Vásquez Villarruel Msc en calidad de director del señor estudiante Byron Javier Carrillo Cahueñas certifico que ha culminado con las normas establecidas en la elaboración del Trabajo de Integración Curricular con el tema: “MEJORAMIENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN RESIDENCIAS MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE INTELIGENCIA IOT”

Para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, aprobado la defensa, impresión y empastado.



Firmado electrónicamente por:
**RAMIRO MAURICIO
VÁSQUEZ VILLARRUEL**
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Ramiro Mauricio Vásquez Villarruel Msc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



DEDICATORIAS

Primeramente, dedico este trabajo a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, lleno de fortaleza en medio del dolor y por siempre darme la valentía de seguir a pesar de los tropiezos.

Este trabajo está dedicado con todo mi amor y gratitud a mis padres, José Carrillo y Gloria Cahueñas quienes con su esfuerzo y su amor incondicional supieron apoyarme a pesar de mis caídas, con manos cansadas y corazones inquebrantables supieron guiarme en el camino que hoy estoy. Gracias por su confianza, paciencia y por enseñarme a nunca rendirme. Este éxito es tanto mío como de ustedes.

A mi hermano Edison, por haber estado como un hermano mayor cuando más lo necesitaba con sus consejos y apoyo, este logro es de los dos.

A mis hermanas, Kerly y Lesli, quienes siempre me apoyaron y estuvieron conmigo a pesar de la distancia. Gracias por estar a mi lado cada momento y espero ser un guía para mis dos hermanas.

Quiero dedicar este espacio especial a mi leal compañera de cuatro patas “Chispa”. Aunque ya no estás conmigo sé que desde el cielo me estas guiando y cuidando día a día. Este logro también es tuyo, porque has sido mi motivación silenciosa y mi fuerte constante de amor.

Finalmente, me lo dedico a mí mismo, porque este esfuerzo, sacrificio y perseverancia son prueba de mi fortaleza y determinación. Reconozco cada paso dado, cada noche de estudio, cada idea desistida ante la ansiedad y depresión y cada desafío superado.



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a mis padres y hermanos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por siempre creer en mí, incluso en los momentos de duda. Su fortaleza y sacrificio han sido mi mayor inspiración y, sin ellos, este logro no habría sido posible. Gracias por darme todo lo que necesito para seguir mis sueños y por estar siempre a mi lado en cada paso de este viaje.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por brindarme las herramientas y el espacio necesario para crecer académicamente. Un agradecimiento especial al Ing. Ramiro Vásquez, por su invaluable orientación, paciencia y dedicación durante todo el proceso. Igualmente, agradezco al Ing. Francisco Naranjo, por su apoyo y por proporcionarme los conocimientos necesarios para abordar los desafíos de este trabajo. Gracias por el compromiso que me permitió crecer tanto profesional como personalmente.

Agradezco a Nayeli, compañeros y familiares que estuvieron conmigo en este camino, gracias por su colaboración y apoyo en cada paso de este camino llamado Universidad, finalmente quiero agradecer a Cristiano Ronaldo por enseñarme su dedicación y perseverancia y ser mi ejemplo de trabajo duro y compromiso en todo momento. Les agradezco a todos y cada uno de ustedes con un gran afecto.



TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	7
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPITULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1. Problema de investigación	16
1.1.1. Problemática para investigar	16
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Alcance y delimitación	17
1.4. Justificación	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Tecnologías Existentes para la Eficiencia Energética en Residencias ...	20
2.2.1. Sistemas de Iluminación Inteligente	21
2.2.2. Electrodomésticos Inteligentes con Conectividad IoT	22
2.2.3. Interruptores y Enchufes Inteligentes	23
2.2.4. Domótica y Eficiencia Energética	24
2.2.5. Sistemas de Gestión de Energía en el Hogar (HEMS)	25
2.3. Sistemas Embebidos en IoT	27
2.3.1. Conceptos de Sistemas Embebidos	27



2.3.2.	Arquitectura Maestro-Eslavo en IoT	28
2.4.	Comunicación y Control en IoT	29
2.4.1.	Protocolos de Comunicación en IoT	30
2.4.2.	Interfaz de Usuario y Control a través de Aplicaciones Móviles ...	31
2.5.	Medición y Análisis del Consumo Energético	32
2.5.1.	Técnicas de Medición de Energía.....	32
2.5.2.	Impacto de IoT en la Reducción del Consumo Energético	32
2.6.	Aspectos Económicos y Sostenibilidad	33
2.6.1	Costo-Efectividad de Soluciones IoT	33
2.6.2	IoT y Sostenibilidad Ambiental.....	34
2.7.	Marco legal.....	34
2.7.1.	Normativas Internacionales Relacionadas con la Eficiencia Energética y IoT	34
2.7.2.	Legislación y Políticas Nacionales	35
CAPÍTULO III		37
MATERIALES Y MÉTODOS.....		37
3.1.	Enfoque y tipo de investigación	37
3.1.1.	Enfoque o paradigma.....	37
3.2.	Diseño de la investigación Materiales, equipos y software.....	38
3.2.1.	Diseño de la Investigación	38
3.2.2	Materiales, Equipos y Software	54
3.2.3.	Matriz de operacionalización de variables.	56
3.3.	Implementación del Prototipo	57
3.3.1.	Ensamblaje y Configuración de los Módulos.....	57



3.3.2.	Pruebas de Funcionamiento Individual	61
3.3.3.	Integración del Sistema	62
3.4.	Desarrollo del Software y Comunicación.....	62
3.4.1.	Programación de los Módulos ESP32	63
3.4.2.	Implementación del Protocolo MQTT	64
3.4.3.	Desarrollo de la Interfaz de Usuario.....	65
3.4.4.	Pruebas de Comunicación	66
CAPITULO IV		68
RESULTADOS Y ANÁLISIS		68
4.1.	Resultados.....	68
4.1.1.	Módulo de conteo	68
4.1.2.	Módulo de control lumínico	71
4.1.3.	Módulo de Tomacorriente	73
4.1.4.	Modulo central.....	77
4.2.	Análisis de Resultados.....	79
4.2.1.	Análisis del consumo implementado IoT	80
4.2.4.	Eficiencia Energética Lograda.....	82
CONCLUSIONES.....		86
RECOMENDACIONES		87
BIBLIOGRAFÍA		88
ANEXOS.....		93
Anexo 1: Entrevistas		93
Anexo 2: Diagrama de bloques		96



Anexo 3: Diagrama electrónico	98
Anexo 4: Flujograma del Sistema	99
Anexo 5: Datos módulo de conteo	100
Anexo 6: Datos módulo control lumínico	109
Anexo 7: Datos módulo tomacorriente	121
Anexo 8: Datos modulo central mes de Marzo	129
Anexo 9: Datos modulo central mes de Abril	131
Anexo 10: Datos modulo central mes de Mayo	133
Anexo 11: Datos modulo central mes de Junio	135
Anexo 12: Datos modulo central mes de Julio	137
Anexo 13: Códigos de programación	139
Anexo 14: Fichas técnicas	146



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica del diseño de la investigación.	38
Figura 2. Diagrama de conexiones Modulo Central	47
Figura 3. Módulo de conteo	48
Figura 4. Módulo de Tomacorriente	49
Figura 5. Diagrama de conexiones módulo control lumínico	50
Figura 6. Maquetación de App móvil	51
Figura 7. Ensamble del módulo central	58
Figura 8. Ensamble del Módulo Tomacorriente	59
Figura 9. Ensamblaje del módulo contador de personas.....	60
Figura 10. Ensamble del módulo de control lumínico	60
Figura 11. Datos recibidos de los módulos IoT.	61
Figura 12. Comando de control recibidos en el Topic Mod_Central.....	62
Figura 13. Prueba de lectura de sensores y comunicación con ESP-DAQ.....	63
Figura 14. Broker Mqtt con todos los topics de los modulares.....	64
Figura 15. Configuración del Broker MQTT	64
Figura 16. Publicación y suscripción de datos a través de topics	65
Figura 17. Aplicación móvil con valores de los sensores en tiempo real	65
Figura 18. Interfaz móvil para activación y desactivación de servicios	66
Figura 19. Prueba de conexión con Mqtt y el broker.....	67
Figura 20. Módulos del proyecto ensamblados	68
Figura 21. Sección contador de personas en App Móvil	70
Figura 22. Activación automática desde la App móvil.....	70
Figura 23. Activación manual desde la App móvil.....	73
Figura 24. Registro del refrigerador en la App Móvil.....	73
Figura 25. Sobrecarga en la App Móvil.....	76
Figura 26. Interfaz Móvil	76
Figura 27. Conexión del SCT-013	78
Figura 28. Tomacorriente controlado por Relé 1 (apagado).....	78



Figura 29. Consumo diario del mes de marzo.	79
Figura 30. Consumo de meses anteriores a la implementación	80
Figura 31. Consumo diario del mes de abril	81
Figura 32. Curva del consumo con IoT.....	81
Figura 33. Curva del consumo de 16 meses.....	82
Figura 34. Comparación de consumo energético anual con la estimación.	85
Figura 35. Diagrama de bloques modulo central.	96
Figura 36. Diagrama de bloques módulo de conteo.....	96
Figura 37. Diagrama de bloques modulo tomacorriente.....	97
Figura 38. Diagrama de bloques Modulo Luminico	97
Figura 39. Etapa APP Móvil.	97
Figura 40. Diagrama electrónico.....	98
Figura 41. Flujograma del Sistema	99



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos del Usuario.....	43
Tabla 2. Requerimientos Operacionales.	43
Tabla 3. Requerimientos del Sistema.....	44
Tabla 4. Requerimientos de arquitectura.	44
Tabla 5. Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.	54
Tabla 6. Matriz de Operacionalización de Variables.....	57
Tabla 7. Datos del módulo de conteo en el día de muestra (21/4/2025).....	69
Tabla 8. Datos del módulo de control lumínico en el día de muestra (23 de abril 2025)	71
Tabla 9. Datos del módulo de tomacorriente en el día de muestra	74
Tabla 10. Eficiencia Energética Lograda durante 4 meses	83
Tabla 11. Promedio de consumos mensuales.....	84



RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo el desarrollo e implementación de un sistema IoT para el mejoramiento de eficiencia energética en residencias. A través de la integración de múltiples módulos, se busca automatizar tareas domésticas, controlar los dispositivos del hogar y permitir la monitorización en tiempo real del consumo energético. El sistema utiliza el protocolo MQTT para la comunicación entre los dispositivos y un servidor central, garantizando una transmisión de datos fluida y rápida. La metodología empleada incluye el uso de sensores IoT, procesamiento de datos y ajustes automáticos según la ocupación de la vivienda y la disponibilidad de luz natural. Durante las pruebas realizadas, el sistema logró una reducción del 10,16% en el consumo energético, lo que demuestra su efectividad para optimizar el uso de la energía y reducir el gasto innecesario. Este ahorro se logró gracias a la capacidad del sistema para ajustar el consumo dinámicamente, apagando dispositivos no esenciales y regulando la iluminación según las necesidades del hogar. Los resultados validan la eficacia del sistema en términos de eficiencia económica y sostenibilidad ambiental, lo que refuerza su viabilidad para implementación a gran escala. Este sistema IoT representa una solución innovadora para la gestión energética residencial, contribuyendo al ahorro energético, la reducción de la huella de carbono y la mejora de la calidad de vida de los usuarios.

Palabras clave: IoT, eficiencia energética, consumo energético, ahorro energético MQTT, automatización.



ABSTRACT

This thesis aims to develop and implement an IoT system to improve energy efficiency in residential settings. Through the integration of multiple modules, the system seeks to automate household tasks, control home devices, and enable real-time monitoring of energy consumption. The system uses the MQTT protocol for communication between devices and a central server, ensuring smooth and fast data transmission. The methodology includes the use of IoT sensors, data processing, and automatic adjustments based on the occupancy of the house and the availability of natural light. During testing, the system achieved a 10.16% reduction in energy consumption, demonstrating its effectiveness in optimizing energy usage and reducing unnecessary expenditure. This energy saving was made possible by the system's ability to dynamically adjust consumption, turning off non-essential devices and regulating lighting according to the home's needs. The results validate the system's effectiveness in terms of economic efficiency and environmental sustainability, reinforcing its feasibility for large-scale implementation. This IoT system represents an innovative solution for residential energy management, contributing to energy savings, reduced carbon footprint, and improved quality of life for users.

Keywords: IoT, energy efficiency, energy consumption, energy savings, MQTT, automation.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Tema:

Mejoramiento de eficiencia energética en residencias mediante la integración de inteligencia IOT.

El problema:**1.1. Problema de investigación.*****1.1.1. Problemática para investigar.***

En Ecuador, el aumento significativo en el consumo de energía eléctrica y de combustibles fósiles en los últimos años ha resaltado la urgencia de adoptar estrategias de eficiencia energética. Este incremento, evidenciado por el aumento del 8,13% en la demanda de electricidad en 2021 y un adicional 4% en 2022 [1]. Este escenario implica no solo un aumento en los costos económicos para los usuarios sino también un impacto ambiental considerable, especialmente en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las residencias en Ecuador, que contribuyen significativamente al consumo energético total, enfrentan desafíos específicos en la gestión energética. Estos incluyen la utilización de electrodomésticos y equipos ineficientes, la falta de automatización y control en el uso de la energía, y diseños arquitectónicos que no incorporan principios de sostenibilidad. Estos factores conducen a un desperdicio significativo de recursos, elevadas huellas de carbono y una calidad de vida reducida en entornos urbanos.

La necesidad de abordar estas ineficiencias es urgente, y la literatura reciente enfatiza la importancia de adoptar tecnologías avanzadas y renovables para mejorar la eficiencia energética en las residencias ecuatorianas.

1.1.1 Formulación de la pregunta de investigación

"¿Cómo puede la adopción de tecnología IoT y sistemas embebidos en el hogar mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía en Ecuador?"



1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Mejorar la eficiencia energética en residencias a través de la implementación de tecnología IoT, centrada en la gestión inteligente y sostenible del consumo energético.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Describir las tecnologías existentes emergentes para optimizar la eficiencia energética en residencias.
- Elaborar el diseño técnico eléctrico y de sistema del módulo para la optimización del consumo energético.
- Implementar un prototipo funcional integrando tecnologías IoT

1.3. Alcance y delimitación

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un sistema integrado con tecnología IoT para optimizar la eficiencia energética en residencias. Se realizará una descripción detallada de las tecnologías emergentes que pueden contribuir a este fin, incluyendo una revisión de las mejores prácticas y soluciones innovadoras en el ámbito de la eficiencia energética.

El diseño del sistema se centrará en la arquitectura del módulo formado por sistemas embebidos intercomunicados, maestro-esclavo, delegando diferentes funcionalidades, en este caso se trabajará con un Esp32 como master encargado de reagrupar la información del esclavo y vincular la comunicación IOT por MQTT al web socket y este a su vez a la app móvil para el monitoreo y control del accionamiento de los dispositivos eléctricos en tiempo real; el esclavo en este caso el Arduino, se tendrá la funcionalidad de una DAQ (Tarjeta de adquisición de datos) adquiriendo diversos datos y enviándolos por comunicación serial al master.

La fase de construcción abarcará el ensamblaje y programación de un prototipo funcional del sistema, utilizando tecnología IoT disponible en el mercado en el contexto ecuatoriano. Se validará la funcionalidad del prototipo en un entorno controlado, evaluando su usabilidad, eficacia en la gestión del consumo energético y la interfaz de usuario de la aplicación móvil.



El alcance del proyecto se limitará a la creación y validación de este prototipo funcional implementada en una residencia, sin incluir la implementación a gran escala o el despliegue comercial del sistema. Además, se considerarán las implicaciones económicas de la implementación de este tipo de tecnología en residencias.

Finalizando se validará la eficiencia energética del sistema, implementando procesos de medición de consumo energético mensual, con el dispositivo y sin el dispositivo, denotando las diferencias numéricas del mismo.

1.4. Justificación

Este proyecto se enfoca en mejorar la eficiencia energética en residencias en Ecuador a través de la integración de tecnología IoT, abordando directamente el creciente consumo de energía y sus consecuencias ambientales. Dada la tendencia de aumento en el consumo energético en el país, esta iniciativa es crucial para alinear los esfuerzos locales con las metas globales de combate al cambio climático y promoción del desarrollo sostenible.

Además, los residentes de viviendas en Ecuador serán los principales beneficiarios, ya que experimentarán una notable reducción en sus facturas de energía y disfrutarán de una gestión más eficiente y automatizada del consumo energético. Este enfoque no solo mejora la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental, sino que también fortalece la resiliencia y autonomía energética del país, aspectos fundamentales para el bienestar.

Finalmente, la viabilidad del proyecto se ve robustecida por el marco legal existente en Ecuador, que promueve activamente la eficiencia energética y el uso de tecnologías renovables. Legislaciones como la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica brindan un respaldo sólido para la implementación de soluciones eficientes y la adopción de tecnologías innovadoras en el sector energético. Este soporte legal asegura un entorno favorable para la ejecución del proyecto, garantizando un impacto positivo y duradero.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El creciente interés en la eficiencia energética en residencias en Ecuador se ha intensificado en los últimos años, especialmente con la promulgación de nuevas regulaciones como el Reglamento General de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, la Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021 REGULACIÓN Nro. ARCERNNR-001 y Reglamento General de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, que implica el desarrollo de tecnologías modernas [1]. Este enfoque no solo responde a la necesidad de reducir los costos y el consumo de energía sino también a una conciencia ambiental más amplia y a los esfuerzos por mitigar el cambio climático [2].

En el escenario actual, Ecuador enfrenta varios desafíos relacionados con la implementación de estrategias de eficiencia energética, incluido el desarrollo de infraestructura adecuada, la inversión en tecnología, y la educación y concienciación pública [3]. Además, la integración de sistemas inteligentes para la gestión energética en residencias se ha convertido en un punto focal para mejorar el control y la sostenibilidad [4]. Dentro de este contexto, se han realizado estudios significativos para evaluar y proponer metodologías que midan la eficiencia energética, especialmente en viviendas unifamiliares y sectores residenciales específicos [5]. Estos esfuerzos son cruciales para alinear las prácticas actuales con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo y los planes nacionales de electrificación. Además, la eficiencia energética en el sector residencial ha tomado un papel central en la política energética nacional, con iniciativas específicas que buscan transformar la construcción de viviendas y la renovación de edificios existentes. Estas iniciativas se han visto reflejadas en proyectos piloto que incorporan tecnologías avanzadas para el monitoreo y control del consumo energético, demostrando un potencial significativo para la reducción de emisiones y costos [4]. Sin embargo, a pesar de los avances, la adopción de estas tecnologías enfrenta barreras significativas, incluyendo la falta de financiamiento, la resistencia al cambio por parte de los consumidores, y la



necesidad de más investigaciones que guíen las políticas y regulaciones. La literatura existente sugiere que superar estas barreras requerirá un enfoque multifacético que incluya incentivos financieros, programas de educación y concienciación, y una colaboración más fuerte entre el gobierno, la industria, y las comunidades académicas [6].

Adicionalmente, la transición hacia un modelo energético más sostenible en Ecuador implica la diversificación de sus fuentes de energía, priorizando el uso de energías renovables, y la eficiencia energética en todos los sectores. Esta transformación, aunque prometedora, enfrenta desafíos en términos de inversiones altas, falta de lineamientos regulatorios, necesidad de reformas y adaptación tecnológica. La inversión en energías renovables, aunque costosa inicialmente, reduce significativamente los costos operativos a largo plazo y tiene un impacto positivo en el medio ambiente [7]. Por otro lado, la implementación exitosa de estas tecnologías requiere un marco regulatorio adecuado que incentive la innovación y la inversión en el sector [8]. Además, C. Sandoval-Ruiz enfatiza la importancia de la adaptación tecnológica y la capacitación en nuevas tecnologías como un paso crucial para asegurar la viabilidad a largo plazo de estas iniciativas energéticas [9]. La investigación subraya la importancia de políticas gubernamentales sólidas y programas de incentivos para superar las barreras financieras y estructurales, facilitando así una transición fluida hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles.

En este sentido, el presente estudio busca contribuir a este campo emergente de investigación, explorando no solo las tecnologías y estrategias prácticas para mejorar la eficiencia energética sino también los aspectos socioeconómicos y regulatorios que influirán en la adopción y el éxito de estas tecnologías. Al hacerlo, este trabajo se alinea con los esfuerzos nacionales e internacionales para combatir el cambio climático y promover un futuro más sostenible y resiliente.

2.2. Tecnologías Existentes para la Eficiencia Energética en Residencias

En el campo de la eficiencia energética residencial, se encuentra en la cúspide de una revolución tecnológica. Innovaciones como los Sistemas de Gestión de Energía en el



Hogar (HEMS) y la Domótica están transformando nuestras viviendas en espacios más inteligentes y energéticamente eficientes, marcando el camino hacia un futuro sostenible y conectado.

2.2.1. Sistemas de Iluminación Inteligente

Los sistemas de iluminación inteligente representan una revolución en la gestión de la luz en el hogar, combinando tecnología LED con controles avanzados y conectividad para optimizar el uso de la energía [10].

Características Principales

Características clave de los sistemas de iluminación inteligente:

- **Automatización y Control Remoto:** Permiten el control de la iluminación a través de dispositivos móviles o asistentes de voz, incluyendo la programación y ajuste de la intensidad y el color de la luz.
- **Sensores Integrados:** Incluyen sensores de movimiento y luz ambiental para ajustar automáticamente la iluminación según la necesidad.

Beneficios en Residencias

Los sistemas de iluminación inteligente benefician a las residencias de varias maneras, a continuación, se detallan algunos de los beneficios que se pueden obtener:

- **Ahorro de Energía:** Reducen significativamente el consumo de energía en comparación con los sistemas de iluminación tradicionales.
- **Mejora del Confort y la Comodidad:** Ofrecen una iluminación personalizada que mejora la experiencia del usuario en el hogar.

Desafíos y Consideraciones

Desafíos y consideraciones en la implementación de sistemas de iluminación inteligente:

- **Costo Inicial:** La inversión inicial puede ser más alta en comparación con los sistemas de iluminación tradicionales.



- **Complejidad de la Instalación:** Puede requerir una instalación especializada y configuración de la red doméstica.

Los sistemas de iluminación inteligente representan un avance significativo en la eficiencia energética y el confort del hogar, ofreciendo ahorros de energía y una experiencia de iluminación personalizada.

2.2.2. *Electrodomésticos Inteligentes con Conectividad IoT*

Los electrodomésticos inteligentes con conectividad IoT transforman la manera en que se interactúa con los aparatos del hogar, ofreciendo una gestión energética más eficiente y personalizada [11].

Características Principales

Principales características de los electrodomésticos inteligentes:

- **Control y Monitoreo Remoto:** Permiten el control y monitoreo de electrodomésticos a través de aplicaciones móviles, incluso cuando no se está en casa.
- **Programación Inteligente:** Pueden programarse para operar en momentos de menor demanda energética o adaptar su funcionamiento a patrones de uso.

Beneficios en Residencias

Beneficios de los electrodomésticos inteligentes en el hogar:

- **Reducción del Consumo Energético:** Optimizan el uso de la energía, reduciendo el consumo y los costos asociados.
- **Conveniencia y Eficiencia:** Mejoran la comodidad y eficiencia en las tareas del hogar.

Desafíos y Consideraciones

Desafíos en la adopción de electrodomésticos inteligentes:

- **Interoperabilidad:** La compatibilidad entre diferentes marcas y sistemas puede ser un desafío.



- Seguridad de la Red: La conectividad IoT requiere medidas robustas de seguridad para proteger contra accesos no autorizados.

Los electrodomésticos inteligentes con conectividad IoT mejoran significativamente la eficiencia energética y la comodidad en el hogar, adaptándose a las necesidades modernas de gestión energética.

2.2.3. Interruptores y Enchufes Inteligentes

Los interruptores y enchufes inteligentes son una solución sencilla pero efectiva para controlar y automatizar el uso de la energía en dispositivos y aparatos eléctricos en el hogar [12].

Características Principales

Características fundamentales de los interruptores y enchufes inteligentes:

- **Control Remoto y Programación:** Permiten el encendido y apagado remoto de dispositivos, así como la programación de horarios de funcionamiento.
- **Integración con Sistemas de Hogar Inteligente:** Pueden integrarse con otros dispositivos inteligentes y sistemas de automatización del hogar.

Beneficios en Residencias

Ventajas de los interruptores y enchufes inteligentes en el hogar:

- **Reducción del Consumo de Energía en Modo de Espera:** Evitan el consumo innecesario de energía de dispositivos en modo de espera.
- **Conveniencia y Control Mejorado:** Ofrecen una gestión más cómoda y eficiente de los dispositivos eléctricos.

Desafíos y Consideraciones

Desafíos asociados con los interruptores y enchufes inteligentes:

- **Necesidad de Conectividad Wi-Fi:** Requieren una red Wi-Fi, si no se requiere una óptima red dentro del hogar el sistema no funcionara bien.



- **Consideraciones de instalación:** para instalar la mayoría de los equipos es necesario un método invasivo en la estructura de la casa, lo cual requiere trabajo de albañilería.

2.2.4. *Domótica y Eficiencia Energética*

La domótica, o automatización del hogar, se ha convertido en un componente esencial para mejorar la eficiencia energética en las residencias modernas. Integrando tecnologías avanzadas, la domótica permite controlar y automatizar diversos sistemas y dispositivos del hogar, lo que lleva a una gestión energética más inteligente y sostenible [13].

Características Principales

La domótica se caracteriza por su capacidad para integrar y controlar de manera inteligente los sistemas del hogar. Entre sus características principales se incluyen:

- ✓ **Control Automatizado:** Permite la automatización de tareas como el ajuste de la iluminación, la climatización y el funcionamiento de electrodomésticos, optimizando el uso de la energía.
- ✓ **Interconexión de Dispositivos:** Integra diversos dispositivos y sistemas a través de una red, permitiendo un control centralizado y remoto.
- ✓ **Personalización y Adaptabilidad:** Ofrece la posibilidad de personalizar escenarios y ajustes según las preferencias y hábitos de los usuarios.

Beneficios en Residencias

La implementación de sistemas de domótica en el hogar ofrece varios beneficios, incluyendo:

- ✓ **Reducción del Consumo Energético:** Ayuda a reducir el consumo de energía mediante la gestión eficiente y automatizada de dispositivos y sistemas.
- ✓ **Aumento del Confort y la Comodidad:** Mejora la calidad de vida de los residentes al proporcionar un control fácil y personalizable de su entorno.



- ✓ **Monitoreo y Control Remoto:** Permite a los usuarios monitorear y controlar su hogar de forma remota, lo que aumenta la seguridad y la eficiencia energética.

Desafíos y Consideraciones

La adopción de la domótica también presenta desafíos y consideraciones, como:

- ✓ **Costo de Implementación:** La instalación de sistemas de domótica puede requerir una inversión inicial significativa.
- ✓ **Complejidad Tecnológica:** La integración de diferentes dispositivos y sistemas puede ser compleja y requerir asistencia técnica especializada.
- ✓ **Seguridad y Privacidad de Datos:** Es crucial asegurar la protección de los datos personales y la seguridad de la red doméstica.

En resumen, la domótica es un pilar fundamental en la eficiencia energética residencial, ofreciendo no solo ahorros significativos en el consumo de energía, sino también mejorando la calidad de vida de los habitantes. A medida que la tecnología avanza y se vuelve más accesible, la domótica se perfila como una solución cada vez más popular para hogares inteligentes y sostenibles.

2.2.5. *Sistemas de Gestión de Energía en el Hogar (HEMS)*

Los Sistemas de Gestión de Energía en el Hogar (HEMS) representan un avance tecnológico crucial en la eficiencia energética residencial. Estos sistemas inteligentes permiten a los usuarios controlar y optimizar el uso de la energía en sus hogares, integrando dispositivos y sistemas para una gestión energética más eficaz y consciente [14].

Características Principales

Los HEMS se caracterizan por su capacidad para integrar y gestionar de manera inteligente el consumo energético del hogar [15]. Entre sus características principales se incluyen:



- ✓ **Monitoreo en Tiempo Real:** Proporcionan información detallada sobre el consumo de energía en tiempo real, permitiendo a los usuarios identificar y reducir el gasto energético.
- ✓ **Automatización y Control Remoto:** Permiten la programación y control remoto de dispositivos y sistemas, optimizando el uso de la energía según las necesidades y preferencias del usuario.
- ✓ **Integración con Dispositivos Inteligentes:** Se integran con una variedad de dispositivos inteligentes y sistemas de energía renovable, como paneles solares y baterías de almacenamiento.

Beneficios en Residencias

Los HEMS ofrecen varios beneficios para las residencias, incluyendo:

- ✓ **Reducción de Costos de Energía:** Ayudan a reducir los costos de energía mediante la gestión eficiente del consumo y la optimización del uso de dispositivos.
- ✓ **Mejora en la Sostenibilidad:** Contribuyen a un hogar más sostenible al reducir el consumo innecesario de energía y fomentar el uso de fuentes renovables.
- ✓ **Confort y Conveniencia:** Mejoran el confort y la conveniencia a través de la automatización y el control inteligente de la climatización, iluminación y otros sistemas.

Desafíos y Consideraciones

La implementación de HEMS implica ciertos desafíos y consideraciones, como:

- ✓ **Complejidad y Costo de Instalación:** La instalación de HEMS puede ser compleja y requerir una inversión inicial significativa.
- ✓ **Interoperabilidad y Estándares:** Asegurar la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y sistemas puede ser un desafío.
- ✓ **Privacidad y Seguridad de Datos:** La gestión de datos personales y la seguridad de los sistemas son aspectos críticos para considerar.



Conclusión

En conclusión, los Sistemas de Gestión de Energía en el Hogar son una herramienta poderosa para mejorar la eficiencia energética en residencias. Al proporcionar un control detallado y automatizado del consumo de energía, los HEMS no solo ofrecen ahorros económicos y beneficios ambientales, sino que también mejoran la calidad de vida de los usuarios.

2.3. Sistemas Embebidos en IoT

En el núcleo de la revolución del Internet de las Cosas (IoT) se encuentran los sistemas embebidos, componentes esenciales que fusionan hardware y software para realizar funciones específicas dentro de dispositivos IoT. Estos sistemas son fundamentales para habilitar la inteligencia y conectividad en una amplia gama de aplicaciones, desde electrodomésticos inteligentes hasta soluciones industriales avanzadas. Esta sección explora los conceptos clave y la arquitectura subyacente de los sistemas embebidos en el contexto de IoT, destacando cómo estos sistemas se han convertido en el pilar de la interacción inteligente y autónoma entre dispositivos.

2.3.1. Conceptos de Sistemas Embebidos

La integración de Tiny Machine Learning (TinyML) en sistemas embebidos para aplicaciones de visión en IoT es un ejemplo destacado de cómo estos sistemas pueden ser optimizados para realizar tareas de procesamiento de datos complejas en dispositivos con recursos limitados. Esta capacidad de realizar tareas específicas, como el aprendizaje automático, de manera eficiente y con un consumo mínimo de recursos, es fundamental en el desarrollo de sistemas embebidos para IoT [16].

Además, la implementación de una arquitectura resistente a ataques en sistemas IoT homogéneos resalta la importancia crítica de la seguridad en el diseño de sistemas embebidos, enfatizando la protección de la integridad y la confidencialidad de los datos. La STTRAM puede jugar un papel importante en este contexto, ya que su naturaleza robusta puede ayudar a mitigar ciertos tipos de vulnerabilidades [17].



El desarrollo de métodos ligeros para la clasificación de malware, como el uso de técnicas de reconocimiento de imágenes, demuestra la necesidad de mantener la integridad y el rendimiento de los sistemas embebidos en entornos IoT, sin comprometer su funcionalidad [18].

2.3.2. Arquitectura Maestro-Esclavo en IoT

La arquitectura maestro-esclavo en IoT es un modelo fundamental que define la interacción y comunicación entre dispositivos en redes de Internet de las Cosas. Este modelo, caracterizado por un dispositivo maestro que controla y coordina múltiples dispositivos esclavos, es crucial para la eficiencia y efectividad en la gestión de redes IoT. Su aplicación abarca desde sistemas domésticos inteligentes hasta complejas redes industriales, facilitando la centralización del control y la recopilación de datos. Esta sección explora los aspectos clave de la arquitectura maestro-esclavo en IoT, destacando su importancia, funcionalidad y los desafíos asociados con su implementación en el creciente ecosistema de dispositivos conectados [19].

- **Definición y Principios Básicos:**

- La arquitectura maestro-esclavo es un modelo de comunicación donde un dispositivo (maestro) controla uno o más dispositivos (esclavos).
- En IoT, esta arquitectura permite una gestión centralizada y eficiente de múltiples dispositivos conectados.
- El dispositivo maestro envía comandos a los dispositivos esclavos y puede solicitar datos o iniciar acciones.

- **Aplicaciones en IoT:**

- Comúnmente utilizada en automatización del hogar, sistemas industriales, y redes de sensores.
- Permite la recopilación y análisis centralizado de datos desde múltiples fuentes.
- Facilita la implementación de acciones coordinadas entre diferentes dispositivos IoT.



- Ventajas:
 - Simplificación de la gestión de redes: un solo dispositivo maestro controla múltiples esclavos.
 - Eficiencia en la comunicación: reduce la complejidad y el tráfico de red al centralizar las decisiones y comandos.
 - Escalabilidad: facilita la adición de nuevos dispositivos esclavos sin alterar significativamente la estructura de la red.
- Desafíos y Consideraciones:
 - Dependencia del dispositivo maestro: un fallo en el maestro puede afectar a toda la red.
 - Seguridad: la centralización puede crear un punto único de fallo que debe ser protegido robustamente.
 - Diseño y mantenimiento: requiere una planificación cuidadosa para garantizar la eficiencia y la fiabilidad del sistema.
- Evolución y Tendencias Futuras:
 - Integración con tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial para mejorar la toma de decisiones.
 - Desarrollo de protocolos de comunicación más robustos y seguros para soportar redes maestro-esclavo más complejas y distribuidas.
 - Aumento de la autonomía de los dispositivos esclavos para mejorar la resiliencia y eficiencia de la red.

Este desglose proporciona una visión general de la arquitectura maestro-esclavo en el contexto de IoT, abarcando desde sus principios básicos hasta sus aplicaciones, ventajas, desafíos y tendencias futuras. Este modelo de arquitectura juega un papel crucial en la gestión eficiente y efectiva de dispositivos en entornos IoT.

2.4. Comunicación y Control en IoT

En el corazón del Internet de las Cosas (IoT) se encuentra la comunicación y el control, componentes esenciales que permiten la interacción y el funcionamiento



inteligente de los dispositivos conectados. Esta área abarca desde los protocolos de comunicación que facilitan el intercambio de datos entre dispositivos y sistemas, hasta las interfaces de usuario que permiten a los humanos interactuar y controlar eficazmente estos dispositivos. En esta sección, se podrá analizar los protocolos de comunicación clave en IoT, destacando cómo facilitan una red interconectada y eficiente, y se examina las interfaces de usuario y el control a través de aplicaciones móviles, resaltando su importancia en la creación de una experiencia de usuario intuitiva y accesible. Estos aspectos son fundamentales para el éxito y la adopción generalizada de soluciones IoT, ya que definen la eficacia con la que los dispositivos pueden comunicarse y ser controlados en una variedad de aplicaciones.

2.4.1. Protocolos de Comunicación en IoT

Los protocolos de comunicación son fundamentales en el ecosistema del Internet de las Cosas (IoT), proporcionando las reglas y estructuras necesarias para la transferencia eficiente y segura de datos entre dispositivos conectados. En IoT, la diversidad de aplicaciones y la variedad de dispositivos con diferentes capacidades y requisitos exigen un conjunto de protocolos especializados. Desde MQTT, conocido por su eficiencia en entornos con ancho de banda limitado, hasta CoAP, diseñado para dispositivos con recursos restringidos, y protocolos inalámbricos como Bluetooth Low Energy (BLE) y Zigbee, adaptados para la comunicación a corta distancia y la automatización del hogar, cada protocolo desempeña un papel único en el vasto panorama de IoT. Esta sección explora los protocolos de comunicación más importantes en IoT, destacando sus características, aplicaciones y la importancia de la seguridad en su implementación [20].

- **CoAP (Constrained Application Protocol):**
 - Diseñado para dispositivos de escasos recursos y redes de baja capacidad.
 - Utiliza un modelo de solicitud/respuesta similar a HTTP, pero es más ligero y adecuado para entornos de IoT.
 - Soporta descubrimiento de recursos y observación de recursos, lo que lo hace ideal para aplicaciones de IoT en tiempo real [21].



- **AMQP (Advanced Message Queuing Protocol):**
 - Un protocolo de mensajería orientado a mensajes que proporciona capacidades robustas de mensajería.
 - Es útil para sistemas empresariales y aplicaciones IoT que requieren alta fiabilidad y seguridad en la entrega de mensajes.
 - Soporta una variedad de patrones de mensajería y es altamente escalable.
- **WebSocket:**
 - Proporciona una comunicación full-duplex sobre una única conexión TCP, lo que lo hace adecuado para aplicaciones IoT en tiempo real que requieren una comunicación bidireccional continua.
 - Es ampliamente utilizado para aplicaciones web en tiempo real y puede ser integrado en sistemas IoT para una interacción en tiempo real entre el dispositivo y el servidor.
- **Zigbee y Z-Wave:**
 - Protocolos de comunicación inalámbrica diseñados para la automatización del hogar y aplicaciones de IoT de baja potencia.
 - Zigbee es conocido por su capacidad para crear grandes redes de malla con bajo consumo de energía.
 - Z-Wave se utiliza comúnmente para aplicaciones de domótica, ofreciendo una alta interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes.
- **Bluetooth y BLE (Bluetooth Low Energy):**
 - Bluetooth es ampliamente utilizado para la comunicación a corta distancia en dispositivos IoT.
 - BLE es una variante de bajo consumo de Bluetooth, ideal para dispositivos IoT que funcionan con baterías y requieren una comunicación periódica o esporádica [22].

2.4.2. Interfaz de Usuario y Control a través de Aplicaciones Móviles

En el mundo interconectado del Internet de las Cosas (IoT), las interfaces de usuario y el control a través de aplicaciones móviles juegan un papel crucial en la interacción



entre los humanos y los dispositivos inteligentes. Estas interfaces actúan como el puente entre la complejidad tecnológica de los sistemas IoT y la experiencia del usuario, facilitando el control intuitivo y el acceso a la información en tiempo real. Las aplicaciones móviles, en particular, se han convertido en una herramienta esencial para la gestión y el monitoreo de dispositivos IoT, ofreciendo una plataforma accesible y conveniente para los usuarios. En esta sección, se constata cómo las interfaces de usuario en aplicaciones móviles están diseñadas para mejorar la interacción con dispositivos IoT, abordando aspectos como la usabilidad, la personalización y la integración de funciones avanzadas. Además, existen desafíos y tendencias en el diseño de estas interfaces, incluyendo la importancia de la experiencia del usuario y la seguridad en el desarrollo de aplicaciones móviles para IoT [23].

2.5. Medición y Análisis del Consumo Energético

2.5.1. Técnicas de Medición de Energía

Las técnicas de medición de energía en IoT se centran en monitorear y registrar el consumo de energía de los dispositivos conectados. El objetivo es obtener datos precisos y detallados sobre el uso de la energía para identificar patrones de consumo, detectar ineficiencias y proporcionar información para la toma de decisiones [24].

- **Métodos y Herramientas:** Incluyen desde sensores de energía integrados en dispositivos IoT hasta sistemas de gestión de energía que recopilan datos de múltiples fuentes. Estas herramientas pueden variar en complejidad, desde simples medidores de consumo hasta sistemas avanzados que utilizan algoritmos de aprendizaje automático para analizar y predecir patrones de consumo.

2.5.2. Impacto de IoT en la Reducción del Consumo Energético

IoT tiene el potencial de reducir significativamente el consumo de energía mediante la automatización y la optimización de procesos. Los dispositivos IoT pueden ajustar automáticamente el uso de energía en función de patrones de comportamiento, condiciones ambientales y otros factores [25].



- **Aplicaciones y Casos de Uso:** Desde la automatización del hogar y la gestión inteligente de edificios hasta la optimización de la red eléctrica y las aplicaciones industriales, IoT permite una amplia gama de aplicaciones para mejorar la eficiencia energética.
- **Beneficios y Desafíos:** La implementación de IoT para la reducción del consumo energético ofrece beneficios como la disminución de costos operativos y la reducción de la huella de carbono. Sin embargo, también presenta desafíos, como la necesidad de garantizar la seguridad de los datos y la integración efectiva de sistemas heterogéneos.

2.6. Aspectos Económicos y Sostenibilidad

El Internet de las Cosas (IoT) no solo representa una revolución tecnológica, sino que también implica importantes consideraciones económicas y de sostenibilidad. En esta sección, se aborda cómo las soluciones IoT pueden equilibrar la eficiencia operativa con la responsabilidad ambiental y económica. Se explora el costo-efectividad de las soluciones IoT, examinando cómo la inversión en tecnologías inteligentes puede traducirse en ahorros significativos y beneficios a largo plazo. Además, se analiza el impacto de IoT en la sostenibilidad ambiental, destacando cómo la adopción de tecnologías IoT puede contribuir a la reducción de la huella de carbono y promover prácticas sostenibles en diversos sectores. Estos aspectos son fundamentales para comprender el valor integral de IoT y su papel en la promoción de un futuro más sostenible y económicamente viable.

2.6.1 Costo-Efectividad de Soluciones IoT

Basado en "Energy-Sustainable IoT Connectivity: Vision, Technological Enablers, Challenges, and Future Directions" por Onel A. López et al., este subtema aborda cómo las soluciones IoT pueden equilibrar el crecimiento económico con la integridad ambiental. El estudio destaca la importancia de desarrollar sistemas IoT autosostenibles que minimicen la dependencia de recursos externos y utilicen eficientemente fuentes de energía renovables. Los desafíos discutidos incluyen el consumo de energía y la



fabricación de dispositivos IoT, enfatizando la necesidad de sistemas que sean energéticamente eficientes y económicamente viables. Este enfoque hacia sistemas IoT autosostenibles es clave para reducir los impactos económicos, sociales y ambientales negativos a largo plazo [26].

2.6.2 IoT y Sostenibilidad Ambiental

Basado en "IoT for Green Building Management" por Wayes Tusharq et al., (2022), este subtema explora el uso de IoT en la gestión de edificios verdes. La integración de tecnologías IoT en los sistemas de gestión de edificios mejora la eficiencia energética y contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la huella de carbono. El artículo resalta la importancia de sistemas inteligentes en la monitorización y control del consumo de energía, permitiendo una gestión más efectiva y rentable de los recursos energéticos en edificios. Este enfoque en la gestión de edificios verdes mediante IoT representa un paso significativo hacia la creación de entornos urbanos más sostenibles y eficientes [27].

2.7. Marco legal

El desarrollo de un marco legal sólido es fundamental para promover la eficiencia energética y la implementación de tecnologías IoT en residencias. Este marco legal no solo establece directrices y estándares, sino que también proporciona incentivos y apoyo para la adopción de estas tecnologías. A continuación, se presenta un esquema general del marco legal relevante.

2.7.1. Normativas Internacionales Relacionadas con la Eficiencia Energética y IoT

En el ámbito internacional, diversas normativas y acuerdos han sido establecidos como pilares fundamentales para guiar a las naciones hacia un futuro más sostenible y eficiente en términos energéticos. Entre estas, los Acuerdos de París sobre Cambio Climático y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU se destacan por su enfoque integral y su alcance global. Estas normativas no solo representan un compromiso colectivo para combatir el cambio climático y promover el desarrollo sostenible, sino que también establecen metas específicas y proporcionan un marco para la acción y



cooperación internacional. Al examinar estas normativas, se puede comprender mejor cómo influyen en las políticas nacionales y locales, y cómo impulsan la adopción de prácticas y tecnologías de eficiencia energética en todo el mundo.

2.7.2. Legislación y Políticas Nacionales

En Ecuador, el marco legal nacional en torno a la eficiencia energética y el uso sostenible de la energía se ha fortalecido a través de diversas leyes y regulaciones. Estas legislaciones, que incluyen la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSEE) y las normativas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), reflejan el compromiso del país con la promoción de prácticas energéticas sostenibles y la adopción de tecnologías innovadoras. Estas leyes no solo buscan mejorar la eficiencia en el uso de la energía y reducir el impacto ambiental, sino también alinear las políticas nacionales con los objetivos globales de sostenibilidad y cambio climático. Al explorar estas leyes y regulaciones, se puede apreciar cómo Ecuador está abordando los desafíos energéticos y ambientales a través de un enfoque legislativo integral, buscando un equilibrio entre el desarrollo económico, la protección del medio ambiente y el bienestar social.

- **Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSEE):** Esta ley regula el servicio público de energía eléctrica en Ecuador, promoviendo la eficiencia energética y el uso de energías renovables. Establece el marco para la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, con un enfoque en la sostenibilidad y la protección del medio ambiente [28].
- **Regulaciones y Normativas Técnicas del INEN:** El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) establece normativas técnicas para varios productos y servicios, incluyendo aquellos relacionados con la eficiencia energética. Estas normativas pueden incluir estándares para electrodomésticos, materiales de construcción y otros productos relacionados con el consumo de energía [29].
- **Ley de Eficiencia Energética:** Si bien Ecuador ha estado trabajando en políticas de eficiencia energética, es importante verificar si se ha promulgado una ley específica



de eficiencia energética recientemente. Estas leyes suelen establecer marcos para la implementación de prácticas y tecnologías de eficiencia energética en diversos sectores [30].

- **Incentivos para Energías Renovables y Eficiencia Energética:** El gobierno ecuatoriano ha implementado varios incentivos para promover el uso de energías renovables y prácticas de eficiencia energética, como reducciones de impuestos o tarifas especiales para proyectos de energía renovable [31].



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo describe la metodología adoptada para investigar cómo la integración de tecnología IoT puede mejorar la eficiencia energética en residencias. Se detallan el enfoque, el tipo y el diseño de la investigación, así como los materiales, equipos, software, métodos, técnicas, instrumentos utilizados y el procedimiento para el análisis de datos.

3.1. Enfoque y tipo de investigación

El enfoque de esta investigación se centra en la aplicación práctica y la experimentación directa, adoptando un tipo de investigación cualitativa y cuantitativa. Este enfoque se alinea con el objetivo de diseñar e implementar un sistema IoT para mejorar la eficiencia energética en el contexto residencial. La metodología seleccionada permite la combinación de teoría y práctica, orientada a generar conocimientos funcionalmente aplicables y resultados tangibles.

3.1.1. Enfoque o paradigma

La investigación busca mejorar la eficiencia energética en residencias mediante la integración de tecnología IoT, con un enfoque ingenieril orientado a comprender y optimizar los hábitos de consumo energético de los usuarios. Este enfoque permite identificar patrones de uso y comportamientos que afectan el consumo energético, proporcionando información clave para el diseño de soluciones tecnológicas adaptadas a sus necesidades.

Para ello, se implementaron técnicas de recolección de información como entrevistas, observaciones directas y estudios de caso en entornos residenciales, lo que permitió obtener una visión detallada de las prácticas cotidianas, percepciones y actitudes de los usuarios hacia las tecnologías IoT. Los datos recopilados facilitaron el diseño y ajuste de sistemas IoT, garantizando su eficacia en la reducción del consumo energético y su adaptación a las expectativas de los usuarios.



3.2. Diseño de la investigación Materiales, equipos y software

El objetivo de esta investigación es desarrollar, implementar y validar un sistema de gestión de energía en residencias basado en tecnologías IOT. Para lograrlo, es fundamental seleccionar los materiales y equipos adecuados, así como definir claramente la metodología y las etapas de desarrollo, asegurando que los componentes tecnológicos se integren de manera efectiva con los objetivos del estudio.

3.2.1. Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación incluye la implementación de un sistema capaz de monitorear y optimizar el consumo energético en residencias mediante la automatización y el control remoto de dispositivos eléctricos. En esta sección se describe la metodología empleada para alcanzar los objetivos planteados. La metodología se organiza en fases y actividades específicas, las cuales se desarrollan a continuación.

La Figura 1 ilustra la metodología para el desarrollo del sistema de eficiencia energética en residencias mediante la integración de tecnologías IoT. Esta metodología se estructura en varias fases consecutivas, cada una con actividades específicas.

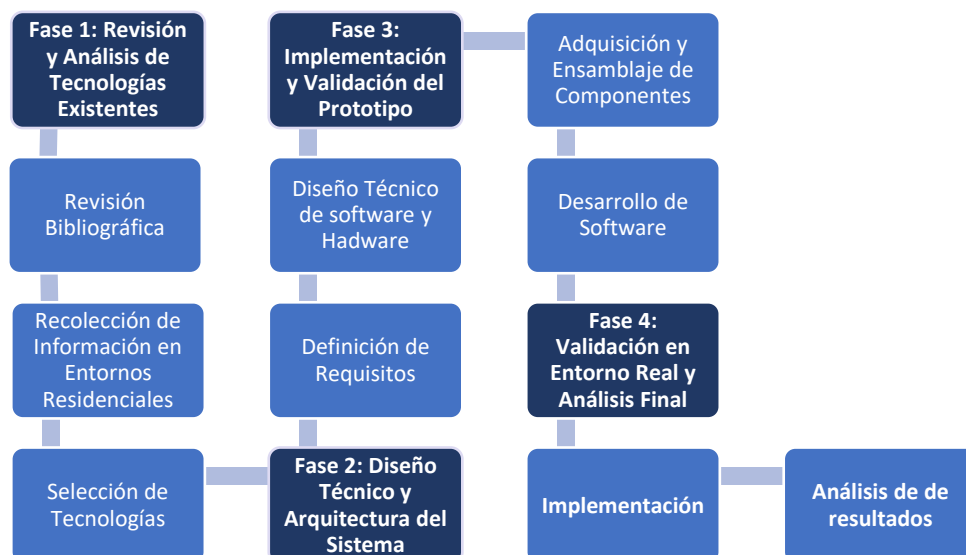


Figura 1. Representación gráfica del diseño de la investigación.



El flujograma de la Figura 1 ilustra el proceso metodológico seguido en la investigación, a continuación, se detalla cada fase y actividad:

Fase 1: Revisión y Análisis de Tecnologías Existentes

Esta fase se enfoca en explorar y analizar las tecnologías actuales y emergentes que pueden mejorar la eficiencia energética en residencias mediante la integración de IoT. A través de una revisión bibliográfica exhaustiva y entrevistas a usuarios, se identifican y seleccionan las tecnologías más prometedoras para su implementación en el sistema propuesto.

Actividad 1.1: Revisión Bibliográfica

Para la revisión bibliográfica se utilizó el método de investigación documental, se centró en identificar tecnologías emergentes y existentes para optimizar la eficiencia energética en residencias mediante la integración de tecnologías IoT. Se revisaron bases de datos como IEEE Xplore, ScienceDirect y Google Scholar, seleccionando estudios relevantes de los últimos cinco años. Los principales hallazgos incluyen el uso de sistemas de iluminación inteligente, electrodomésticos conectados, y Sistemas de Gestión de Energía en el Hogar (HEMS), los cuales han demostrado reducir significativamente el consumo energético. Además, se destacó la eficiencia de protocolos de comunicación como MQTT y CoAP. La revisión concluye que las tecnologías IoT tienen un alto potencial para mejorar la eficiencia energética, reducir costos y apoyar la sostenibilidad ambiental, aunque enfrentan desafíos como la interoperabilidad y la seguridad de la red. Estos hallazgos fundamentan el diseño del sistema propuesto en esta tesis, orientando las decisiones técnicas y metodológicas del proyecto.

Actividad 1.2: Recolección de Información en Entornos Residenciales

Para recopilar información sobre el consumo de energía en hogares, se empleó un método de recolección de datos que combina entrevistas, observaciones directas y estudios de caso. Esta estrategia permite comprender las experiencias, percepciones y necesidades de los usuarios respecto a su consumo energético. Se realizaron entrevistas a diversos tipos de usuarios del servicio eléctrico, utilizando preguntas abiertas que



abordaron el uso de electrodomésticos, el conocimiento sobre eficiencia energética y las preocupaciones principales sobre el consumo. Además, se llevaron a cabo observaciones directas en los hogares seleccionados para obtener una visión más completa de los hábitos de consumo.

La información recopilada se analizó cualitativamente para identificar patrones y tendencias, lo que ayuda a desarrollar soluciones tecnológicas que se ajusten a las necesidades y expectativas de los usuarios en relación con la integración de tecnologías IoT en sus hogares.

Actividad 1.3: Selección de Tecnologías

Para la selección de tecnologías, se empleó un método de análisis comparativo, lo que permite identificar y seleccionar las tecnologías emergentes y existentes más adecuadas para su implementación en el sistema propuesto. Basado en la revisión bibliográfica, se identificaron y evaluaron varias tecnologías. A continuación, se describe el proceso de selección y los criterios utilizados para elegir las tecnologías más prometedoras.

Criterios de Selección

Para seleccionar las tecnologías más prometedoras, se establecieron los siguientes criterios:

- ✓ **Eficiencia Energética:** La capacidad de la tecnología para reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética.
- ✓ **Integrabilidad:** La facilidad con la que la tecnología puede integrarse con otros sistemas y dispositivos IoT existentes.
- ✓ **Costo-Efectividad:** El balance entre el costo de implementación y los beneficios económicos a largo plazo.
- ✓ **Escalabilidad:** La capacidad de la tecnología para ser escalada o adaptada a diferentes tamaños y tipos de residencias.



- ✓ **Usabilidad:** La facilidad de uso y la aceptación por parte de los usuarios finales.
- ✓ **Seguridad y Privacidad:** La capacidad de la tecnología para proteger los datos de los usuarios y asegurar la red doméstica.

- **Tecnologías Seleccionadas**

Sistemas de Iluminación Inteligente: Tecnologías que incluyen iluminación LED y controles avanzados, como sensores de movimiento y luz ambiental, para ajustar automáticamente la iluminación según la necesidad.

- ✓ **Razón de Selección:** Alta eficiencia energética y facilidad de integración con otros dispositivos IoT.

Electrodomésticos Conectados: Dispositivos inteligentes que pueden ser controlados y monitoreados de forma remota a través de aplicaciones móviles.

- ✓ **Razón de Selección:** Reducción significativa del consumo energético y mejora de la comodidad y eficiencia en el hogar.

Sistemas de Gestión de Energía en el Hogar (HEMS): Sistemas que permiten una gestión centralizada y automatizada del consumo energético mediante la integración de varios dispositivos y sensores IoT.

- ✓ **Razón de Selección:** Proveen una visión detallada y control sobre el uso de energía en tiempo real, lo cual es fundamental para la optimización continua del sistema.

Protocolos de Comunicación IoT (MQTT y CoAP): Protocolos eficientes y seguros para la comunicación entre dispositivos IoT.

- ✓ **Razón de Selección:** Alta eficiencia en la transmisión de datos y capacidad para operar en redes con ancho de banda limitado.

Sensores de Corriente y Energía: Sensores, como Yhdc SCT-013, que miden corriente, voltaje y potencia en tiempo real.



- ✓ **Razón de Selección:** Precisión en la medición del consumo energético, crucial para la monitorización y análisis de datos.

- **Tecnologías Excluidas**

Termostatos Tradicionales: Dispositivos manuales que controlan la temperatura en el hogar sin capacidad de programación o conectividad.

- ✓ **Razón de Exclusión:** Limitada capacidad para optimizar el consumo energético y falta de integración con sistemas IoT.

Sistemas de Iluminación Convencional: Iluminación basada en bombillas incandescentes o fluorescentes sin controles automáticos.

- ✓ **Razón de Exclusión:** Baja eficiencia energética y falta de características avanzadas que permitan el ajuste automático.

Electrodomésticos No Conectados: Dispositivos de uso diario que no cuentan con conectividad a Internet ni funciones inteligentes.

- ✓ **Razón de Exclusión:** Incapacidad para monitorear y controlar el consumo energético de manera remota.

Protocolos de Comunicación Obsoletos (como Zigbee 1.0): Protocolos antiguos que no cumplen con los estándares actuales de eficiencia y seguridad.

- ✓ **Razón de Exclusión:** Limitaciones en la capacidad de transmisión de datos y falta de soporte para redes modernas.

Sensores Analógicos: Sensores que proporcionan lecturas manuales y no tienen capacidad de conectividad o transmisión de datos.

- ✓ **Razón de Exclusión:** Falta de precisión y capacidad para realizar un monitoreo en tiempo real del consumo energético.

Fase 2: Diseño Técnico y Arquitectura del Sistema

En esta fase se desarrollan los aspectos técnicos del sistema, incluyendo la definición de requisitos, el diseño electrónico y la maquetación de la aplicación móvil. El



objetivo es crear un diseño robusto y detallado que guíe la implementación del sistema de eficiencia energética.

Actividad 2.1: Definición de Requisitos

Para la actividad de adquisición de requisitos se utilizó un método de investigación cualitativa con el objetivo principal de identificar y documentar las necesidades y expectativas de los usuarios finales y otras partes interesadas para el desarrollo del sistema de eficiencia energética basado en tecnología IoT para residencias.

Entre los requerimientos se recopiló diferentes tipos como:

- **Requerimientos de Usuario (RU)**

Estos requerimientos identifican las necesidades y preferencias de los usuarios finales, como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos del Usuario.

NÚMERO	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD	RELACIÓN
RU 1	Interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar	ALTA	Relacionado con la usabilidad del sistema
RU 2	Acceso remoto a través de dispositivos móviles	ALTA	Relacionado con la funcionalidad del sistema
RU 3	Informes detallados sobre el consumo de energía	MEDIA	Relacionado con la funcionalidad de monitoreo
RU 4	Alertas y notificaciones en tiempo real	MEDIA	Relacionado con la funcionalidad de monitoreo
RU 5	Capacidad de actualización y escalabilidad del sistema	BAJA	Relacionado con la sostenibilidad a largo plazo del sistema

- **Requerimientos Operacionales (RO)**

Abarcan aspectos prácticos y funcionales del sistema en un entorno residencial, estos requerimientos se los puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Requerimientos Operacionales.

NÚMERO	REQUERIMIENTOS OPERACIONALES	PRIORIDAD	RELACIÓN
RO1	El sistema debe operar de manera continua 24/7	ALTA	Relacionado con la fiabilidad del sistema
RO2	Capacidad para manejar picos de demanda energética	ALTA	Relacionado con la eficiencia del sistema



RO3	Compatibilidad con la infraestructura eléctrica existente	ALTA	Relacionado con la integración del sistema
RO4	Facilidad de mantenimiento y actualizaciones	MEDIA	Relacionado con la sostenibilidad del sistema
RO5	Capacidad para integrarse con futuras tecnologías de eficiencia energética	MEDIA	Relacionado con la escalabilidad del sistema
RO6	Mínimo impacto en las actividades diarias de los usuarios	ALTA	Relacionado con la comodidad del usuario
RO7	Respuesta rápida a comandos y ajustes del usuario	ALTA	Relacionado con la funcionalidad del sistema
RO9	Medidas de seguridad para prevenir fallos y errores	ALTA	Relacionado con la seguridad del sistema

• Requerimientos del Sistema (RS)

Especifican las características técnicas y funcionales que el sistema debe cumplir, se muestran en la Tabla 3 .

Tabla 3. Requerimientos del Sistema.

NÚMERO	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	PRIORIDAD	RELACIÓN
RS1	Capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos adecuados	ALTA	Relacionado con la capacidad técnica del sistema
RS2	Interfaz de usuario gráfica, intuitiva y accesible	ALTA	Relacionado con la usabilidad del sistema
RS3	Integración con dispositivos de medición de energía	ALTA	Relacionado con la funcionalidad de monitoreo
RS4	Capacidad para generar informes y análisis de consumo	MEDIA	Relacionado con la funcionalidad analítica
RS5	Diseño modular para facilitar la expansión y actualización	MEDIA	Relacionado con la escalabilidad del sistema
RS6	Funciones de automatización para control de dispositivos	ALTA	Relacionado con la inteligencia del sistema

• Requerimientos de arquitectura (RA)

Los Requerimientos de Arquitectura (RA) se centran en la estructura y diseño del sistema, incluyendo tecnologías y configuración se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Requerimientos de arquitectura.

NÚMERO	REQUERIMIENTOS DE ARQUITECTURA	PRIORIDAD	RELACIÓN
RA1	Diseño modular y escalable del sistema	ALTA	Relacionado con la adaptabilidad y expansión futura
RA2	Arquitectura de red segura y confiable para dispositivos IoT	ALTA	Relacionado con la conectividad y seguridad



RA3	Integración de hardware y software para la gestión de energía	ALTA	Relacionado con la eficiencia y funcionalidad del sistema
RA4	Diseño centrado en el usuario para la interfaz del sistema	ALTA	Relacionado con la usabilidad y experiencia del usuario
RA5	Estrategias de redundancia y recuperación ante fallos	MEDIA	Relacionado con la fiabilidad y continuidad del sistema
RA6	Soluciones de almacenamiento de datos eficientes y seguras	ALTA	Relacionado con la gestión de datos y privacidad
RA7	Arquitectura energéticamente eficiente y sostenible	MEDIA	Relacionado con la eficiencia energética del propio sistema

Actividad 2.2: Diseño Técnico de software y hardware

En el desarrollo del sistema de eficiencia energética basado en IoT, se utilizó un enfoque experimental para integrar componentes y garantizar su interacción como un sistema cohesivo. El diseño se centra en dos aspectos principales: el funcionamiento general y su representación mediante un flujograma.

- **Funcionamiento del Sistema**

El sistema emplea sensores y actuadores IoT distribuidos estratégicamente en el hogar, conectados a microcontroladores ESP32 que transmiten datos en tiempo real mediante el protocolo MQTT. Los sensores monitorizan variables como consumo energético, iluminación y ocupación, enviando la información al módulo central ubicado junto al cajetín de control eléctrico. Para garantizar la seguridad, las comunicaciones se cifran con SSL/TLS (Secure Sockets Layer/Transport Layer Security), un protocolo criptográfico que asegura la autenticidad, integridad y confidencialidad de los datos, permitiendo el acceso únicamente a dispositivos autorizados.

La interacción con el usuario se realiza a través de una aplicación móvil intuitiva que permite monitorear el consumo, configurar ajustes personalizados y recibir alertas en tiempo real sobre ineficiencias, facilitando decisiones informadas.

- **Diagrama electrónico**

El diseño eléctrico del sistema, mostrado en la Figura 40, se basa en el módulo central DAQ, que integra sensores como el SCT-013 (corriente). Los módulos de control, como relés y atenuadores de luz, están protegidos contra picos de tensión y descargas estáticas para garantizar la operación segura y eficiente de cargas de alta potencia.



El ESP32 incluye medidas de protección que aseguran la integridad de la comunicación y cumplen con estándares de seguridad eléctrica, mitigando riesgos en sistemas residenciales de eficiencia energética.

- **Diagrama de conexiones**

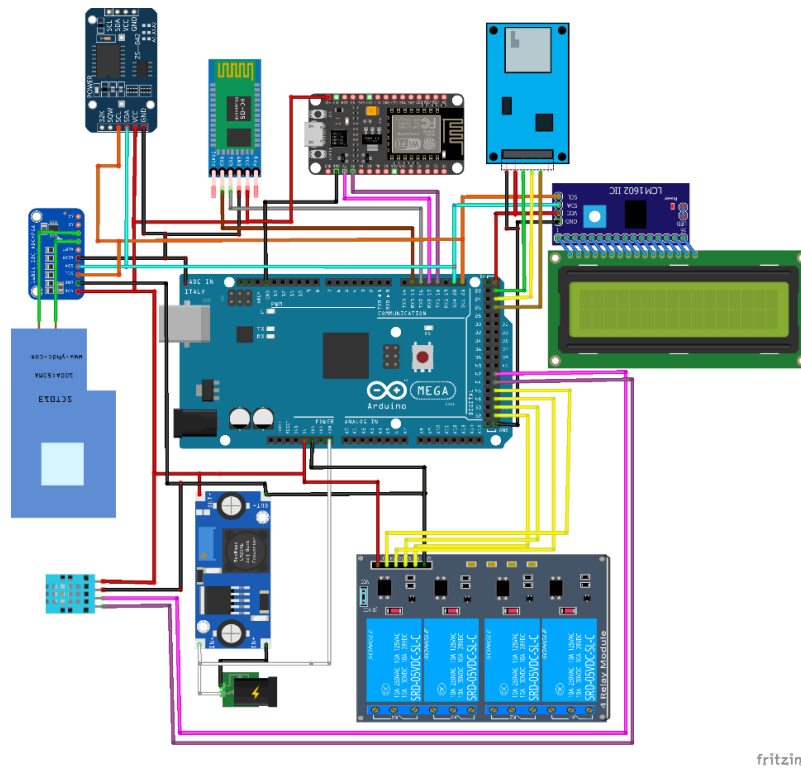
La configuración del sistema de eficiencia energética está compuesta por cuatro etapas o módulos interconectados, cada uno diseñado para cumplir funciones específicas en la automatización y control del consumo energético en un entorno residencial.

- **Modulo Central**

El módulo centra, representado en la Figura 2, se ubica junto al cajetín de control eléctrico de la vivienda y actúa como el núcleo del sistema. Su función principal es recopilar y gestionar información de los demás módulos, además de monitorear y controlar el consumo eléctrico general.

En la Figura 35, se presenta el diagrama de bloques que describe el funcionamiento del sensor SCT-013, acoplado al ADS1115, para medir el consumo energético total. Los datos son procesados por un Arduino Mega 2560 Pro (DAQ), que también controla un relé principal para gestionar el suministro eléctrico de la vivienda.

Para garantizar un registro preciso, el módulo incluye un reloj RTC y una tarjeta microSD para almacenar los datos como respaldo. Un ESP32 gestiona la transmisión de información al MQTT, integrando el módulo central con los demás componentes del sistema.



fritzing

Figura 2. Diagrama de conexiones Módulo Central

Componentes principales:

- ✓ **ESP32:** Coordina la comunicación con los demás módulos mediante MQTT.
- ✓ **Sensor SCT-013:** Mide el consumo energético total.
- ✓ **Tarjeta microSD:** Almacena los datos recolectados de los diferentes módulos
- ✓ **Relé principal:** Gestiona el suministro eléctrico general y los electrodomésticos conectados.

• Módulo de Conteo

El módulo de conteo, representado en la Figura 3, tiene como objetivo determinar el número de personas presentes en la vivienda para optimizar el uso de los recursos energéticos. Este sistema utiliza sensores de proximidad para detectar entradas y salidas, permitiendo calcular de manera precisa y en tiempo real la ocupación del espacio.



En la Figura 36, se presenta el diagrama de bloques del módulo de conteo, que muestra cómo los sensores registran la información, el ESP32 procesa los datos y los transmite al MQTT. A partir de estos datos, el sistema central puede desactivar servicios no prioritarios cuando no se detectan ocupantes, garantizando así un control energético eficiente y automatizado.

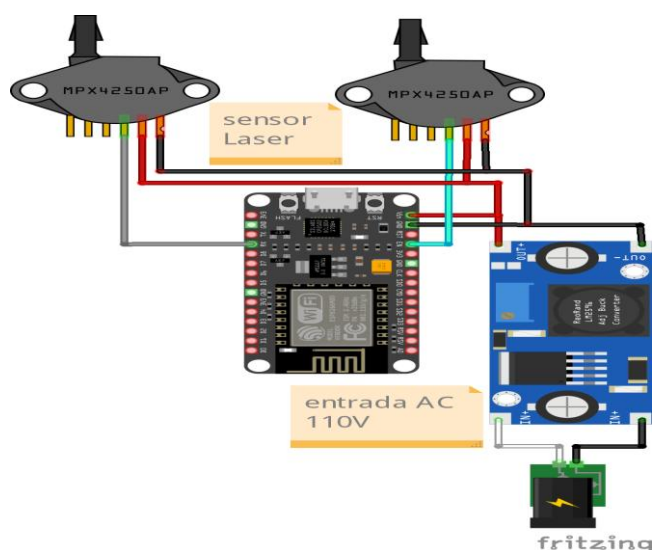


Figura 3. Módulo de conteo

Componentes principales:

- ✓ **ESP32:** Procesa los datos de los sensores y los transmite al módulo central.
- ✓ **Sensores láser MPX4250AP:** Detectan entradas y salidas de personas.
- ✓ **Fuente AC/DC:** Alimenta el módulo.

- **Módulo de Tomacorriente**

El módulo de tomacorriente está diseñado para medir el consumo energético del dispositivo conectado y gestionar de manera remota su suministro eléctrico, optimizando el uso de energía. Este sistema, representado en la Figura 4, detalla las conexiones físicas de sus componentes: el sensor SCT-013, el ADS1115, el ESP32, el módulo relé y la fuente de alimentación AC/DC.



En la Figura 37, se presenta el diagrama de bloques que describe las principales funciones del sistema. El sensor SCT-013, junto con el ADS1115, mide el consumo energético; el ESP32 procesa los datos y los transmite mediante MQTT; y el relé permite controlar el suministro eléctrico según las órdenes del sistema central.

Componentes principales:

- ✓ **ESP32:** Recibe órdenes del módulo central y controla el relé.
- ✓ **Sensor SCT-013:** Mide el consumo energético del dispositivo conectado.
- ✓ **Relé:** Activa o desactiva el suministro eléctrico al tomacorriente.

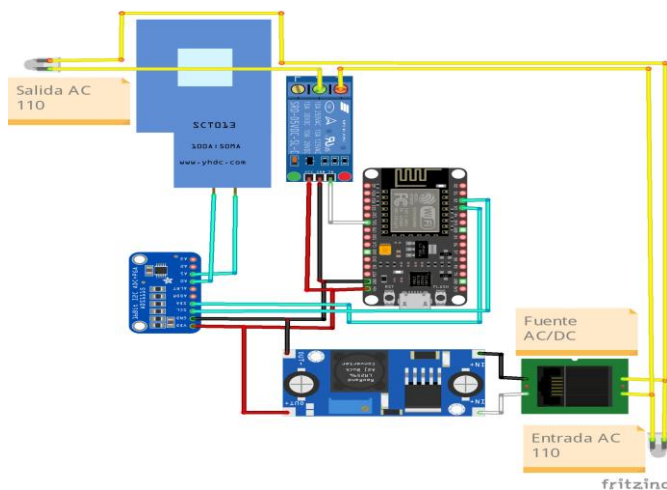


Figura 4. Módulo de Tomacorriente

• Módulo control lumínico

El módulo control lumínico, representado en la Figura 5, gestiona la iluminación de la vivienda ajustando la intensidad de las luces según las condiciones ambientales. Utiliza un sensor LDR para medir la luz natural, mientras un ESP32 controla un módulo dimmer que regula la intensidad lumínica y un relé que permite encender o apagar las luces.

En la Figura 38, se detalla el diagrama de bloques del módulo, que incluye:

- ✓ **ESP32:** Coordina la atenuación y recibe datos del sensor.
- ✓ **Sensor LDR:** Mide la luz ambiental.
- ✓ **Módulo dimmer:** Ajusta la intensidad lumínica.



✓ **Relé:** Controla el encendido y apagado de luces.

El módulo se comunica con el sistema central de manera inalámbrica mediante MQTT, integrándose al sistema global. Su diseño modular garantiza flexibilidad, escalabilidad y eficiencia en el consumo energético, maximizando el uso de la luz natural.

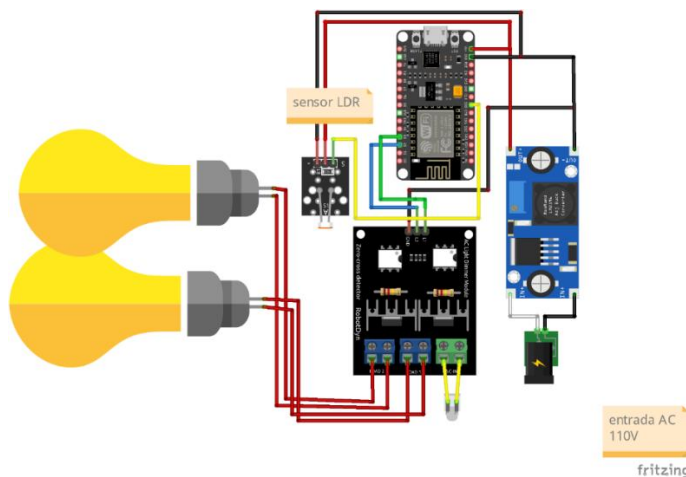


Figura 5. Diagrama de conexiones módulo control lumínico

• **Diseño y Maquetación de App Móvil**

El diseño de la aplicación móvil es clave para la interacción con el sistema de eficiencia energética de la vivienda. Su interfaz intuitiva permite controlar dispositivos y monitorear parámetros en tiempo real. En la Figura 6, se detalla la gestión individual de dispositivos conectados mediante MQTT, con opciones de control manual y automático. La Figura 39 muestra el diagrama de flujo de la APP, que incluye funciones como activación/desactivación, supervisión del consumo y ajustes automáticos.



Figura 6. Maquetación de App móvil

Fase 3: Implementación y Validación del Prototipo

Esta fase implica la construcción y prueba del prototipo del sistema. Se adquieren y ensamblan los componentes, se desarrolla el software necesario y se realizan pruebas exhaustivas para validar la funcionalidad y eficiencia del sistema.

Actividad 3.1: Adquisición y Ensamblaje de Componentes

La compra y ensamblaje de los componentes necesarios para construir el prototipo del sistema se utilizó la investigación de diseño. En esta actividad se implementa el ensamblaje de hardware, la integración de componentes y las pruebas de ensamblaje. La implementación práctica del prototipo se basa en técnicas de ingeniería de hardware y sistemas embebidos en una residencia.

Actividad 3.2: Desarrollo de Software

El desarrollo de software es una fase clave en la implementación del sistema de eficiencia energética basado en IoT, utilizando el método de investigación aplicada. Esta



etapa incluye la creación de programas que permiten la comunicación entre componentes y la interacción con los usuarios finales a través de una aplicación móvil.

- **Actividades del Desarrollo de Software**

- ✓ **Diseño de la Arquitectura del Software:**

- Definir la estructura del software, incluyendo la interacción entre módulos, las APIs y los protocolos de comunicación.

- ✓ **Programación de Microcontroladores:**

- Desarrollar firmware para ESP32 y Arduino Mega Pro, integrando recolección de datos, control de actuadores y comunicación vía MQTT.

- ✓ **Desarrollo de la Aplicación Móvil:**

- Crear una app intuitiva, utilizando herramientas como App Inventor, para monitorear y controlar el sistema, visualizar consumo energético, ajustar configuraciones y recibir alertas.

- **Herramientas y Tecnologías Utilizadas**

- ✓ IDE de Arduino: Utilizado para programar los microcontroladores ESP32 y Arduino Mega Pro.
 - ✓ App Inventor: Plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles utilizada para crear la interfaz de usuario.
 - ✓ SQLite: Sistema de gestión de bases de datos utilizado para almacenar datos localmente.
 - ✓ MQTT: Protocolo de comunicación ligero utilizado para la transmisión de datos entre dispositivos IoT.



- **Flujograma**

El flujograma en la Figura 41 describe un sistema de gestión de eficiencia energética residencial basado en IoT. Este sistema utiliza sensores como el SCT-013 para medir corriente eléctrica y una fotocélula para monitorear iluminación ambiental. Los datos recopilados son procesados por un ESP32, que organiza la información y optimiza el uso de la energía en función de las variables críticas monitoreadas.

Fase 4: Validación en Entorno Real y Análisis Final

En esta fase, el prototipo se implementa en una residencia y se analizan los datos recopilados para evaluar el desempeño del sistema. Se elabora un informe final que documenta los hallazgos, análisis y recomendaciones.

Actividad 4.1: Implementación

La instalación del prototipo en una residencia para evaluar su desempeño en un entorno real se utilizó el método de investigación de campo, monitoreo de datos y encuestas de usuario.

La investigación de campo permite validar la aplicación práctica del sistema en una residencia, ajustando el diseño según las observaciones.

Actividad 4.2: Análisis de Resultados

El análisis de datos se basa en un enfoque cuantitativo para medir la eficiencia del sistema y su impacto en el consumo energético. Este proceso incluye una evaluación cuantitativa y cualitativa del desempeño, utilizando técnicas estadísticas y métodos de evaluación de eficiencia energética.

El diseño experimental compara dos escenarios: uno con el sistema IoT de gestión energética y otro sin él. Las mediciones se realizan durante un periodo determinado, y los datos recolectados se analizan con herramientas estadísticas para evaluar la efectividad del sistema en la optimización del consumo energético.



3.2.2 Materiales, Equipos y Software

Para el desarrollo del sistema de gestión de energía, la selección adecuada de materiales, equipos y software es esencial para garantizar la integración y funcionalidad del prototipo. Estos elementos se eligen con base en criterios de eficiencia, fiabilidad y escalabilidad, asegurando que cada componente cumpla un rol específico en la adquisición, procesamiento y transmisión de datos.

La Tabla 5 clasifica los materiales, equipos y software utilizados en cuatro categorías: materiales de campo, materiales de laboratorio, equipos y software. Cada componente se describe con su propósito y función, facilitando la comprensión de su implementación en el proyecto.

Tabla 5. Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Sensores de corriente Yhdc SCT-013 para medir corriente, voltaje y potencia.	• ESP32 para conectividad WiFi y manejo del protocolo MQTT.	• Pantalla LCD para monitoreo local del sistema.	• IDE de Arduino para programación de dispositivos embebidos.
ADS1115 para conversión analógico-digital.	• Arduino Mega Pro como DAQ y controlador de dispositivos y actuadores.	• Computadoras y dispositivos móviles para desarrollo y pruebas.	• App Inventor para desarrollo de la aplicación móvil de control y monitoreo
Sensor de luz (BH1750, LDR).			

Sensores de Corriente Yhdc SCT-013:

Estos sensores serán utilizados para medir con precisión la corriente, el voltaje y la potencia de los dispositivos conectados. Son fundamentales para recopilar datos detallados sobre el consumo energético y evaluar la eficiencia del módulo IoT.



- **Precisión típica:** $\pm 1\%$ a $\pm 3\%$ dentro de su rango de operación nominal (dependiendo de la calibración y del circuito en el que se utilice).
- **Rango de corriente:**
Generalmente mide corrientes de hasta 100 A. La precisión suele ser mejor en el rango medio de corriente
- **Linealidad:** El sensor es lineal en su rango, lo que significa que los errores de medición no aumentan de forma desproporcionada con la corriente.
- **Fórmula:** el sensor nos da valores de amperaje, se deberá calcular la potencia en kW empleando la Ecuación 1.

$$Potencia (kW) = \frac{V \times I \times FP}{1000} \quad (1)$$

Donde

V = es el voltaje (en voltios).

I = es la corriente medida por el sensor (en amperios).

FP = es el factor de potencia

1000 = convierte la potencia de vatios (W) a kilovatios (kW).

ESP32:

Este dispositivo embebido sirve como el cerebro del módulo IoT, proporcionando conectividad WiFi y gestionando la comunicación a través del protocolo MQTT. Será esencial para la recopilación y transmisión de datos desde los sensores a la aplicación móvil y otros sistemas.

**Arduino Mega Pro:**

Actúa como una Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ) y controlador de dispositivos y actuadores. Este microcontrolador será clave para procesar los datos de los sensores y ejecutar comandos basados en los análisis realizados.

Pantalla LCD:

Se utilizó para proporcionar una interfaz de usuario local en el módulo, permitiendo el monitoreo en tiempo real del consumo de energía y el estado de los dispositivos conectados.

Software de Análisis de Datos:

Herramientas como hojas de cálculo o software estadístico se emplea para analizar los datos recopilados. Estos programas permiten realizar análisis estadísticos, visualizar datos y extraer conclusiones significativas.

IDE de Arduino:

Este entorno de desarrollo integrado se utilizó para programar el ESP32 y el Arduino Mega Pro, permitiendo la personalización y optimización del firmware del módulo IoT.

App Inventor:

Se empleó para desarrollar la aplicación móvil que permite a los usuarios monitorear y controlar el sistema IoT de manera remota. Esta herramienta facilita la creación de una interfaz de usuario intuitiva y accesible.

3.2.3. Matriz de operacionalización de variables.

La Tabla 6 presenta la matriz de operacionalización de variables, una herramienta fundamental para definir y medir los aspectos críticos de esta investigación sobre eficiencia energética residencial con integración de IoT. En esta matriz se detallan las variables principales del estudio, como consumo de energía, eficiencia energética, satisfacción del usuario e impacto ambiental. También incluye su definición operacional, tipo (cuantitativa o cualitativa), indicadores y métodos de medición. Este marco asegura



una recopilación y análisis de datos sistemáticos, permitiendo una evaluación precisa del impacto de las soluciones IoT en el hogar.

Tabla 6. Matriz de Operacionalización de Variables.

Variable	Definición Operacional	Tipo de Variable	Indicadores	Método de Medición
Consumo de Energía	Cantidad total de energía eléctrica consumida por los dispositivos conectados al módulo IoT.	Cuantitativa	kWh (kilovatios-hora)	Medición con sensores Yhdc SCT-013
Eficiencia Energética	Reducción porcentual en el consumo de energía debido al uso del módulo IoT.	Cuantitativa	Porcentaje de reducción de consumo	Comparación de datos pre y post implementación
Satisfacción del Usuario	Grado de satisfacción de los usuarios con la interfaz y funcionalidad del módulo IoT.	Cualitativa	Nivel de satisfacción	Encuestas y entrevistas
Usabilidad del Sistema	Facilidad de uso y accesibilidad de la interfaz de usuario del módulo y la aplicación móvil.	Cualitativa	Facilidad de uso, accesibilidad	Pruebas de usabilidad, observaciones
Fiabilidad del Sistema	Consistencia y precisión en el funcionamiento del módulo IoT y la recopilación de datos.	Cuantitativa	Tasa de errores, precisión de datos	Análisis de rendimiento del sistema

3.3. Implementación del Prototipo

La implementación del prototipo se llevó a cabo en una residencia, el sistema está compuesto por cuatro módulos principales: el módulo central, el módulo de tomacorriente, el módulo de conteo y el módulo de alumbrado.

3.3.1. Ensamblaje y Configuración de los Módulos

Módulo Central. - El módulo central, ubicado junto al tablero de distribución principal eléctrico, fue ensamblado con los siguientes componentes:

- **Sensor de corriente (SCT-013) y Acondicionador ADS1115:** Monitorean el consumo eléctrico total de la residencia.
- **Arduino Mega 2560 Pro (DAQ):** Realiza el procesamiento de datos provenientes de los sensores.
- **Módulo Relé:** Controla la activación y desactivación de dispositivos conectados.

-

Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo
Av.17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova
Ibarra-Ecuador
Teléfono: (06) 2997-800 RUC: 1060001070001
www.utn.edu.ec

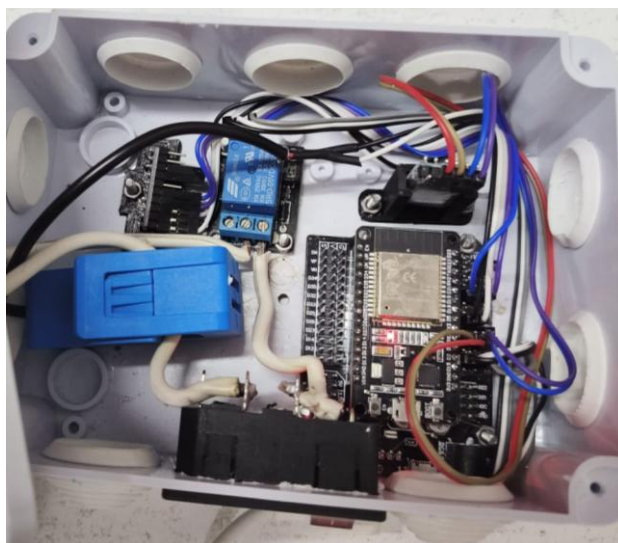


Figura 8. Ensamble del Módulo Tomacorriente

Durante la implementación, se validó su capacidad para monitorear y controlar los dispositivos conectados de manera precisa.

Módulo de Conteo. - Este módulo fue ensamblado con dos sensores de proximidad que trabajan en conjunto para detectar entradas y salidas:

- **Sensores de Proximidad:** Generan datos sobre el número de personas presentes en la vivienda.
- **ESP32:** Procesa la información de los sensores y envía los datos al módulo central mediante el protocolo MQTT.

Se realizaron pruebas individuales para verificar la detección y transmisión efectiva de los datos.

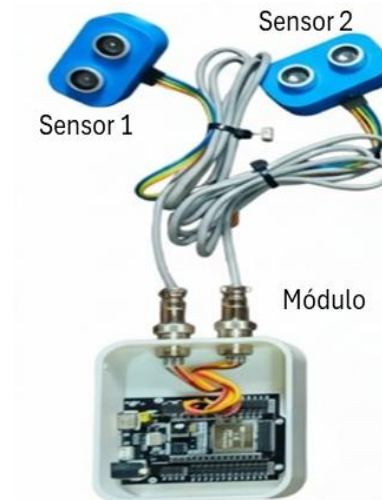


Figura 9. Ensamblaje del módulo contador de personas

Módulo de alumbrado. - El ensamblaje del módulo de alumbrado:

- **Sensor de luz (BH1750):** Detecta los niveles de luz ambiental en el entorno.
- **Módulo Dimmer:** Permite regular la intensidad de las luces conectadas.
- **ESP32:** Procesa los datos del sensor y controla el dimmer, además de enviar la información al módulo central.

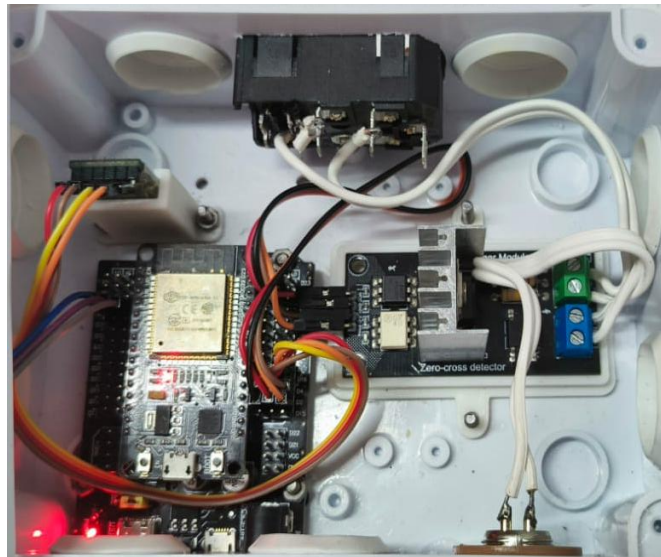


Figura 10. Ensamble del módulo de control lumínico



Las pruebas realizadas garantizaron la regulación automática de las luces con base en los niveles de luminosidad detectados.

3.3.2. Pruebas de Funcionamiento Individual

Antes de la integración del sistema, cada módulo fue evaluado de manera individual para garantizar su correcto funcionamiento. Las pruebas incluyeron:

- **Prueba de conexión y transmisión inalámbrica:** Validación del envío de datos desde cada módulo al broker MQTT como se puede observar en Figura 11 y su recepción en el módulo central.

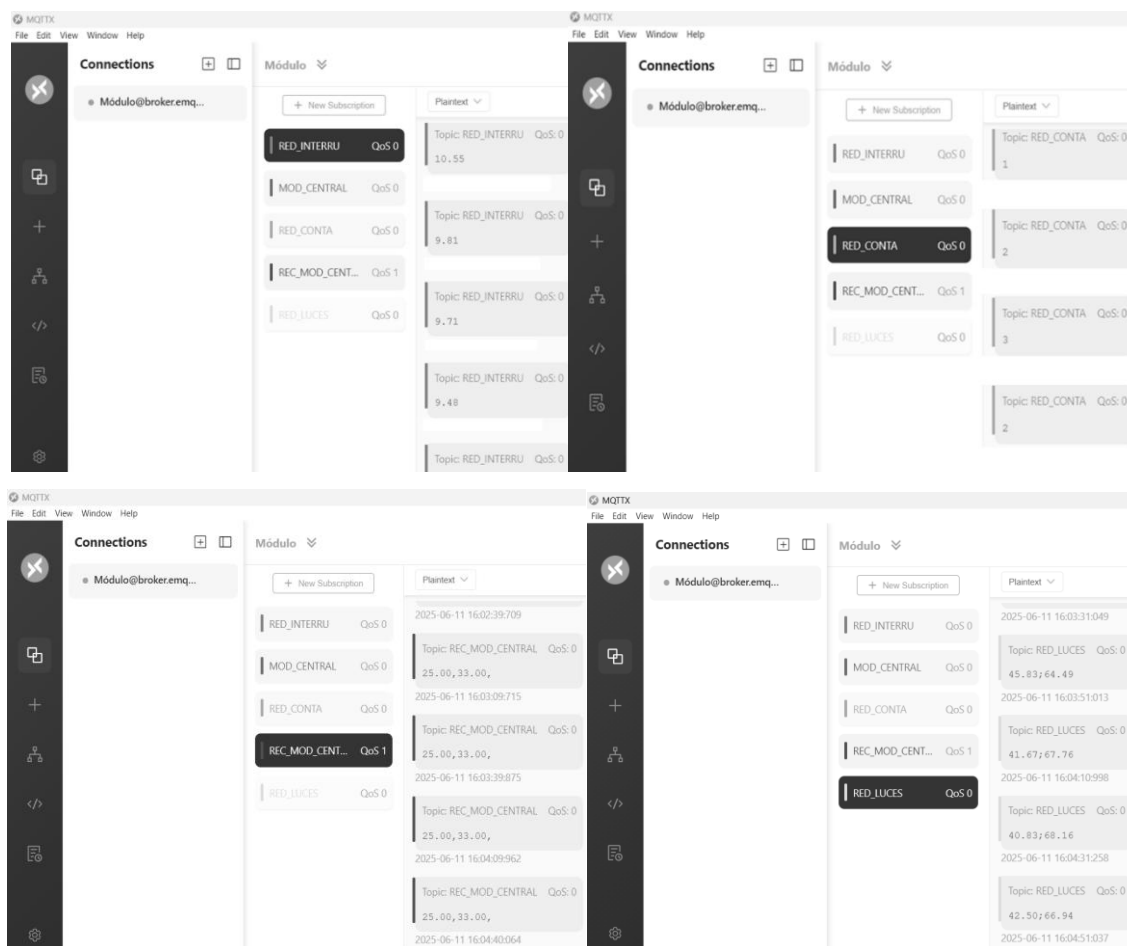


Figura 11. Datos recibidos de los módulos IoT.



- **Prueba de control:** Evaluación de la activación y desactivación de los relés según las órdenes emitidas desde el módulo central.

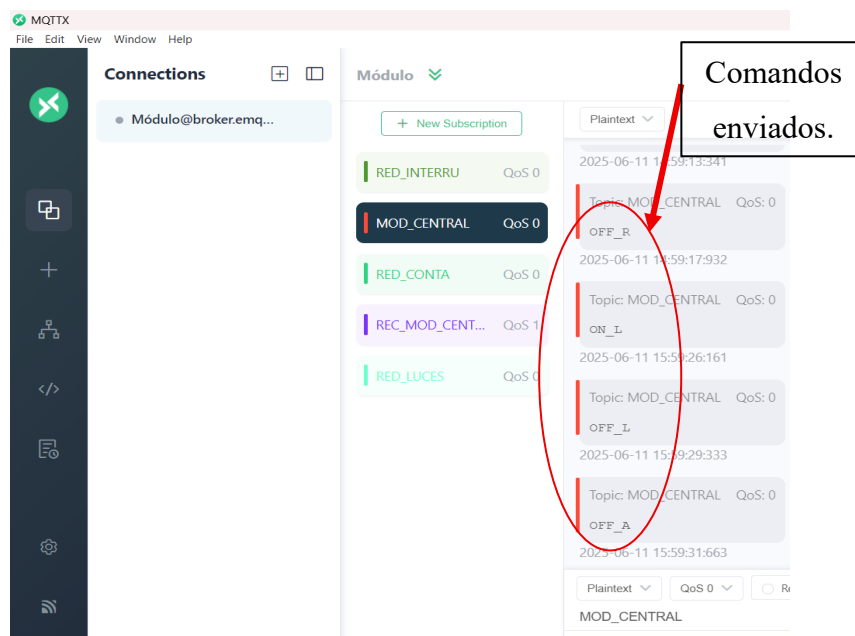


Figura 12. Comando de control recibidos en el Topic Mod_Central

3.3.3. Integración del Sistema

Una vez validados los módulos de manera individual, se procedió a su integración. Los datos recopilados por los módulos se enviaron al módulo central, donde se procesaron y almacenaron en la tarjeta microSD. La comunicación entre los módulos y el módulo central se realizó mediante el protocolo MQTT utilizando la red Wi-Fi del hogar.

En esta etapa se verificaron:

- ✓ La sincronización y envío de datos en tiempo real.
- ✓ La correcta activación y desactivación de dispositivos según los parámetros configurados.
- ✓ El almacenamiento seguro de la información registrada.

3.4. Desarrollo del Software y Comunicación

El desarrollo del software y la configuración de la comunicación fueron etapas fundamentales para la integración y operación eficiente del sistema de eficiencia



energética. Esta fase se centró en la programación de los módulos ESP32, la implementación del protocolo MQTT y el desarrollo de la interfaz para la interacción del usuario.

3.4.1. Programación de los Módulos ESP32

Cada módulo (central, tomacorriente, conteo y alumbrado) fue programado utilizando el entorno de desarrollo Arduino IDE. Se implementaron las siguientes funcionalidades clave:

- **Lectura de Sensores:** Se programaron los ESP32 para adquirir y procesar los datos de los sensores conectados (corriente, proximidad, luminosidad). Se aseguraron intervalos de muestreo adecuados para obtener mediciones precisas en tiempo real.

```

Serial Monitor x Output
Message (Enter to send message to 'Arduino Mega
18:53:24.245 -> 22.00,36.00,1.23
18:53:26.358 -> 22.00,36.00,0.84
18:53:28.551 -> 22.00,35.00,1.14
18:53:30.711 -> 23.00,34.00,1.72
18:53:32.822 -> 23.00,34.00,1.19
18:53:34.997 -> 22.00,35.00,1.35
18:53:37.158 -> 22.00,35.00,1.88
18:53:39.322 -> 23.00,34.00,1.57
18:53:41.439 -> 22.00,36.00,0.90
18:53:43.626 -> 22.00,35.00,1.44
18:53:45.792 -> 23.00,34.00,1.87
18:53:47.901 -> 23.00,35.00,1.77
18:53:50.095 -> 23.00,35.00,1.38
18:53:52.247 -> 22.00,36.00,1.18
18:53:54.364 -> 22.00,36.00,1.25

437 pwm.setPWM(0, 0, SERVOMIN);
438 pwm.setPWM(1, 0, SERVOMIN);
439 pwm.setPWM(2, 0, SERVOMIN);
440 pwm.setPWM(3, 0, SERVOMIN);

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'ESP32-WROOM-DA Module' on 'COM16')
18:57:19.566 -> Intentando conexión MQTT...conectado
18:57:32.175 -> Recibido de Arduino: 23.00,35.00,1.57
18:57:32.175 -> Recibido de Arduino: 23.00,34.00,1.93
18:57:32.175 -> Recibido de Arduino: 23.00,34.00,1.53
18:57:32.175 -> Recibido de Arduino: 22.00,35.00,0.83
  
```

Figura 13. Prueba de lectura de sensores y comunicación con ESP-DAQ

- **Control de Relés y Dimmer:** Se establecieron funciones para la activación/desactivación de relés en los módulos central y tomacorriente, así como la regulación del dimmer en el módulo de alumbrado.
- **Transmisión de Datos:** La comunicación entre los módulos y el sistema central se implementó utilizando el protocolo MQTT, que garantiza una transmisión eficiente y confiable de los datos a través de la red Wi-Fi.

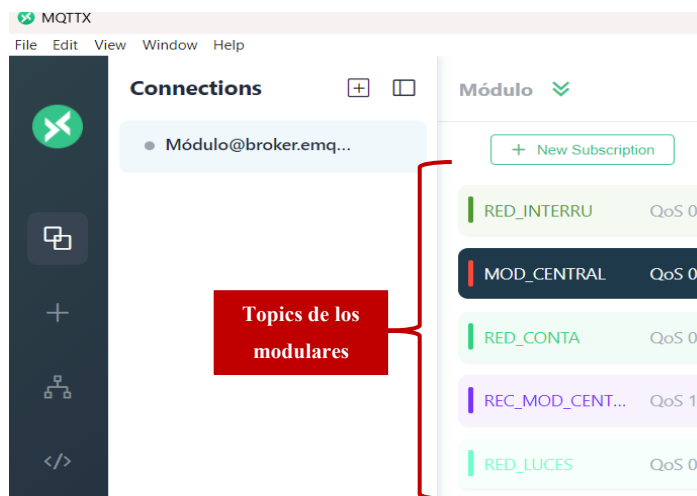


Figura 14. Broker Mqtt con todos los topics de los modulares

3.4.2. Implementación del Protocolo MQTT

El protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) fue seleccionado debido a su eficacia para aplicaciones IoT de bajo consumo de ancho de banda. El proceso incluyó:

- **Configuración del Broker MQTT:** Se utilizó un broker local alojado en una Arduino, encargado de recibir y distribuir los datos enviados por los módulos. Las configuraciones incluyeron la creación de tópicos específicos para cada módulo:
 - ✓ **modulo/central** Datos del consumo total y control de suministro.
 - ✓ **modulo/tomacorriente** Datos de consumo del dispositivo.
 - ✓ **modulo/conteo** Información del número de personas detectadas.
 - ✓ **modulo/luminoso** Datos de luminosidad y ajustes de iluminación.

```

// *****
// ***** MQTT CONFIG *****
// *****
const char *mqtt_server = "broker.hivemq.com";
const int mqtt_port = 1883;
const char *mqtt_user = "";
const char *mqtt_pass = "";
const char *root_topic_subscribe = "MOD_CENTRAL";
const char *root_topic_publish = "REC_MOD_CENTRAL";

```

Figura 15. Configuración del Broker MQTT



- **Publicación y Suscripción de Datos:** Cada ESP32 fue configurado para publicar la información recolectada en los tópicos correspondientes y suscribirse a las órdenes emitidas por el módulo central.

```

if (activate == 0)
{
  String x = ",";

  String str = temp + x + Hum + x + Corriente + x + Modo;
  str.toCharArray(msg, 50);
  client.publish(root_topic_publish, msg);
  Serial.println(msg);
  delay(100);
}

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  String incoming = "";
  Serial.print("Mensaje recibido desde -> ");
  Serial.print(topic);
  Serial.println("");
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    incoming += (char)payload[i];
  }
  incoming.trim();
  Serial.println("Mensaje -> " + incoming);
}

```

Figura 16. Publicación y suscripción de datos a través de topics

3.4.3. Desarrollo de la Interfaz de Usuario

Se desarrolló una interfaz sencilla e intuitiva para permitir al usuario interactuar con el sistema. La interfaz fue implementada como una aplicación web accesible desde dispositivos móviles.

Visualización de Datos en Tiempo Real. - La interfaz muestra:

- Consumo energético total (módulo central).
- Consumo individual del dispositivo (módulo tomacorriente).
- Número de personas presentes en la vivienda (módulo de conteo).
- Estado y nivel de luminosidad de las luces (módulo de alumbrado).



Figura 17. Aplicación móvil con valores de los sensores en tiempo real



Control Remoto. - Los usuarios pueden:

- Activar/desactivar electrodoméstico y dispositivos conectados al relé.
- Activar/desactivar modo manual y automático de la iluminación.

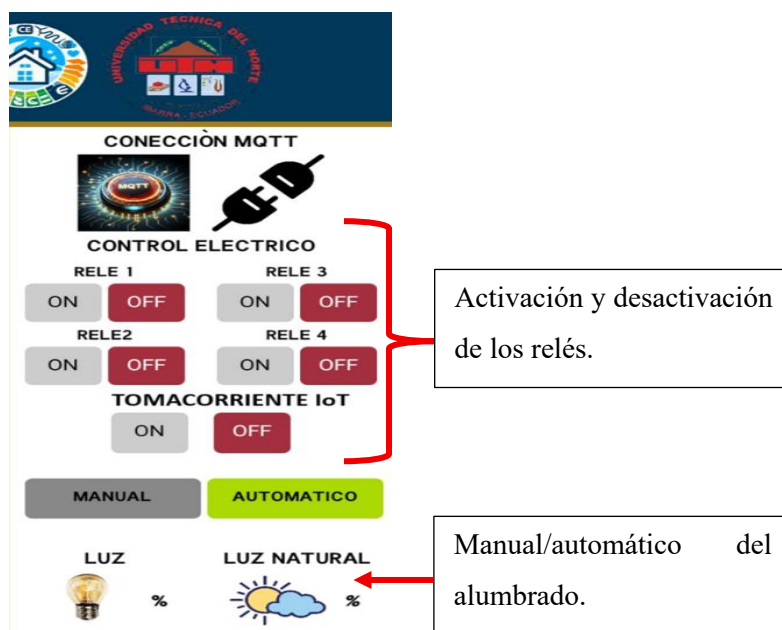


Figura 18. Interfaz móvil para activación y desactivación de servicios

La aplicación web se comunica con el broker MQTT para enviar y recibir información, garantizando una sincronización en tiempo real con los módulos.

3.4.4. Pruebas de Comunicación

Se realizaron pruebas de comunicación entre los módulos ESP32 y el broker MQTT para asegurar la estabilidad y eficiencia del sistema. Los resultados demostraron lo siguiente:

- **Tiempo de respuesta:** Los datos se transmiten en menos de 1 segundo desde que son recolectados por los sensores hasta su visualización en la interfaz.
- **Fiabilidad:** La comunicación se mantuvo estable durante las pruebas realizadas, sin pérdida significativa de datos.



```
Output  Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM9
.....
Conectado a red WiFi!
Dirección IP:
192.168.1.19
Intentando conexión Mqtt...Conectado!
Suscripcion ok
```

Conexión con el MQTT

Figura 19. Prueba de conexión con Mqtt y el broker



CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados y análisis obtenidos de los módulos implementados en el sistema de mejoramiento de eficiencia energética mediante IoT en una residencia, a través del análisis de los datos recolectados por cada uno de los módulos representados en la Figura 20 (módulo de conteo, control lumínico, tomacorriente y central), se examina el impacto del sistema en la reducción del consumo energético, optimización de recursos y mejora de la eficiencia.

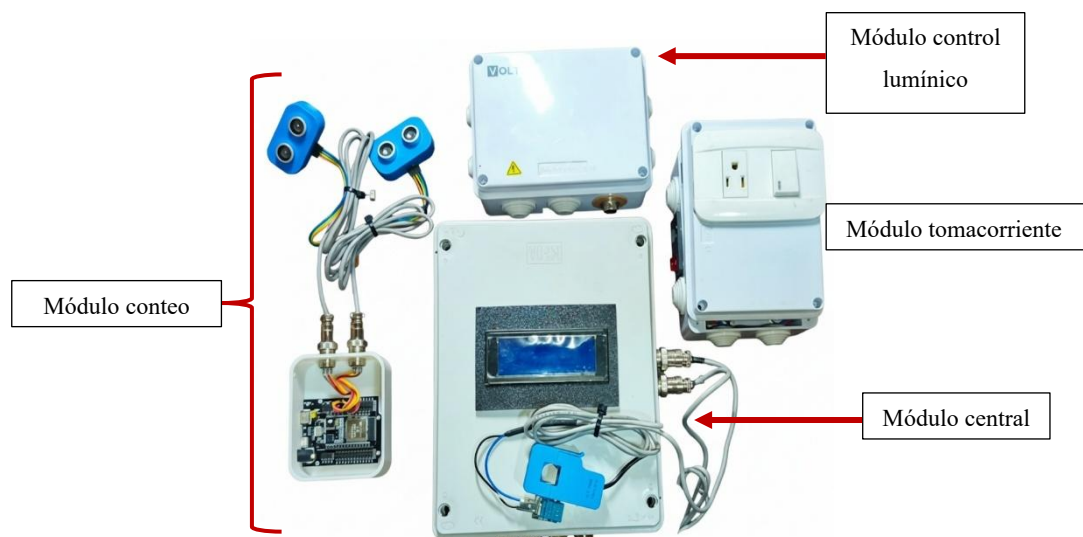


Figura 20. Módulos del proyecto ensamblados

4.1. Resultados

En estos resultados cada sección detalla los resultados específicos de los módulos, presentados de manera clara y concisa, permitiendo una comprensión directa de su desempeño individual.

4.1.1. Módulo de conteo

El Módulo de Conteo está diseñado para optimizar el uso de recursos energéticos en función de la ocupación de la vivienda. Utilizando sensores de proximidad, los cuales están ubicados en el ingreso de la vivienda detectando las entradas y salidas de personas,



permitiendo calcular dinámicamente el número de personas presentes en la vivienda y ajustar el consumo energético en consecuencia.

La Tabla 7 presenta los datos recopilados con fecha 21 de abril 2025 por el módulo a lo largo de un día completo, los datos obtenidos durante el mes se encuentran en el Anexo 5. Estos datos son fundamentales para analizar cómo las variaciones en la ocupación del hogar afectan el consumo de energía y cómo el módulo ajusta este consumo para optimizar la eficiencia energética.

Tabla 7. Datos del módulo de conteo en el día de muestra (21/4/2025)

	Consumo (kWh)	# Personas
00:00	0,13	4
01:00	0,14	4
02:00	0,14	4
03:00	0,10	4
04:00	0,09	4
05:00	0,10	4
06:00	0,32	4
07:00	0,41	0
08:00	0,33	0
09:00	0,27	0
10:00	0,49	2
11:00	0,45	2
12:00	0,42	2
13:00	0,98	5
14:00	0,51	0
15:00	0,39	2
16:00	0,42	2
17:00	0,45	0
18:00	0,40	0
19:00	0,55	3
20:00	0,51	4
21:00	0,48	4
22:00	0,42	4
23:00	0,39	4



Se detectaron 6 períodos sin presencia de personas durante el día, lo que evidencia una relación directa entre el número de ocupantes y el consumo energético. En esos momentos, el sistema apagó automáticamente los focos y desconectó los tomacorrientes, reduciendo el gasto innecesario y demostrando que, a menor número de personas, menor es el consumo, optimizando así el uso de la energía disponible.

La aplicación móvil permitió a los usuarios consultar de manera instantánea la cantidad de personas en la vivienda como se puede observar en la Figura 21, facilitando el control de manera práctica.



Figura 21. Sección contador de personas en App Móvil

Durante el mes de abril de 2025, el módulo de conteo registró la ocupación del hogar, mostrando que, en las horas de mayor actividad, como entre 08:00-09:00 y 13:00-14:00, se obtuvieron entre 4 y 5 detecciones, lo que coincide con el aumento en el uso de electrodomésticos y dispositivos. En cambio, durante períodos como 14:00-15:00 y 17:00-18:00, cuando no se apreciaron números de personas, el sistema apagó automáticamente los dispositivos no necesarios, lo que ayudó a reducir el consumo de energía.

En las horas de la madrugada y la noche, se mantuvo un patrón constante de 4 detecciones, lo que permitió que el sistema ajustara de forma precisa la iluminación y otros dispositivos, contribuyendo al ahorro de energía sin afectar la comodidad de los usuarios, ya que los ajustes se realizaron automáticamente sin interferir en sus actividades diarias.



4.1.2. Módulo de control lumínico

El módulo de control lumínico, equipado con un sensor BH1750 para la detección precisa de la luz solar, proporcionó datos clave sobre la intensidad de la luz en el ambiente a lo largo de un día completo. Los resultados obtenidos en el día de muestra se presentan en la Tabla 8, reflejan la variabilidad de la intensidad de luz natural y muestran cómo el estado del foco está relacionado con la presencia de personas y la intensidad de luz detectada. Los datos completos correspondientes al mes de abril se encuentran en el Anexo 6.

Tabla 8. Datos del módulo de control lumínico en el día de muestra (23 de abril 2025)

Hora	# Personas	Intensidad (lux)	Iluminación Foco (%)	Estado del foco
00:00	4	0	0%	Manual
01:00	4	0	0%	Manual
02:00	4	0	0%	Manual
03:00	4	0	0%	Manual
04:00	4	0	0%	Manual
05:00	4	0,1	99%	Automático
06:00	4	0,5	95%	Automático
07:00	2	1,0	90%	Automático
08:00	2	2,0	80%	Automático
09:00	2	3,0	70%	Automático
10:00	2	5,0	50%	Automático
11:00	2	8,0	20%	Automático
12:00	2	10,0	0%	Automático
13:00	5	9,0	10%	Automático
14:00	0	7,0	0%	Contador personas
15:00	0	5,0	0%	Contador personas
16:00	0	3,0	0%	Contador personas
17:00	0	2,0	0%	Contador personas
18:00	4	1,0	90%	Automático
19:00	4	0,5	95%	Automático
20:00	4	0,2	0%	Manual
21:00	4	0,1	0%	Manual
22:00	4	0	0%	Manual
23:00	4	0	0%	Manual



Modo Manual: En los períodos donde la intensidad es cero y el foco está apagado, el sistema está en modo manual, lo que indica que el usuario ha apagado el foco independientemente de la intensidad ambiental. Esto ocurre por lo general durante las 20h00 hasta 05h00 debido a que los usuarios están descansando.

Modo Automático: A medida que la intensidad aumenta, el sistema entra en modo automático, ajustando la intensidad del foco según la cantidad de luz solar disponible. Este ajuste permite un uso eficiente de la energía, ya que el foco solo se enciende cuando es necesario para complementar la luz solar.

Contador de Personas: En los períodos en los que no se detectan personas (como en las primeras horas de la tarde), el sistema pasa al estado de contador de personas, donde no se realiza ajuste en la iluminación, ya que el sistema considera que no es necesario mantener la luz encendida sin presencia de personas.

Durante los meses de instalación, el módulo de control lumínico ajustó la intensidad de los focos según la luz solar y la presencia de personas. Durante el día, el sistema reguló la iluminación de manera automática para optimizar el consumo energético, reduciendo la intensidad cuando la luz natural era suficiente. En la noche, el sistema operaba en modo manual o ajustaba la luz según las necesidades del hogar.

El sistema también apagó los focos cuando no se tiene detecciones, evitando el uso innecesario de energía. La integración de la aplicación móvil permitió a los usuarios monitorear y controlar el encendido y apagado del foco en tiempo real como se observa en la Figura 22 y Figura 23, esta función se pudo realizar desde cualquier lugar donde se encuentre el usuario gracias a la comunicación Mqtt brindando control adicional sobre el consumo energético y ayudando en la seguridad de la vivienda.



Figura 22. Activación automática desde la App móvil. Figura 23. Activación manual desde la App móvil.

4.1.3. Módulo de Tomacorriente

El módulo de tomacorriente está diseñado para monitorear en tiempo real el consumo eléctrico de un electrodoméstico conectado de forma individual. En este caso, se implementó para la medición específica del consumo de una refrigeradora doméstica, permitiendo observar su comportamiento horario a lo largo del día.

La medición se realiza a través de un sensor de corriente no invasivo (SCT-013), que entrega datos en amperios (A). Estos valores son transformados a potencia activa en kilovatios (kW), considerando la tensión nominal de 110 V y un factor de potencia promedio de 0.9, según la Ecuación (1):

$$Potencia (kW) = \frac{V \times I \times FP}{1000}$$

Ejemplo:

$$Potencia (kW) = \frac{110 V \times 2,2 A \times (0,9)}{1000} = 0,2178 kW$$

En la Tabla 9 se presenta el consumo medido por el módulo tomacorriente conectado al refrigerador el día 13/04/2025, expresado en kWh para cada hora del día.



Tabla 9. Datos del módulo de tomacorriente en el día de muestra

Hora	13/04/2025 (kWh)	Consumo Refrigeradora (kWh)
00:00	0,15	0,020
01:00	0,16	0,020
02:00	0,16	0,020
03:00	0,12	0,020
04:00	0,11	0,020
05:00	0,13	0,069
06:00	0,38	0,178
07:00	0,47	0,198
08:00	0,58	0,218
09:00	0,60	0,228
10:00	0,55	0,238
11:00	0,62	0,228
12:00	0,60	0,238
13:00	0,48	0,228
14:00	0,41	0,218
15:00	0,55	0,198
16:00	0,36	0,178
17:00	0,37	0,139
18:00	0,56	0,119
19:00	0,58	0,040
20:00	0,48	0,030
21:00	0,50	0,020
22:00	0,40	0,020
23:00	0,25	0,020

Durante la madrugada (00:00–05:00) se observa un consumo muy bajo y estable (≈ 0.02 kWh), correspondiente al estado de reposo del compresor. Sin embargo, a partir de las 06:00, el consumo horario empieza a incrementarse como parte del ciclo normal de uso diurno.

Los valores resaltados en la Tabla 9, representan un comportamiento anómalo para la refrigeradora, superando el consumo esperado para su operación nominal (~ 0.178 – 0.198 kWh en ciclo activo normal).



Este sobreconsumo horario sugiere que el compresor está operando en modo de falla, probablemente debido a:

- Sobrecarga mecánica (desgaste o atasco).
- Fugas de gas refrigerante que impiden alcanzar la temperatura de corte.
- Fallo del termostato o del sistema de control.

En estas condiciones, el compresor permanece encendido por más tiempo y trabaja con mayor esfuerzo, elevando la corriente absorbida y, por ende, el consumo eléctrico horario.

Cuando los picos de consumo (0.218 kWh y 0.238 kWh) se detectaron, el sistema actuó correctamente al desconectar automáticamente el tomacorriente para evitar daños adicionales al compresor. Posteriormente, se realizó el mantenimiento del compresor, detectándose fallas que fueron reparadas, y después de la intervención, los picos de consumo se redujeron a valores más normales como se puede observar en el Anexo 7. Aunque se continuaron registrando picos en menor medida, estos fueron de corta duración entre 1 minuto, relacionados con el encendido del compresor.

El módulo de tomacorriente ayudó a identificar fallos en el funcionamiento del compresor de la refrigeradora, lo que permitió una intervención oportuna que previno daños mayores. Además, la desconexión automática del sistema proporcionó una protección adicional, minimizando riesgos y optimizando el uso de la energía en el hogar.

La aplicación móvil permitió a los usuarios monitorear en tiempo real el consumo de la refrigeradora y observar los picos de consumo como se observa en la Figura 24 y

Figura 25. Con esta funcionalidad, los usuarios pudieron intervenir rápidamente si era necesario, controlando remotamente el estado del sistema y asegurando una gestión más eficiente del consumo energético, incluso cuando no estaban presentes en el hogar.

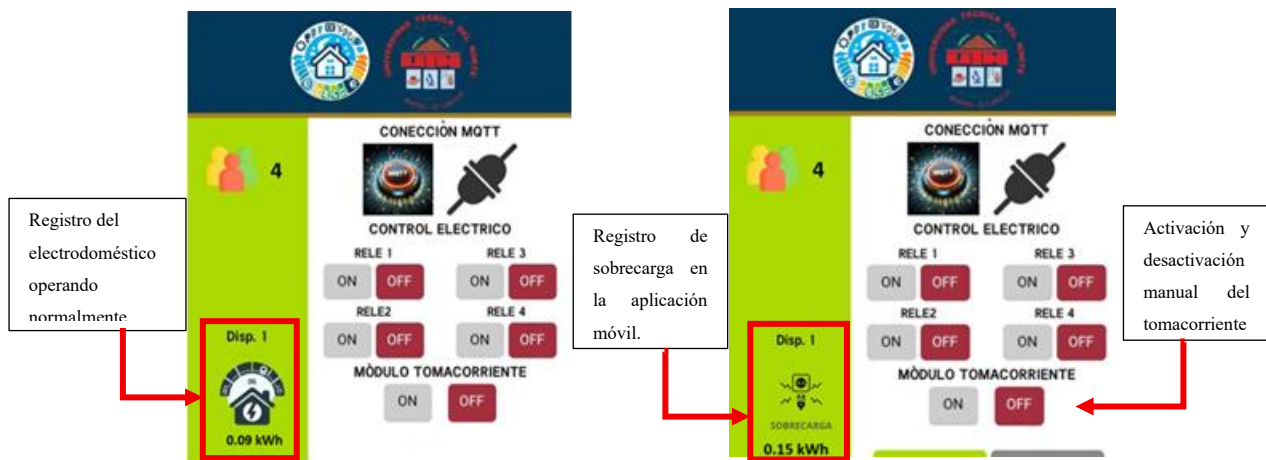


Figura 24.Registro del refrigerador en la App Móvil.

Figura 25. Sobrecarga en la App Móvil

Aplicación móvil

La aplicación móvil es fundamental para la gestión energética del hogar, permitiendo a los usuarios monitorear y controlar el consumo en tiempo real desde cualquier lugar. A través de la aplicación como se observa en la Figura 26, se pueden encender y apagar dispositivos conectados, como luces o electrodomésticos, mejorando la comodidad y la seguridad. Los usuarios pueden, por ejemplo, apagar las luces cuando se olvidan de hacerlo o controlar los dispositivos conectados a los relés, optimizando el uso de energía y garantizando un entorno más eficiente y seguro.

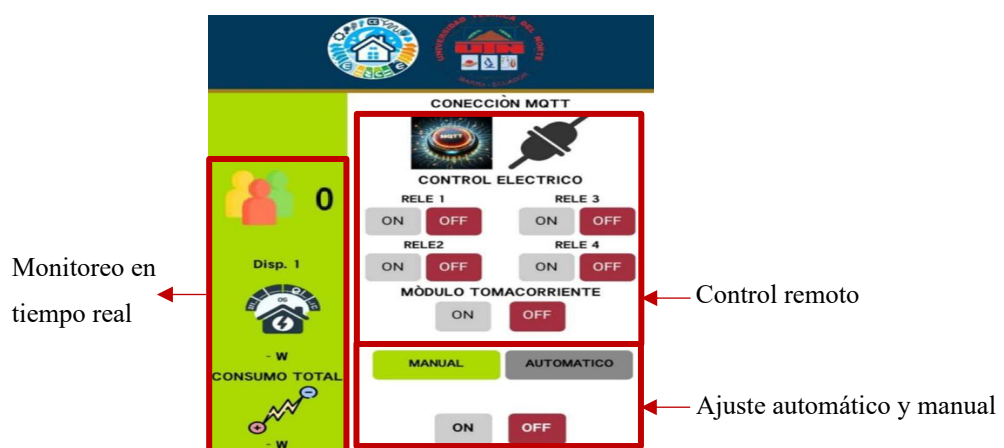


Figura 26. Interfaz Móvil



A continuación, se destacan los resultados clave:

- **Control Remoto de Dispositivos:** Los usuarios pudieron activar y desactivar dispositivos como la refrigeradora, electrodomésticos conectados al relé y el foco desde la aplicación móvil, optimizando el consumo energético en todo momento.
- **Monitoreo en Tiempo Real:** La aplicación permitió a los usuarios monitorear el consumo de energía de la refrigeradora, incluyendo el ajuste automático de la intensidad del foco y la desactivación de dispositivos cuando no eran necesarios.
- **Ajuste Automático y Manual:** El sistema ajustó automáticamente el consumo según la radiación UV o el número de personas en la casa. Además, el usuario podía utilizar manualmente los dispositivos para un control adicional.

Medidas Preventivas ante el Robo

Además de optimizar el consumo energético, el sistema IoT también funciona como una medida preventiva contra el robo. El módulo de control lumínico tiene una función manual que permite a los usuarios encender y apagar las luces a distancia, simulando la presencia de personas en el hogar incluso cuando están ausentes. Esta funcionalidad es particularmente útil para disuadir a posibles intrusos, ya que la iluminación aleatoria puede dar la impresión de que la vivienda está ocupada. Además, el módulo de conteo asegura que el consumo eléctrico de dispositivos no esenciales se desactive cuando no haya nadie en casa, evitando señales que puedan indicar la ausencia prolongada de los residentes.

4.1.4. Módulo central

El módulo principal está equipado con un sensor de corriente que mide el consumo total de energía de la residencia como se puede observar en la Figura 27. Este sensor permite registrar continuamente el uso total de energía, proporcionando datos cruciales para entender y gestionar el consumo energético del hogar.

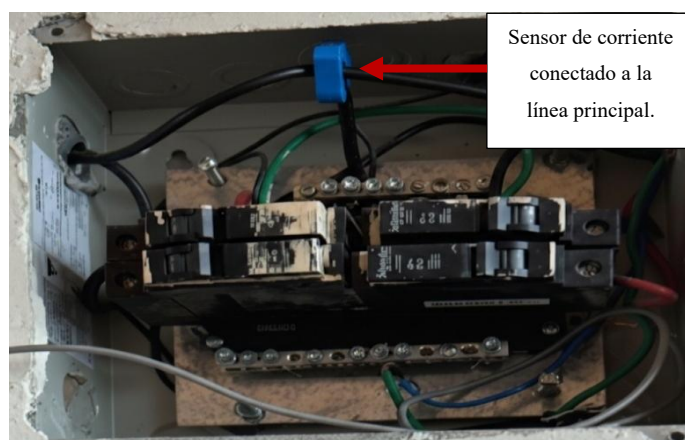


Figura 27. Conexión del SCT-013

También cuenta con relés que activan o desactivan los electrodomésticos conectados. El módulo central es el encargado de controlar el encendido y apagado de varios dispositivos en la residencia a través de 4 relés. Este control remoto no solo ofrece conveniencia, sino que también contribuye a la optimización del consumo energético, ya que permite apagar los dispositivos cuando no se encuentra en uso como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, evitando el desperdicio de energía.

Figura 28. Tomacorriente controlado por Relé 1 (apagado).



Una de las funciones del módulo central es registrar el consumo energético general de manera diaria. Los datos de consumo en marzo (sin el sistema IoT activo) muestran el comportamiento energético del hogar sin ninguna automatización. A continuación, se presenta la Figura 29 con el consumo diario del mes de marzo con un consumo total de 312 kWh.

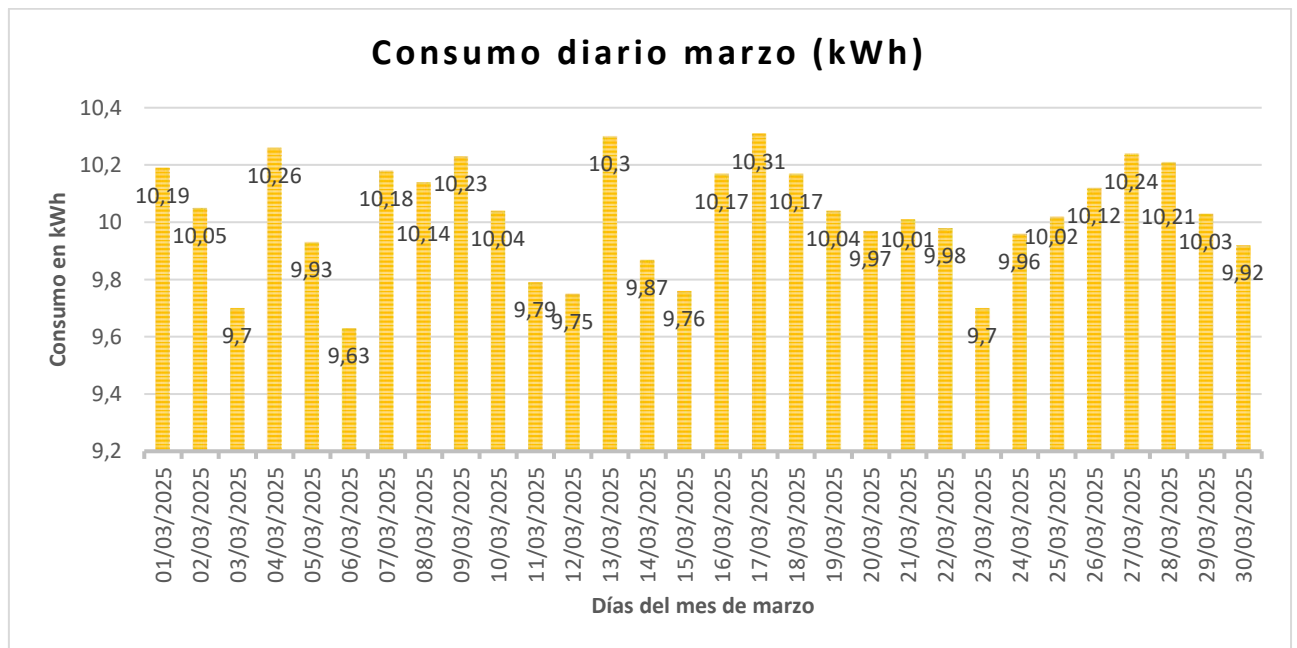


Figura 29. Consumo diario del mes de marzo.

4.2. Análisis de Resultados

Para realizar un análisis comparativo del consumo energético fue necesario contar con información histórica. Con este propósito, se utilizó el módulo central sin integración IoT, únicamente como registrador, obteniendo los datos correspondientes al mes de marzo como se puede observar en Figura 29. Asimismo, se consideraron los 12 meses anteriores, todos bajo condiciones sin IoT. Los resultados evidencian que el consumo energético no se mantiene constante, sino que presenta variaciones significativas a lo largo del periodo analizado como se observa en la Figura 30.

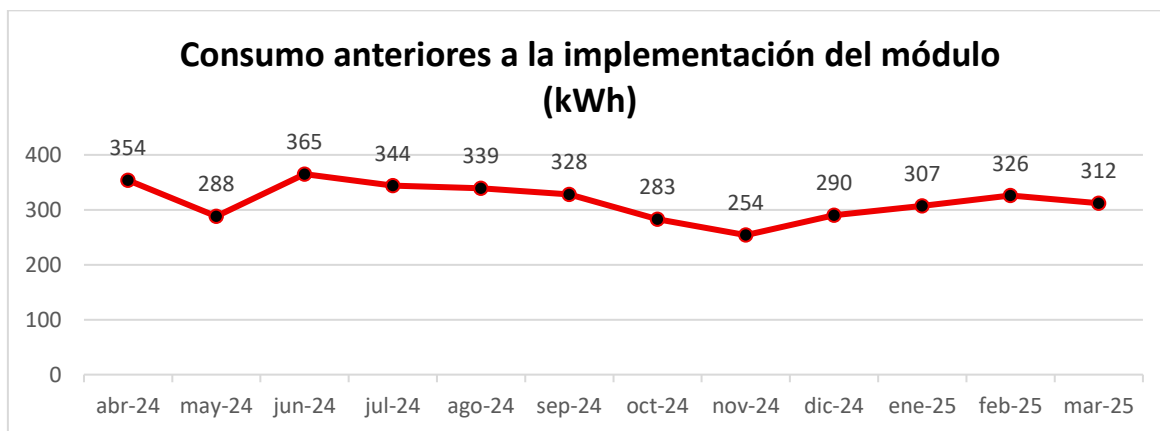


Figura 30. Consumo de meses anteriores a la implementación

Al analizar la curva del consumo energético entre abril de 2024 y marzo de 2025, periodo en el que aún no se encontraba en funcionamiento el módulo IoT. Se observa una variabilidad en los valores mensuales, con máximos de 365 kWh en junio de 2024 y mínimos de 254 kWh en noviembre de 2024, lo que refleja los cambios en los patrones de uso de la vivienda y la influencia de factores como el uso de electrodomésticos de mayor potencia y la iluminación artificial en determinados meses.

4.2.1. Análisis del consumo implementado IoT

Durante los meses de abril, mayo, junio y julio se registró diariamente el consumo energético de la vivienda a través del módulo central, mostrando los datos con un registro diario. Este registro evidencia las variaciones en el uso de energía a lo largo de los días, reflejando tanto los hábitos de los usuarios como la influencia de los momentos de mayor y menor ocupación. La información obtenida constituye la base para analizar el impacto de la implementación del sistema IoT y comparar posteriormente con los datos históricos sin automatización.

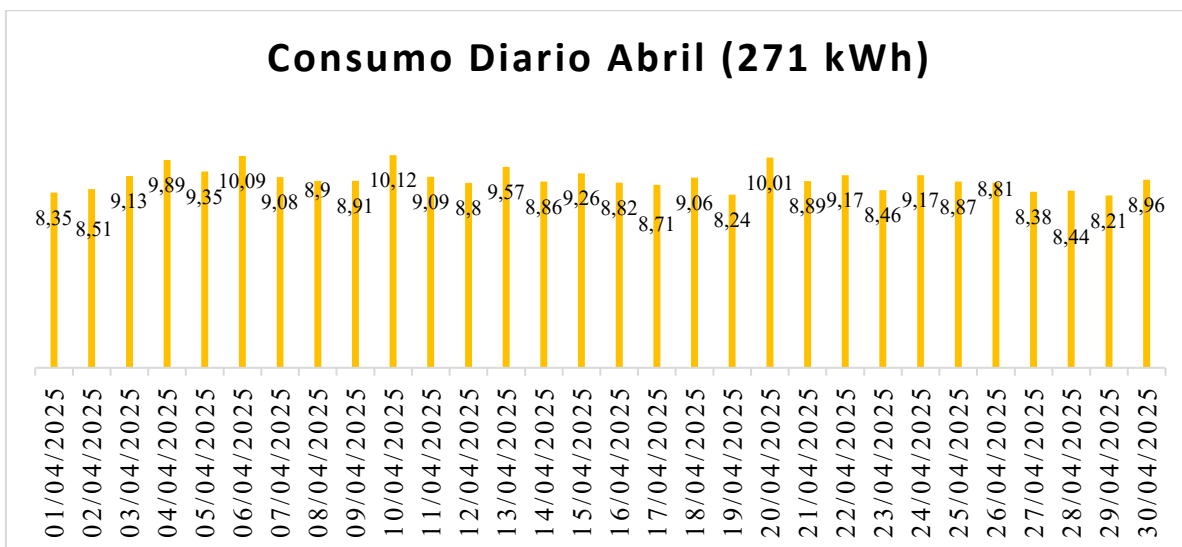


Figura 31. Consumo diario del mes de abril

En la Figura 31 se puede observar el comportamiento del consumo energético del sistema IoT durante el mes de abril, mostrando los datos con un registro diario. Se agrupó los datos de los siguientes meses con valores mensuales en la Figura 32 , lo que permitió observar tendencias generales de consumo y comparar de manera más clara el impacto del sistema IoT sobre períodos más largos.

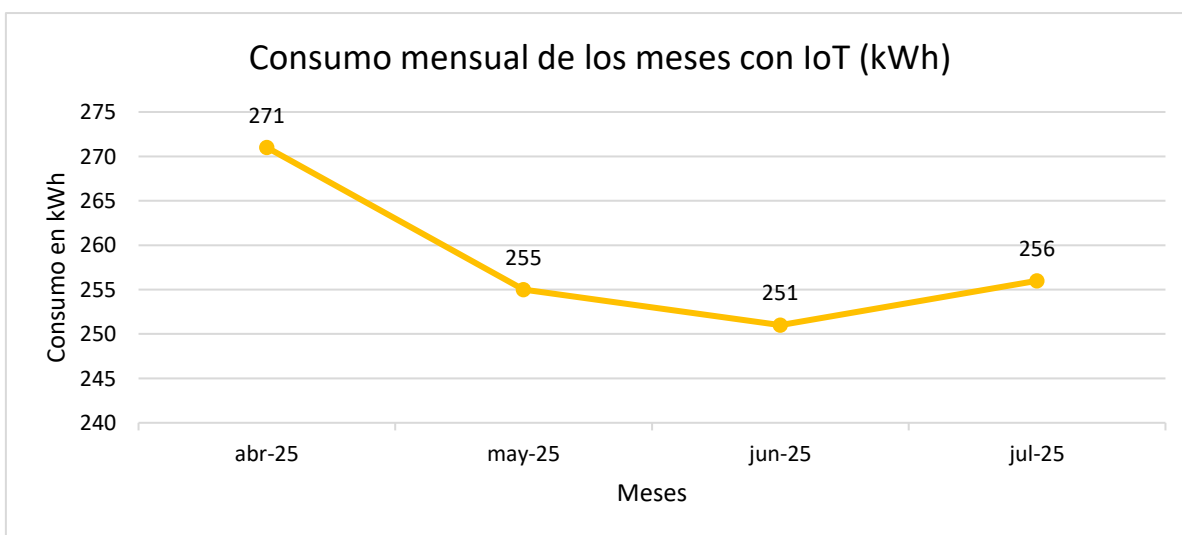


Figura 32. Curva del consumo con IoT

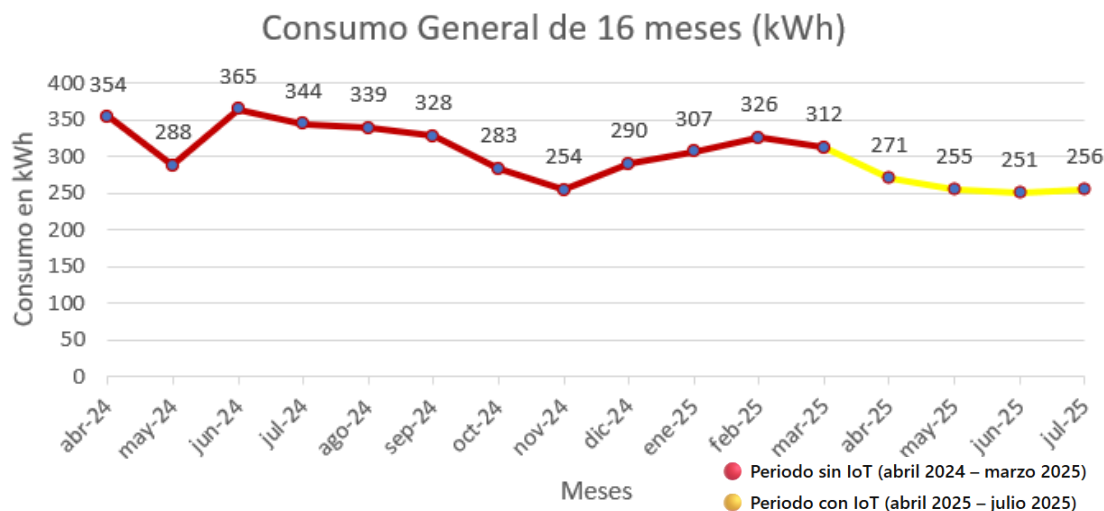


Figura 33. Curva del consumo de 16 meses

En la Figura 33 se observa la evolución del consumo energético durante 16 meses. En el primer periodo la curva en color rojo corresponde al mes de abril de 2024 y marzo de 2025, el consumo presentó variaciones importantes, con un promedio de 318 kWh, alcanzando un pico máximo de 365 kWh en junio de 2024 y un valor mínimo de 254 kWh en noviembre del mismo año. A partir de abril de 2025, la curva que se representa en color amarillo, tras la implementación del sistema IoT, se evidencia una reducción y estabilización en el consumo, con un promedio cercano a 258 kWh y un rango más controlado entre 251 y 271 kWh.

En la Figura 33 se evidencia el impacto positivo de la implementación del sistema IoT, que contribuyó a una reducción del promedio mensual y a una mayor estabilidad en el comportamiento energético, garantizando un uso más eficiente de los recursos eléctricos.

4.2.4. Eficiencia Energética Lograda

El impacto del sistema de automatización IoT implementado en el hogar se cuantificó mediante el Indicador de Eficiencia Energética (IEE). Este indicador permite comparar el consumo energético antes y después de la intervención del sistema IoT, proporcionando una medida clara de la mejora en el rendimiento energético.



El IEE se calculó como el cociente entre el consumo energético previo (sin el módulo) y el consumo con el sistema IoT activo (con el módulo) con la Ecuación 2.

$$IEE = \frac{E \text{ sin módulo}}{E \text{ con Módulo}} \quad (2)$$

Donde:

- E sin módulo = corresponde al consumo total durante el mes del año anterior.
- E con módulo = corresponde al consumo total durante el mes implementado IoT.

Al aplicar la Ecuación 2, se obtiene:

Abril 2024 = 354 kWh

Abril 2025 = 270,11 kWh

$$IEE = \frac{354}{270,11} = 1,31 \quad (2)$$

$$\% \text{ de reducción} = \frac{354 - 270,11}{354} \times (100) = 23,70 \%$$

De manera similar, se aplicó la Ecuación 2 para los meses siguientes (mayo, junio y julio), cuyos resultados obtenidos se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Eficiencia Energética Lograda durante 4 meses

Mes	Consumo año anterior (kWh)	Consumo con IoT (kWh)	IEE	% Reducción
Abril	354	270,11	1,3	23,70%
Mayo	288	254,99	1,1	11,46%
Junio	365	250,15	1,5	31,47%
Julio	344	256,03	1,3	25,57%

Proyección y estimación anual

En esta sección se presenta la proyección y estimación anual del consumo energético, comparando el periodo previo sin IoT con los valores obtenidos tras su implementación. El análisis permite identificar el ahorro potencial que puede alcanzarse en un año completo de operación del sistema.



La estimación anual se calculó tomando los consumos medidos con IoT de abril a julio de 2025, obteniendo un promedio mensual de 258 kWh y multiplicando por los 12 meses para proyectar el ahorro en un año.

Tabla 11. Promedio de consumos mensuales

Periodo	Promedio Mensual	Consumo/Ahorro Total (kWh)	Observación
Abr-24 a Mar-25 (sin IoT)	316	3790	Antes de la implementación
Proyección Abr-25 a Mar-26 (con IoT)	258	3099 (estimación)	Con IoT en funcionamiento

Ahorro proyectado: $3790 \text{ kWh} - 3099 \text{ kWh} = 691 \text{ kWh}$

$$\% \text{Ahorro} = \frac{691 \text{ kWh}}{3790 \text{ kWh}} \times 100 = 18,2 \% \text{ menos}$$

A partir de la implementación del sistema IoT en abril de 2025, se realizó una proyección anual de los valores registrados entre abril y julio de dicho año registrados en la Tabla 11, obteniendo un promedio mensual de 258 kWh. Suponiendo este valor a los doce meses, se estima un consumo anual de 3099 kWh, en comparación con las 3790 kWh registradas en el periodo previo sin IoT. Esto evidencia un ahorro proyectado de 691 kWh, equivalente aproximadamente al 18,2% de reducción anual, lo que confirma la efectividad del sistema propuesto para optimizar la eficiencia energética en la residencia.

La Figura 34 ilustra la variación en el consumo energético anual considerando la implementación del sistema IoT. Se aprecia una tendencia a la disminución en comparación con el periodo anterior sin IoT, lo que evidencia el efecto positivo de la automatización en la optimización de los recursos energéticos de la vivienda.

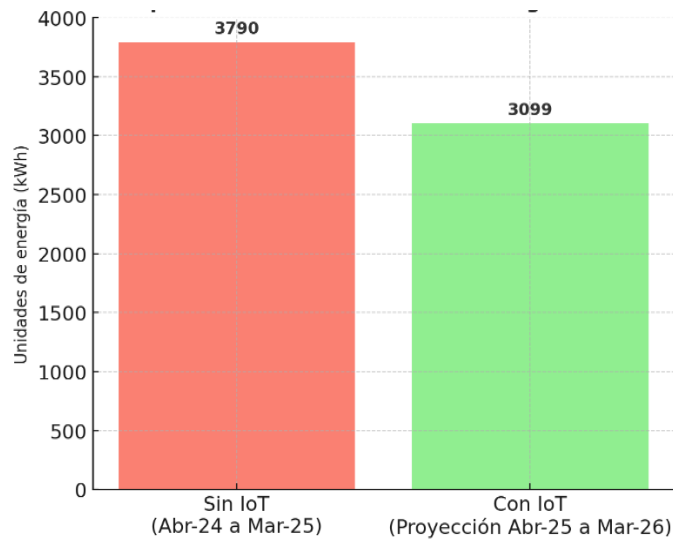


Figura 34. Comparación de consumo energético anual con la estimación.



CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que las tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas inteligentes de gestión energética, son herramientas clave para optimizar el consumo energético en residencias. La implementación de estos sistemas permite no solo un control más preciso del consumo, sino también la adopción de hábitos más sostenibles.

El diseño técnico del módulo desarrollado en este proyecto ha demostrado ser una solución eficaz y flexible para optimizar el consumo energético en entornos residenciales. La integración de hardware y software, utilizando una arquitectura maestro-esclavo y la tecnología MQTT para la comunicación, ha permitido una gestión eficiente del consumo energético. Esta arquitectura permite que el sistema se adapte de manera dinámica a las diferentes configuraciones y necesidades de cada residencia, ajustando el uso de energía en función de las condiciones del entorno y las preferencias del usuario.

El prototipo funcional desarrollado e implementado integra tecnologías IoT para la gestión energética, permitiendo el monitoreo y control del consumo en tiempo real. Durante el período de pruebas, comprendido entre abril y julio de 2025, se evidenció una reducción sostenida del consumo energético en comparación con los mismos meses del año anterior. Los índices de eficiencia energética (IEE) obtenidos oscilaron entre 1,1 y 1,5, valores que, al ser mayores a 1, indican un desempeño eficiente del sistema. Asimismo, se alcanzaron porcentajes de reducción de hasta el 31,47 %, lo que confirma la efectividad del sistema IoT como una solución viable para optimizar el consumo energético residencial.



RECOMENDACIONES

Se recomienda explorar la incorporación de otras tecnologías IoT adicionales como sensores avanzados y módulos de comunicación optimizados, que permitan expandir el sistema a diferentes configuraciones de viviendas y entornos comerciales. Esto aumentará la capacidad del sistema para gestionar una mayor variedad de dispositivos y ofrecerá soluciones más flexibles y escalables. También se recomienda fortalecer la aplicación móvil mediante una interfaz más intuitiva y accesible, incorporando funciones como notificaciones inteligentes que alerten a los usuarios sobre consumos elevados o el funcionamiento de dispositivos clave. Con ello se potenciaría el control proactivo del consumo energético y se consolidaría un ahorro sostenido a lo largo del tiempo.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dirección de Análisis y Estrategia de Energía (DAEE), «Eficiencia energética en Ecuador,» Corporación Andina de Fomento., Caracas, 2016.
- [2] Comisión de Energía de California, «energy.ca.gov,» Comisión de Energía de California, 14 marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.energy.ca.gov/es/programs-and-topics/programs/energy-efficiency-existing-buildings>. [Último acceso: 20 Octubre 2023].
- [3] M. Baquero y F. Quesada, «Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador,» *MASKANA* , vol. 7, nº 2, pp. 147-165, 2016.
- [4] «Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador,» *Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología RIEMAT*, vol. 5, nº 1, pp. 28-34, 16 julio 2020.
- [5] IRENA, «Perspectiva Mundial de las Energías Renovables: Transformación de la Energía 2050,» Agencia Internacional de Energías Renovables, Abu Dabi, 2020.
- [6] Grupo de Investigación de Arquitectura, «Claves para un nuevo modelo de vivienda colectiva sostenible en el Ecuador,» LAT, 3 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://vivienda-colectiva.uazuay.edu.ec/eficiencia-energetica/consumo-energetico-y-de-recursos-en-una-edificacion>. [Último acceso: 20 octubre 2023].
- [7] V. Macas, J. Hechavarría y J. Torres, «Gestión de la eficiencia energética en las edificaciones del ecuador,» *Opuntia Brava*, vol. 10, nº 4, pp. 1-2, 4 Septiembre 2018.



- [8] M. Jorge, «Los cambios a la reforma energética: límites y oportunidades en el contexto del T-MEC,» *ININEE CIENCIA*, vol. 1, n° 1, p. 39, 2023.
- [9] C. Sandoval-Ruiz, «Laboratorio de Energías Renovables y Aplicaciones Ambientales,» *Revista Ciencia e Ingeniería*, vol. 42, n° 2, pp. 169-178, 2021.
- [10] U. Hijawi, A. Gastli, R. Hamila, O. Ellabb y D. Unal, «Qatar Green Schools Initiative: Energy Management System with Cost-Efficient and Lightweight Networked IoT,» *2020 IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies (ICIoT)*, vol. 1, n° 1, pp. 415-421, 2020.
- [11] M. N. Sahana, S. Anjana, S. Ankith, K. Natarajan, K. R. Shobha y A. Pav, «Home energy management leveraging open IoT protocol stack,» *2015 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)*, vol. 1, n° 1, pp. 370-375, 2015.
- [12] A. T. Jambhulkar, A. M. Bhoyar, C. M. Shivankar, P. S. Balwad y P. Nandankar, «IoT-Based Smart Energy Meter for Monitoring Home Appliances,» *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, vol. 8, n° 7, pp. 1-5, 2023.
- [13] energystar, «Consejos para el hogar inteligente para ahorrar energía,» energystar, 4 agosto 2023. [En línea]. Available: https://www.energystar.gov/products/smart_home_tips. [Último acceso: 16 enero 2024].
- [14] Energy Management, «Una guía para los sistemas de gestión de energía en el hogar (HEMS),» KNX, 20 diciembre 2023. [En línea]. Available:



<https://sustainabilityknx.org/articles/a-guide-to-home-energy-management-systems-hems/>. [Último acceso: 16 enero 2024].

- [15] Panasonic, «¿Qué es un HEMS y qué puede hacer por usted?,» Panasonic, 14 agosto 2022. [En línea]. Available: <https://na.panasonic.com/us/green-living/what-hems-and-what-can-it-do-you>. [Último acceso: 15 enero 2024].
- [16] S. Bangalore y N. U. Eisty, «Software engineering approaches for TinyML based IoT embedded vision: a systematic literature review,» *Software engineering approaches for TinyML based IoT embedded vision: a systematic literature review*, vol. 1, n° 1, pp. 33-40, 2022.
- [17] A. De, M. Imtiaz y S. Ghos, «Attack resilient architecture to replace embedded Flash with STTRAM in homogeneous IoTs,» *Emerging Technologies*, vol. 1, n° 1, pp. 1-7, 2016.
- [18] J. Su, D. Vasconcellos y S. Pra, «Lightweight Classification of IoT Malware based on Image Recognition,» *Cryptography and Security*, vol. 1, n° 1, pp. 1-7, 2018.
- [19] O. Uviase y G. Kotonya, «IoT Architectural Framework: Connection and Integration Framework for IoT Systems,» *Distributed, Parallel, and Cluster Computing*, vol. 1, n° 1, pp. 1-17, 2018.
- [20] H. Hindy, . E. Bayne, M. Bures, R. Atkinson, C. Tachtatzis y X. Belle, «Machine Learning Based IoT Intrusion Detection System: An MQTT Case Study (MQTT-IoT-IDS2020 Dataset),» *Cryptography and Security*, vol. 3, n° 1, pp. 1-14, 2020.



- [21] F. Battaglia y L. Lo Bello, «A novel JXTA-based architecture for implementing heterogenous Networks of Things,» *Networking and Internet Architecture*, vol. 1, nº 1, pp. 1-54, 2017.
- [22] M. Taj Dini y V. Sokolov, «Penetration Tests for Bluetooth Low Energy and Zigbee using the Software-Defined Radio,» *arXiv:1902.08595v1*, vol. 1, nº 1, pp. 1-8, 2019.
- [23] S. Kadaba, C. Yuen, W. Tushar, W.-T. Li, C.-K. Wen, K. Hu, C. Chen y X. Liu, «System Design of Internet-of-Things for Residential Smart Grid,» *Networking and Internet Architecture*, vol. 1, nº 1, pp. 1-10, 2016.
- [24] B. Dezfouli, . I. Amirtharaj y C.-C. Li, «EMPIOT: An Energy Measurement Platform for Wireless IoT Devices,» *arXiv:1804.04794v2*, vol. 2, nº 1, pp. 135-148, 2018.
- [25] W. Tushar, N. Wijerathne, W.-T. Li, C. Yuen, H. V. Poor, T. Kumar y K. L. Wood, «IoT for Green Building Management,» *arXiv:1805.10635v1*, vol. 3, nº 1, pp. 1-19, 2018.
- [26] O. A. López, O. M. Rosabal, D. R.-. Guirola, P. Raghuwanshi, K. Mikhaylov, L. Lovén y S. Iyer, «Energy-Sustainable IoT Connectivity: Vision, Technological Enablers, Challenges, and Future Directions,» *arXiv:2306.02444v2*, vol. 2, nº 1, pp. 1-70, 2022.
- [27] W. Tushar, N. Wijerathne, W.-T. Li., C. Yuen, V. Poor, T. K. Saha y K. L. Wood, «IoT for Green Building Management,» *Other Computer Science*, vol. 1, nº 1, pp. 1-19, 2018.



- [28] Asamblea Constitucional del Ecuador, «LEY ORGANICA DEL SERVICIO PUBLICO DE ENERGIA ELECTRICA,» de *Registro Oficial Suplemento 418 de 16-ene.-2015*, Quito, 2015.
- [29] Servicio Ecuatoriano de Normalizaci[on, «NORMA DE NORMAS. PRINCIPIOS DE NORMALIZACIÓN,» de *Comité Interno del INEN*, Quito, 2014.
- [30] Asamblea Nacional del Ecuador, «Ley Orgánica de Eficiencia Energética,» de *Registro Oficial N° 449*, Quito, 2019.
- [31] Ministerio de Energia y Minas, «Gobierno Nacional fortalece acciones para incentivar el uso racional y eficiente de la energía en el Ecuador,» Ministerio de Energia y Minas, 15 marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/15006-2/>. [Último acceso: 11 enero 2024].



ANEXOS

Anexo 1: Entrevistas

Entrevista 1: Apartamento de una Persona Soltera

Participante: Mujer, 28 años, vive sola en un apartamento de 2 habitaciones.

Resumen: La participante utiliza principalmente la energía para iluminación, cocina y entretenimiento (televisión y computadora). No tiene prácticas específicas de ahorro energético, y suele dejar las luces encendidas en habitaciones vacías. Está familiarizada con algunas tecnologías inteligentes, como bombillas LED y termostatos programables, pero no las ha implementado debido a preocupaciones sobre el costo inicial y la complejidad de instalación. Manifestó interés en un sistema que centralice el control de todos los dispositivos, mencionando que le gustaría poder controlar las luces y los electrodomésticos a través de una aplicación móvil. Sus principales preocupaciones incluyen la seguridad y la privacidad de los datos.

Entrevista 2: Casa Unifamiliar de una Familia de Cuatro

Participantes: Pareja con dos hijos pequeños.

Resumen: Esta familia utiliza la energía principalmente para iluminación, cocina y una variedad de electrodomésticos (lavadora, secadora, refrigerador). Están interesados en reducir su consumo energético debido a las altas facturas de electricidad. Han implementado algunas medidas de ahorro, como el uso de bombillas LED y la desconexión de electrodomésticos cuando no están en uso, pero encuentran difícil mantener estos hábitos de manera constante. Están muy interesados en tecnologías inteligentes que puedan automatizar estas prácticas y mencionaron específicamente el interés en sistemas de iluminación automatizados y termostatos programables. La familia está preocupada por los costos iniciales de estas tecnologías, pero reconocen que el ahorro a largo plazo podría justificar la inversión.

Entrevista 3: Apartamento Compartido por Estudiantes



Participantes: Tres estudiantes universitarios.

Resumen: Los estudiantes utilizan la energía principalmente para iluminación, cocina y dispositivos electrónicos (computadoras, consolas de videojuegos). No tienen prácticas establecidas de ahorro energético y a menudo olvidan apagar las luces y los electrodomésticos cuando no están en uso. Mostraron un alto interés en tecnologías que puedan ser controladas a distancia, como enchufes inteligentes y sistemas de monitoreo energético que les permitan ver el consumo en tiempo real. Sus principales preocupaciones son la facilidad de uso y la accesibilidad económica de estas tecnologías, ya que tienen un presupuesto limitado.

Entrevista 4: Casa de Pareja de Jubilados

Participantes: Pareja jubilada.

Resumen: La pareja utiliza la energía principalmente para iluminación y cocina. Tienen un conocimiento básico de tecnologías inteligentes, pero no han implementado ninguna debido a la falta de familiaridad y la percepción de que son complicadas de instalar y usar. Expresaron interés en tecnologías que sean simples y fáciles de operar, mencionando que preferirían dispositivos que no requieran una configuración complicada. Están especialmente interesados en soluciones que les permitan controlar la iluminación de manera más eficiente, y reducir sus facturas de energía, que consideran elevadas para su ingreso fijo.

Entrevista 5: Residencia Familiar en un Barrio Urbano

Participantes: Familia de cinco miembros (padres y tres hijos adolescentes).

Resumen: Esta familia utiliza la energía intensivamente para iluminación, cocina y una variedad de dispositivos electrónicos. Han implementado algunas medidas de ahorro, como el uso de temporizadores para luces exteriores, pero encuentran difícil controlar el consumo de los numerosos dispositivos electrónicos utilizados por los adolescentes. Expresaron un gran interés en tecnologías inteligentes que pudieran



proporcionar un control centralizado y monitoreo en tiempo real del consumo energético. Están preocupados por la seguridad y privacidad de sus datos, especialmente con respecto a los dispositivos que recopilan información de uso. También mencionaron que estarían dispuestos a invertir en tecnologías inteligentes si estas ofrecieran una reducción significativa en sus facturas de energía.

Conclusiones Generales de las Entrevistas:

Las entrevistas revelaron patrones comunes y necesidades específicas entre los participantes. Muchos destacaron la falta de un control centralizado y eficiente de los dispositivos electrónicos y electrodomésticos, así como la necesidad de soluciones que faciliten la monitorización y gestión del consumo energético. Las preocupaciones sobre el costo inicial, la facilidad de uso y la seguridad de los datos fueron recurrentes. Sin embargo, existe un claro interés en adoptar tecnologías IoT que puedan automatizar y optimizar el uso de la energía en los hogares, siempre que estas tecnologías sean accesibles, seguras y fáciles de implementar. Estos hallazgos han sido fundamentales para informar y orientar el diseño técnico del sistema de eficiencia energética propuesto en esta investigación.



Anexo 2: Diagrama de bloques

Figura 35. Diagrama de bloques modulo central.

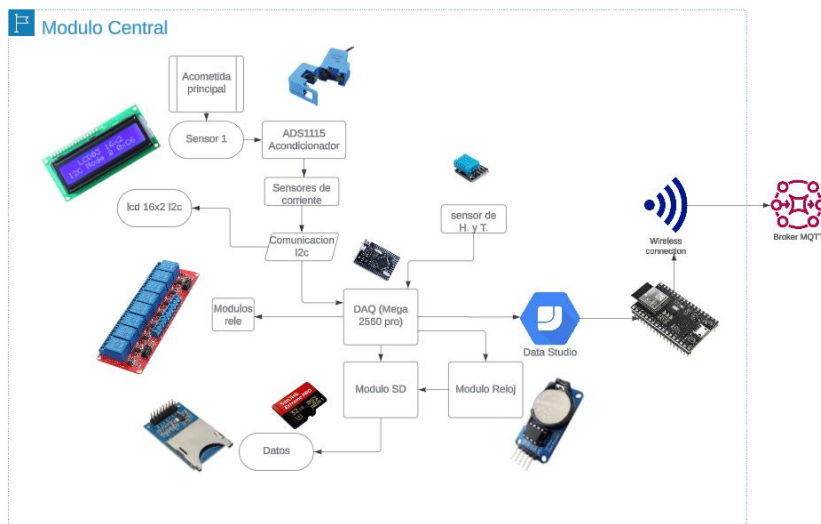


Figura 36. Diagrama de bloques módulo de conteo

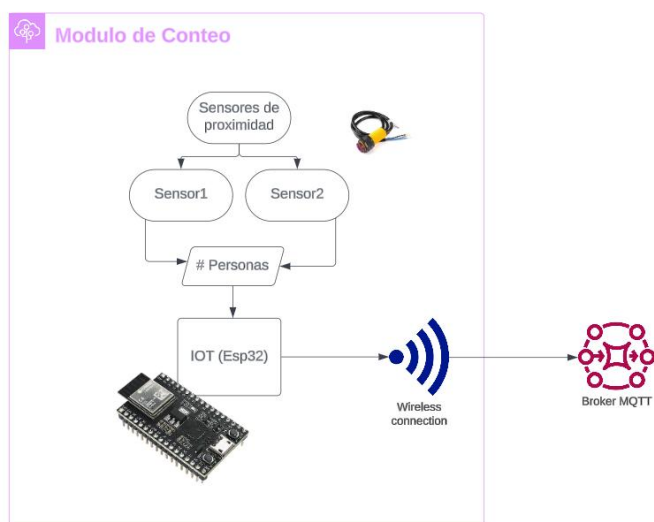




Figura 37. Diagrama de bloques modulo tomacorriente

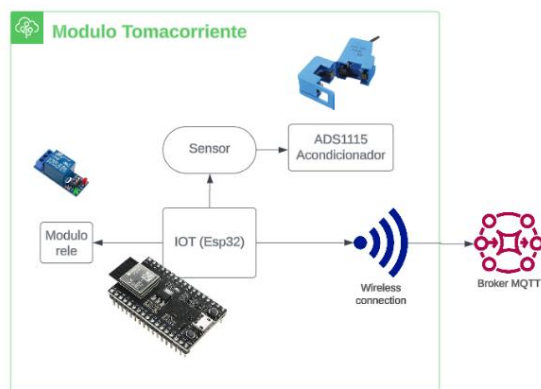


Figura 38. Diagrama de bloques Modulo Luminico

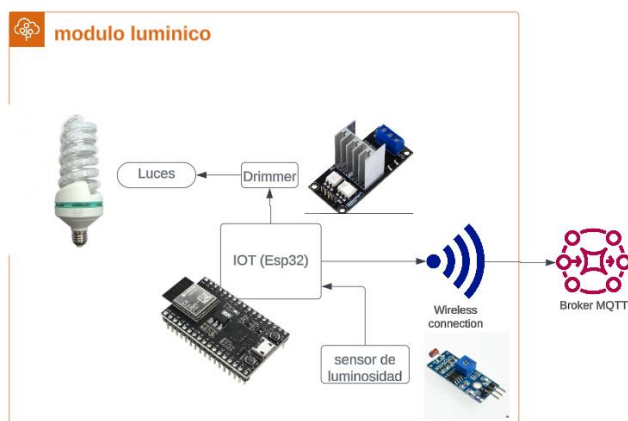
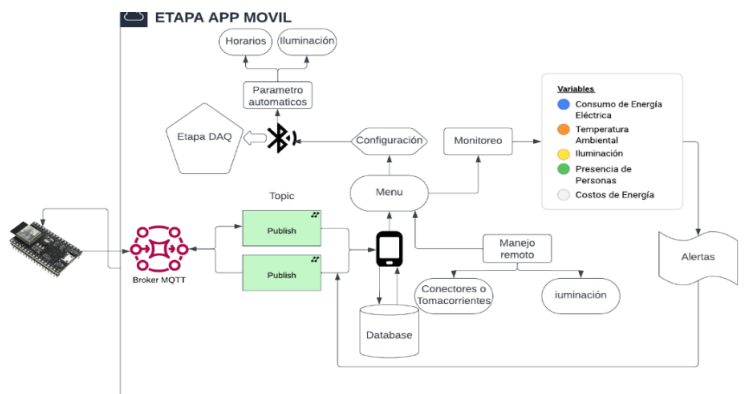


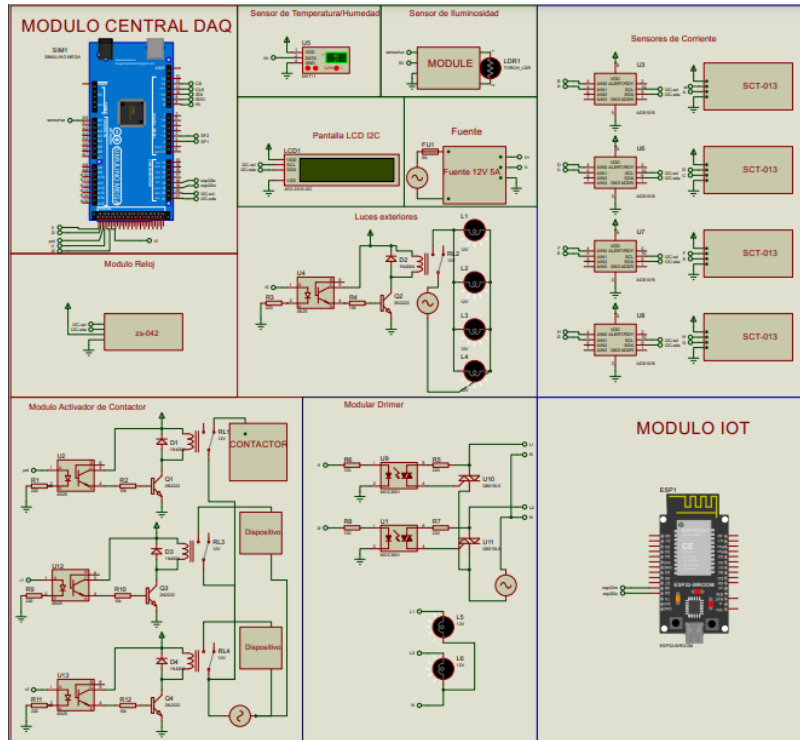
Figura 39. Etapa APP Móvil.





Anexo 3: Diagrama electrónico

Figura 40. Diagrama electrónico





Anexo 4: Flujograma del Sistema

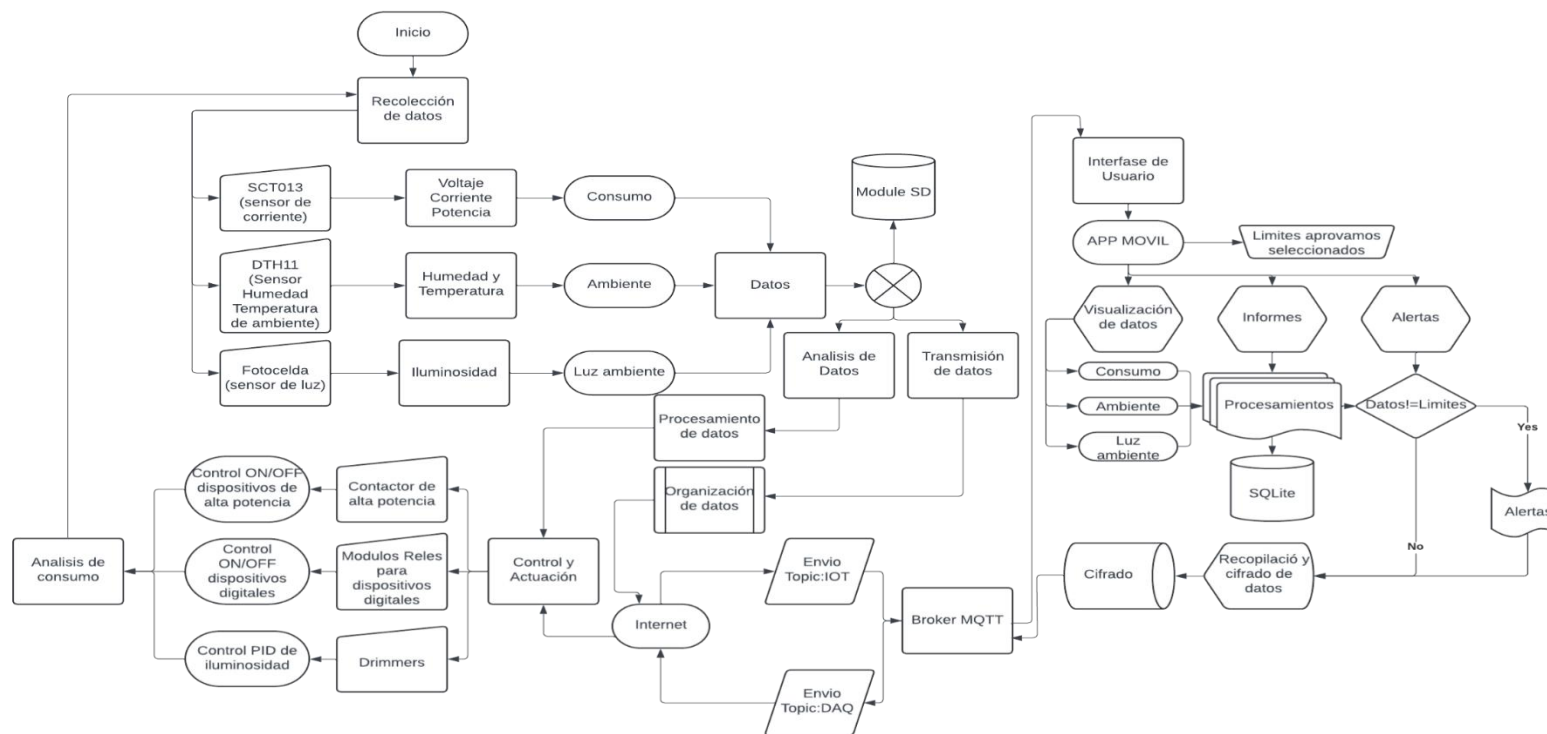


Figura 41. Flujograma del Sistema



Anexo 5: Datos módulo de conteo

Hora	1/04/25	2/04/25	3/04/25	4/04/25	5/04/25	6/04/25	7/04/25	8/04/25	9/04/25	10/04/25	11/04/25	12/04/25	13/04/25	14/04/25	15/04/25
00:00-01:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
01:00-02:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
02:00-03:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
03:00-04:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
04:00-05:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
05:00-06:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
06:00-07:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
07:00-08:00	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4
08:00-09:00	1	1	1	1	4	1	1	1	1	5	4	4	4	1	5
09:00-10:00	1	5	1	1	4	4	5	5	1	5	4	4	4	5	5
10:00-11:00	1	5	1	1	1	4	5	1	5	1	0	4	3	5	5
11:00-12:00	5	5	1	1	1	4	5	5	5	1	0	4	1	5	1
12:00-13:00	5	1	5	5	4	3	1	5	1	4	0	4	2	1	5
13:00-14:00	5	1	5	5	4	3	1	5	1	4	4	4	2	5	5
14:00-15:00	5	1	5	0	4	2	1	5	5	5	3	3	2	5	5
15:00-16:00	5	1	5	0	3	2	5	1	5	5	2	2	2	5	5
16:00-17:00	4	4	4	0	2	2	4	4	4	4	2	2	2	4	0
17:00-18:00	4	3	3	0	2	2	4	3	4	4	2	2	2	4	0
18:00-19:00	4	3	3	0	2	2	4	0	0	0	3	3	2	0	0
19:00-20:00	4	4	4	4	3	3	4	0	2	0	4	4	3	0	4
20:00-21:00	4	4	4	4	4	3	4	4	2	0	4	4	3	0	4
21:00-22:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22:00-23:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23:00-00:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

Hora	16/04/25	17/04/25	18/04/25	19/04/25	20/04/25	21/04/25	22/04/25	23/04/25	24/04/25	25/04/25	26/04/25	27/04/25	28/04/25	29/04/25	30/04/25
00:00-01:00	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
01:00-02:00	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
02:00-03:00	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
03:00-04:00	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
04:00-05:00	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
05:00-06:00	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
06:00-07:00	4	4	5	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
07:00-08:00	4	4	5	4	0	0	4	2	4	4	4	4	4	4	4
08:00-09:00	5	5	5	4	0	0	5	2	5	5	4	4	5	5	5
09:00-10:00	5	5	5	0	0	0	5	2	5	0	4	4	5	5	3
10:00-11:00	1	5	1	0	0	2	5	2	2	0	4	3	1	1	1
11:00-12:00	5	1	1	0	0	2	5	2	5	0	4	3	4	5	4
12:00-13:00	5	5	4	0	0	2	5	2	1	0	4	2	5	1	5
13:00-14:00	5	1	5	0	0	5	5	5	4	0	4	2	5	1	5
14:00-15:00	1	5	5	0	0	0	5	0	5	5	3	2	1	5	5
15:00-16:00	5	5	5	0	0	2	5	0	1	1	2	2	1	5	5
16:00-17:00	4	4	4	0	0	2	0	0	1	4	2	2	4	4	4
17:00-18:00	4	4	4	0	0	0	0	0	4	4	2	2	4	3	0
18:00-19:00	2	4	3	0	4	0	0	4	4	3	3	2	4	3	0
19:00-20:00	2	4	2	0	4	3	4	4	4	2	4	3	4	4	0
20:00-21:00	4	4	2	0	4	4	4	4	4	2	4	3	4	4	4
21:00-22:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22:00-23:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23:00-00:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	1/05/25	2/05/25	3/05/25	4/05/25	5/05/25	6/05/25	7/05/25	8/05/25	9/05/25	10/05/25	11/05/25	12/05/25	13/05/25	14/05/25	15/05/25
00:00-01:00	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
01:00-02:00	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4
02:00-03:00	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
03:00-04:00	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4
04:00-05:00	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4
05:00-06:00	3	3	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4
06:00-07:00	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4
07:00-08:00	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4
08:00-09:00	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5
09:00-10:00	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5
10:00-11:00	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	0	4	3	5	5
11:00-12:00	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	0	4	3	5	5
12:00-13:00	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	0	4	2	5	5
13:00-14:00	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	4	4	2	5	5
14:00-15:00	5	5	5	0	4	2	5	5	5	5	3	3	2	5	5
15:00-16:00	5	5	5	0	3	2	5	5	5	5	2	2	2	5	5
16:00-17:00	4	4	4	0	2	2	4	4	4	4	2	2	2	4	0
17:00-18:00	4	3	3	0	2	2	4	3	4	4	2	2	2	4	0
18:00-19:00	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3	4	4
19:00-20:00	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3
20:00-21:00	3	3	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4
21:00-22:00	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3
22:00-23:00	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4
23:00-00:00	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	16/05/25	17/05/25	18/05/25	19/05/25	20/05/25	21/05/25	22/05/25	23/05/25	24/05/25	25/05/25	26/05/25	27/05/25	28/05/25	29/05/25	30/05/25	31/05/25
00:00-01:00	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
01:00-02:00	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
02:00-03:00	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
03:00-04:00	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
04:00-05:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
05:00-06:00	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4
06:00-07:00	3	3	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4
07:00-08:00	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	5
08:00-09:00	5	5	4	4	0	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5
09:00-10:00	5	5	5	0	0	5	5	2	5	0	4	4	5	5	5	3
10:00-11:00	5	5	5	0	0	5	5	2	5	0	4	3	5	5	5	3
11:00-12:00	5	5	5	0	0	5	5	2	5	0	4	3	5	5	5	3
12:00-13:00	5	5	5	0	0	5	5	2	5	0	4	2	5	5	5	2
13:00-14:00	5	5	5	0	0	5	5	5	5	0	4	2	5	5	5	2
14:00-15:00	5	5	5	0	0	5	5	0	5	5	3	2	5	5	5	2
15:00-16:00	5	5	5	0	0	5	5	0	5	5	2	2	5	5	5	4
16:00-17:00	4	4	4	0	0	4	0	0	4	4	2	2	4	4	4	4
17:00-18:00	4	4	4	0	0	4	0	0	4	4	2	2	4	3	0	4
18:00-19:00	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4
19:00-20:00	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	5
20:00-21:00	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4
21:00-22:00	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4
22:00-23:00	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4
23:00-00:00	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	1/06/25	2/06/25	3/06/25	4/06/25	5/06/25	6/06/25	7/06/25	8/06/25	9/06/25	10/06/25	11/06/25	12/06/25	13/06/25	14/06/25	15/06/25
00:00-01:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4
01:00-02:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4
02:00-03:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4
03:00-04:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4
04:00-05:00	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	0	4
05:00-06:00	4	4	4	4	4	4	4	5	3	5	4	4	4	0	4
06:00-07:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	5	5	0	5
07:00-08:00	4	5	5	3	5	3	4	5	5	5	5	5	2	0	5
08:00-09:00	4	5	5	4	1	5	4	5	5	5	4	4	5	0	3
09:00-10:00	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	0	5
10:00-11:00	2	4	4	5	5	5	4	4	5	4	4	2	0	0	5
11:00-12:00	4	5	1	3	2	2	5	5	4	2	4	4	0	0	4
12:00-13:00	4	5	4	4	5	4	5	5	3	2	2	1	0	0	2
13:00-14:00	5	4	4	5	4	5	5	4	5	5	3	5	0	0	4
14:00-15:00	5	5	2	4	2	4	4	5	4	3	3	5	0	0	2
15:00-16:00	5	4	4	5	3	4	1	4	2	3	3	5	0	0	5
16:00-17:00	5	5	4	5	5	5	2	4	5	5	4	5	0	4	4
17:00-18:00	5	4	4	4	4	4	4	4	5	3	5	4	0	4	5
18:00-19:00	4	3	4	4	4	3	4	3	4	5	4	5	0	4	5
19:00-20:00	4	3	4	3	4	4	2	4	4	4	4	4	0	4	5
20:00-21:00	4	3	2	4	4	4	4	4	4	5	2	4	0	4	5
21:00-22:00	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	0	4	4
22:00-23:00	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	0	4	4
23:00-00:00	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	0	4	4

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	16/06/25	17/06/25	18/06/25	19/06/25	20/06/25	21/06/25	22/06/25	23/06/25	24/06/25	25/06/25	26/06/25	27/06/25	28/06/25	29/06/25	30/06/25
00:00-01:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4
01:00-02:00	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4
02:00-03:00	4	5	2	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4
03:00-04:00	4	4	5	3	2	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4
04:00-05:00	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4	2	5	4	4	4
05:00-06:00	5	4	3	2	5	5	4	4	3	5	3	5	4	4	4
06:00-07:00	4	5	5	5	5	5	4	3	5	5	1	5	5	3	4
07:00-08:00	3	5	4	5	5	5	4	5	4	3	5	5	1	5	3
08:00-09:00	4	5	5	5	2	5	5	3	4	5	5	5	5	4	4
09:00-10:00	2	4	4	4	5	2	2	5	4	3	4	5	3	5	2
10:00-11:00	5	4	3	3	3	4	5	5	4	5	5	4	5	4	3
11:00-12:00	5	5	2	4	5	4	5	5	3	2	5	2	5	5	5
12:00-13:00	4	5	1	5	4	3	5	5	5	5	5	4	3	5	5
13:00-14:00	5	4	1	5	2	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5
14:00-15:00	5	2	5	5	2	2	5	4	4	5	5	5	5	4	2
15:00-16:00	4	4	5	3	5	1	5	2	5	4	5	2	4	5	4
16:00-17:00	4	5	2	5	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	4
17:00-18:00	4	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	4	4	4
18:00-19:00	4	3	3	3	3	3	3	3	1	4	5	4	4	4	4
19:00-20:00	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	4	5	4	4	4
20:00-21:00	5	3	3	3	3	3	3	3	4	5	4	4	4	4	4
21:00-22:00	4	4	4	4	4	4	3	3	5	5	3	4	4	4	4
22:00-23:00	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4
23:00-00:00	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	1/07/25	2/07/25	3/07/25	4/07/25	5/07/25	6/07/25	7/07/25	8/07/25	9/07/25	10/07/25	11/07/25	12/07/25	13/07/25	14/07/25	15/07/25
00:00-01:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
01:00-02:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
02:00-03:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4
03:00-04:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
04:00-05:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
05:00-06:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
06:00-07:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3
07:00-08:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3
08:00-09:00	0	1	1	0	3	4	1	1	1	1	1	4	0	0	1
09:00-10:00	0	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	4	0	0	1
10:00-11:00	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	4	0	1	1
11:00-12:00	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	4	0	1	1
12:00-13:00	1	1	1	1	4	3	1	1	1	1	1	3	0	1	1
13:00-14:00	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	3	0	1	1
14:00-15:00	1	1	0	1	3	3	1	1	1	1	1	3	0	1	1
15:00-16:00	1	1	1	1	4	3	1	1	1	1	1	3	0	1	1
16:00-17:00	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	0	3	3
17:00-18:00	4	3	5	3	3	4	3	3	4	4	3	3	0	4	3
18:00-19:00	4	3	4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	0	4	4
19:00-20:00	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0	4	4
20:00-21:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
21:00-22:00	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4
22:00-23:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3
23:00-00:00	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

Hora	16/07/25	17/07/25	18/07/25	19/07/25	20/07/25	21/07/25	22/07/25	23/07/25	24/07/25	25/07/25	26/07/25	27/07/25	28/07/25	29/07/25	30/07/25	31/07/25
00:00-01:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
01:00-02:00	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
02:00-03:00	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
03:00-04:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
04:00-05:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
05:00-06:00	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
06:00-07:00	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
07:00-08:00	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
08:00-09:00	1	1	1	0	3	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	1
09:00-10:00	1	1	1	0	3	1	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1
10:00-11:00	1	1	0	0	4	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	0
11:00-12:00	1	1	0	0	4	1	1	1	1	1	4	3	1	1	1	1
12:00-13:00	1	1	0	0	4	1	1	1	1	1	4	3	0	1	1	1
13:00-14:00	5	1	1	0	4	1	1	1	1	1	4	3	0	1	1	1
14:00-15:00	4	1	1	0	3	1	1	1	1	1	3	4	0	1	1	1
15:00-16:00	4	1	1	0	4	1	1	1	1	0	3	3	1	1	1	1
16:00-17:00	4	3	4	0	4	3	4	4	3	4	3	4	4	4	3	3
17:00-18:00	4	4	4	0	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3
18:00-19:00	4	3	4	0	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4
19:00-20:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20:00-21:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21:00-22:00	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22:00-23:00	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
23:00-00:00	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS





Anexo 6: Datos módulo control lumínico

Hora	01/04/25		02/04/25		03/04/25		04/04/25		05/04/25		06/04/25		07/04/25		08/04/25		09/04/25		10/04/25	
	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,1	95%	0,0	0%
05:00-06:00	0,8	92%	0,7	95%	0,1	95%	0,2	95%	0,1	0%	0,7	0%	0,2	0%	0,4	100%	0,9	90%	0,5	100%
06:00-07:00	1,4	86%	1,0	90%	1,0	90%	1,0	90%	1,0	0%	1,0	90%	2,0	80%	1,0	90%	1,0	90%	1,0	90%
07:00-08:00	2,0	80%	2,2	80%	2,0	80%	2,0	80%	2,0	80%	2,0	80%	4,0	60%	2,0	80%	2,0	80%	2,0	80%
08:00-09:00	4,0	60%	3,0	70%	4,0	60%	4,0	60%	4,0	60%	4,0	60%	7,0	30%	4,0	60%	3,0	40%	4,0	60%
09:00-10:00	6,0	40%	5,0	50%	7,0	30%	6,0	50%	7,0	30%	7,0	30%	8,0	20%	7,0	30%	5,0	50%	7,0	0%
10:00-11:00	8,0	20%	7,0	0%	9,0	10%	8,0	20%	9,0	10%	8,0	20%	8,0	20%	9,0	10%	7,0	30%	9,0	0%
11:00-12:00	10,0	0%	9,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	9,0	10%	10,0	0%	9,0	10%	10,0	0%
12:00-13:00	10,0	0%	9,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	9,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%
13:00-14:00	10,0	0%	9,0	10%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	9,0	0%	10,0	100%	9,0	0%	10,0	100%
14:00-15:00	8,0	0%	7,0	30%	9,0	0%	8,0	0%	9,0	0%	9,0	10%	7,0	30%	8,0	20%	7,0	0%	9,0	10%
15:00-16:00	6,0	0%	5,0	0%	7,0	0%	6,0	0%	7,0	0%	7,0	30%	5,0	50%	7,0	30%	5,0	0%	7,0	30%
16:00-17:00	4,0	0%	3,0	0%	4,0	60%	4,0	0%	4,0	60%	4,0	60%	3,0	70%	4,0	60%	3,0	70%	4,0	60%
17:00-18:00	2,0	80%	2,0	80%	2,0	80%	2,0	0%	2,0	0%	1,0	90%	3,0	70%	2,0	80%	2,0	80%	2,0	80%
18:00-19:00	1,0	90%	1,0	90%	1,0	90%	1,0	0%	1,0	90%	0,0	0%	1,0	90%	1,0	0%	1,0	0%	2,0	0%
19:00-20:00	0,2	95%	0,1	0%	0,1	0%	0,5	95%	0,5	95%	0,1	0%	0,4	95%	0,7	100%	0,8	95%	1,0	0%
20:00-21:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%
21:00-22:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	11/04/25		12/04/25		13/04/25		14/04/25		15/04/25		16/04/25		17/04/25		18/04/25		19/04/25		20/04/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,5	100%	0,4	0%	0,6	0%	0,5	100%	0,6	100%	0,5	0%	0,4	100%	0,5	100%	0,6	0%	0,5	0%
06:00-07:00	1,0	90%	0,9	0%	1,2	100%	1,0	90%	1,1	100%	1,0	100%	0,9	100%	1,0	100%	1,2	0%	1,0	0%
07:00-08:00	2,0	80%	1,8	100%	2,5	100%	2,0	80%	2,3	100%	2,0	80%	1,8	100%	2,0	100%	2,5	0%	2,0	0%
08:00-09:00	4,0	60%	3,5	100%	4,5	100%	4,0	60%	4,2	100%	4,0	60%	3,5	100%	4,0	100%	4,5	100%	4,0	0%
09:00-10:00	7,0	30%	6,5	100%	7,5	100%	7,0	30%	7,2	30%	6,8	32%	6,5	100%	7,0	30%	7,5	100%	7,0	0%
10:00-11:00	9,0	0%	8,5	15%	9,5	10%	9,0	10%	9,2	10%	8,8	20%	8,5	20%	9,0	10%	9,5	0%	9,0	0%
11:00-12:00	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%
12:00-13:00	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%
13:00-14:00	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	100%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	100%
14:00-15:00	9,0	10%	8,5	0%	9,5	10%	9,0	0%	9,2	10%	8,8	20%	8,5	15%	9,0	10%	9,5	100%	9,0	0%
15:00-16:00	7,0	30%	6,5	0%	7,5	10%	7,0	0%	7,2	30%	6,8	40%	6,5	35%	7,0	100%	7,5	0%	7,0	0%
16:00-17:00	4,0	60%	3,5	65%	4,5	55%	4,0	60%	4,2	60%	4,0	67%	3,5	65%	4,0	100%	4,5	0%	4,0	0%
17:00-18:00	2,0	80%	1,8	80%	2,5	75%	2,0	80%	2,3	90%	2,0	81%	1,8	0%	2,0	100%	2,5	0%	2,0	0%
18:00-19:00	1,0	90%	0,9	9%	1,2	90%	1,0	0%	1,1	90%	1,0	95%	0,9	0%	1,0	100%	1,2	0%	1,0	90%
19:00-20:00	0,5	95%	0,0	100%	0,2	98%	0,0	0%	0,6	0%	0,8	0%	0,4	100%	0,5	0%	0,0	100%	0,5	90%
20:00-21:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,5	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,1	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
22:00-23:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%



Hora	21/04/25		22/04/25		23/04/25		24/04/25		25/04/25		26/04/25		27/04/25		28/04/25		29/04/25		30/04/25	
	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,4	100%	0,5	100%	0,1	99%	0,5	100%	0,4	100%	0,5	0%	0,4	0%	0,5	100%	0,4	100%	0,5	100%
06:00-07:00	0,9	100%	1,0	100%	0,5	95%	1,0	100%	0,9	90%	1,1	0%	0,8	0%	1,0	100%	0,9	100%	1,1	90%
07:00-08:00	1,7	100%	2,0	80%	1,0	90%	2,0	100%	1,8	82%	2,2	100%	1,6	100%	2,0	100%	1,8	82%	2,2	80%
08:00-09:00	3,2	100%	3,8	65%	2,0	80%	4,0	60%	3,4	66%	4,2	100%	3,3	100%	4,0	60%	3,5	65%	4,2	60%
09:00-10:00	5,8	100%	6,5	35%	3,0	70%	7,0	30%	6,2	0%	7,2	100%	5,9	100%	7,0	30%	6,3	37%	7,2	30%
10:00-11:00	7,8	22%	8,5	0%	5,0	50%	9,0	10%	8,2	0%	9,2	0%	7,9	30%	9,0	10%	8,3	17%	9,2	10%
11:00-12:00	9,0	10%	10,0	0%	8,0	20%	10,0	0%	8,6	0%	10,0	0%	9,0	10%	10,0	0%	9,5	1%	10,0	0%
12:00-13:00	9,0	10%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	9,5	0%	10,0	0%	9,0	10%	10,0	0%	9,5	1%	10,0	0%
13:00-14:00	9,0	10%	10,0	0%	9,0	10%	10,0	0%	8,9	0%	10,0	0%	9,0	10%	10,0	0%	9,5	1%	9,9	0%
14:00-15:00	7,8	0%	8,5	20%	7,0	0%	9,0	10%	8,2	100%	9,2	0%	7,9	20%	9,0	10%	8,3	2%	9,2	0%
15:00-16:00	5,8	0%	6,5	35%	5,0	0%	7,0	0%	6,2	100%	7,2	30%	5,9	40%	7,0	30%	6,3	0%	7,2	30%
16:00-17:00	3,2	0%	3,8	0%	3,0	0%	4,0	60%	3,4	100%	4,2	60%	3,3	70%	4,0	60%	3,5	0%	4,2	68%
17:00-18:00	1,7	83%	2,0	0%	2,0	0%	2,0	80%	1,8	82%	2,2	80%	1,6	24%	2,0	80%	1,8	0%	2,2	0%
18:00-19:00	0,9	100%	1,0	0%	1,0	80%	1,0	90%	0,9	90%	1,1	90%	0,8	92%	1,0	90%	0,9	0%	1,1	0%
19:00-20:00	0,4	0%	0,5	100%	0,5	90%	0,5	95%	0,4	90%	0,5	100%	0,4	96%	0,5	95%	0,4	100%	0,5	0%
20:00-21:00	0,0	100%	0,1	100%	0,2	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	100%	0,0	0%	0,1	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
22:00-23:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	1/05/25		2/05/25		3/05/25		4/05/25		5/05/25		6/05/25		7/05/25		8/05/25		9/05/25		10/05/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	9%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,7	93%	0,9	91%	0,5	95%	0,7	93%	1,0	90%	1,3	87%	0,6	94%	1,4	86%	1,0	90%	0,6	94%
06:00-07:00	0,8	92%	1,4	86%	1,5	85%	0,7	93%	1,2	88%	0,8	92%	0,8	92%	1,4	86%	0,5	95%	0,5	95%
07:00-08:00	5,3	47%	5,3	47%	2,4	76%	2,3	77%	3,8	62%	4,0	60%	2,7	73%	4,4	56%	5,4	46%	4,8	52%
08:00-09:00	5,0	50%	5,3	47%	2,0	80%	2,2	78%	4,6	54%	5,8	42%	2,3	77%	4,5	55%	3,4	66%	6,0	40%
09:00-10:00	3,1	69%	5,8	42%	5,0	50%	4,2	58%	5,4	46%	4,1	59%	2,7	73%	5,4	46%	2,8	72%	3,3	67%
10:00-11:00	5,6	44%	4,2	58%	2,7	73%	5,8	42%	5,8	42%	3,1	69%	4,8	52%	5,5	45%	2,7	73%	5,0	50%
11:00-12:00	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	9,2	8%	7,4	26%	7,9	21%	8,1	19%	10,0	0%
12:00-13:00	10,0	0%	9,2	8%	10,0	0%	9,5	5%	7,5	25%	7,8	22%	10,0	0%	9,3	7%	8,9	11%	10,0	0%
13:00-14:00	8,1	19%	8,9	11%	10,0	0%	7,5	25%	9,6	4%	10,0	0%	7,3	27%	8,9	11%	7,7	23%	7,6	24%
14:00-15:00	8,6	14%	7,4	26%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	8,8	12%	10,0	0%	8,5	15%
15:00-16:00	7,1	29%	9,3	7%	7,5	25%	10,0	0%	10,0	0%	8,8	12%	7,9	21%	8,8	12%	7,0	30%	7,5	25%
16:00-17:00	5,7	43%	5,5	45%	4,2	58%	4,4	56%	4,9	51%	4,9	51%	6,0	40%	4,8	52%	5,0	50%	5,2	48%
17:00-18:00	4,7	53%	4,3	57%	5,4	46%	4,6	54%	4,4	56%	5,8	42%	4,2	58%	4,7	53%	4,5	55%	4,1	59%
18:00-19:00	1,8	82%	1,0	90%	1,6	84%	2,0	80%	1,9	81%	1,9	81%	1,8	82%	1,8	82%	1,5	85%	1,0	90%
19:00-20:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

	11/05/25		12/05/25		13/05/25		14/05/25		15/05/25		16/05/25		17/05/25		18/05/25		19/05/25		20/05/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	1,5	85%	0,9	91%	1,2	88%	1,0	90%	1,3	87%	0,6	94%	0,7	93%	0,7	93%	0,9	91%	1,3	87%
06:00-07:00	0,8	92%	1,4	86%	0,7	93%	1,2	88%	1,3	87%	0,9	91%	1,2	88%	1,3	87%	0,9	91%	1,1	89%
07:00-08:00	3,9	61%	5,5	45%	2,6	74%	2,7	73%	5,9	41%	4,9	51%	5,8	42%	2,5	75%	3,4	66%	2,1	79%
08:00-09:00	5,7	43%	2,1	79%	5,8	42%	5,5	45%	2,6	74%	3,1	69%	4,0	60%	3,1	69%	3,7	63%	2,2	78%
09:00-10:00	3,9	61%	3,4	66%	5,6	44%	4,5	55%	4,7	53%	5,1	49%	2,5	75%	2,7	73%	4,6	54%	4,0	60%
10:00-11:00	2,4	76%	2,9	71%	5,1	49%	5,2	48%	5,3	47%	2,6	74%	4,9	51%	4,8	52%	5,1	0%	5,0	50%
11:00-12:00	8,9	11%	7,9	21%	9,4	6%	10,0	0%	9,4	6%	9,8	2%	7,7	23%	8,6	14%	10,0	0%	10,0	0%
12:00-13:00	7,4	26%	7,8	22%	8,0	20%	8,9	11%	8,9	11%	10,0	0%	7,9	21%	10,0	0%	10,0	0%	8,7	0%
13:00-14:00	7,9	21%	10,0	0%	8,2	18%	9,9	1%	7,6	24%	7,5	25%	9,9	1%	8,1	19%	9,0	0%	9,0	0%
14:00-15:00	8,4	16%	10,0	0%	9,3	7%	8,6	14%	7,7	23%	9,8	2%	9,9	1%	7,8	22%	10,0	0%	7,9	0%
15:00-16:00	10,0	0%	8,1	19%	7,0	30%	7,4	26%	8,5	15%	7,6	24%	10,0	0%	7,5	25%	8,2	0%	10,0	0%
16:00-17:00	4,6	54%	4,2	58%	5,4	46%	6,0	40%	4,8	52%	4,4	56%	4,9	51%	4,9	51%	4,8	52%	5,6	44%
17:00-18:00	5,5	45%	5,5	45%	6,0	40%	5,0	50%	5,6	44%	4,1	59%	5,3	47%	4,0	60%	4,9	51%	4,6	54%
18:00-19:00	1,5	85%	1,0	90%	0,9	91%	1,6	84%	1,0	90%	1,2	88%	1,1	89%	2,0	80%	1,4	86%	1,8	82%
19:00-20:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	20/05/25		21/05/25		22/05/25		23/05/25		24/05/25		25/05/25		26/05/25		27/05/25		28/05/25		29/05/25		30/05/25		31/05/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	1,3	87%	1,1	89%	0,5	95%	0,6	94%	1,2	88%	0,9	91%	1,4	86%	1,4	86%	1,0	90%	1,1	89%	1,4	86%	1,4	86%
06:00-07:00	1,1	89%	0,9	91%	0,5	95%	1,4	86%	1,3	87%	1,1	89%	0,8	92%	1,4	86%	0,6	94%	1,1	89%	0,9	91%	0,9	91%
07:00-08:00	2,1	79%	5,1	49%	4,7	53%	2,4	76%	4,1	59%	3,5	65%	2,5	75%	2,5	75%	5,3	47%	2,6	74%	4,5	55%	4,5	55%
08:00-09:00	2,2	78%	3,1	69%	4,6	54%	4,4	56%	5,9	41%	5,3	47%	5,6	44%	3,0	70%	2,9	71%	4,6	54%	3,4	66%	3,4	66%
09:00-10:00	4,0	60%	4,4	56%	5,8	42%	5,1	49%	5,0	50%	2,7	73%	2,5	75%	4,8	52%	3,0	70%	4,8	52%	2,3	77%	2,3	77%
10:00-11:00	5,0	50%	2,3	77%	3,1	69%	5,7	43%	3,8	62%	3,0	70%	4,4	56%	3,8	62%	5,9	41%	5,7	43%	5,3	47%	5,3	47%
11:00-12:00	10,0	0%	9,4	6%	8,2	18%	8,2	18%	10,0	0%	10,0	0%	7,4	26%	9,2	8%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%
12:00-13:00	8,7	0%	8,1	19%	7,2	28%	7,9	21%	7,1	29%	9,9	1%	7,6	24%	9,2	8%	9,6	4%	10,0	0%	8,2	18%	8,2	18%
13:00-14:00	9,0	0%	9,9	1%	9,0	10%	10,0	0%	7,2	28%	9,6	4%	8,9	11%	9,0	10%	9,9	1%	7,0	30%	9,3	7%	9,3	7%
14:00-15:00	7,9	0%	10,0	0%	7,0	30%	10,0	0%	7,5	25%	10,0	0%	10,0	0%	8,6	14%	8,5	15%	9,7	3%	8,0	20%	8,0	20%
15:00-16:00	10,0	0%	7,8	22%	7,5	25%	8,5	15%	8,3	17%	10,0	0%	8,9	11%	8,0	20%	9,2	8%	10,0	0%	8,4	16%	8,4	16%
16:00-17:00	5,6	44%	5,6	44%	5,8	42%	5,5	45%	4,3	57%	4,2	58%	5,1	49%	6,0	40%	5,7	43%	4,0	60%	5,1	49%	5,1	49%
17:00-18:00	4,6	54%	4,1	59%	5,4	46%	4,3	57%	5,0	50%	5,1	49%	5,6	44%	5,1	49%	4,3	57%	5,6	44%	5,1	49%	5,1	49%
18:00-19:00	1,8	82%	2,0	80%	0,8	92%	1,8	82%	1,5	85%	1,6	84%	1,1	89%	1,9	81%	2,0	80%	1,9	81%	1,5	85%	1,5	85%
19:00-20:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0%	0,0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0%	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0%	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0%	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0%	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	01/06/25		02/06/25		03/06/25		04/06/25		05/06/25		06/06/25		07/06/25		08/06/25		09/06/25		10/06/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,1	99%	0,1	99%	0,0	100%	0,1	99%	0,1	99%	0,1	99%	0,1	99%	0,2	98%	0,1	99%	0,1	99%
06:00-07:00	1,3	87%	1,1	89%	1,4	86%	1,4	86%	0,9	91%	1,0	90%	0,6	94%	1,0	90%	1,3	87%	1,2	88%
07:00-08:00	0,8	92%	0,6	94%	0,5	95%	0,6	94%	1,2	88%	1,1	89%	1,1	89%	0,8	92%	0,4	96%	1,2	88%
08:00-09:00	4,3	57%	4,8	52%	4,4	56%	5,9	41%	5,8	42%	5,5	45%	4,2	58%	2,6	74%	5,0	50%	3,6	64%
09:00-10:00	5,9	41%	2,4	76%	3,9	61%	5,9	41%	5,7	43%	2,6	74%	3,0	70%	3,2	68%	4,0	60%	4,6	54%
10:00-11:00	5,0	50%	2,2	78%	6,0	40%	4,5	55%	3,0	70%	2,0	80%	6,0	40%	4,8	52%	3,8	62%	2,8	72%
11:00-12:00	7,7	23%	7,4	26%	8,3	17%	8,1	19%	9,5	5%	10,0	0%	8,7	13%	10,0	0%	10,0	0%	9,1	9%
12:00-13:00	9,5	5%	8,0	20%	8,7	13%	10,0	0%	10,0	0%	9,1	9%	8,7	13%	7,9	21%	10,0	0%	7,3	27%
13:00-14:00	9,9	1%	8,5	15%	9,9	1%	7,0	30%	7,5	25%	8,9	11%	9,8	2%	7,5	25%	7,8	22%	10,0	0%
14:00-15:00	8,8	12%	7,4	26%	8,3	17%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	7,9	21%	8,4	16%	8,1	19%	8,9	11%
15:00-16:00	8,8	12%	10,0	0%	7,4	26%	7,4	26%	10,0	0%	10,0	0%	8,7	13%	8,1	19%	8,9	11%	7,1	29%
16:00-17:00	3,9	61%	4,3	57%	4,9	51%	3,6	64%	3,8	62%	4,0	60%	3,4	66%	5,2	48%	4,5	55%	4,4	56%
17:00-18:00	4,9	51%	5,2	48%	4,4	56%	3,5	65%	4,8	52%	5,3	47%	3,2	68%	5,1	49%	5,2	48%	4,2	58%
18:00-19:00	1,9	81%	1,8	82%	1,8	82%	2,0	80%	1,2	88%	1,9	81%	1,4	86%	1,5	85%	0,8	92%	1,6	100%
19:00-20:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%
20:00-21:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

	11/06/25		12/06/25		13/06/25		14/06/25		15/06/25		16/06/25		17/06/25		18/06/25		19/06/25		20/06/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,1	99%	0,0	100%	0,2	98%	0,0	100%	0,1	99%	0,2	98%	0,1	99%	0,0	100%	0,0	100%	0,1	99%
06:00-07:00	0,8	92%	1,2	88%	0,4	96%	1,0	90%	0,8	92%	0,5	95%	0,6	94%	0,9	91%	1,2	88%	0,6	94%
07:00-08:00	0,9	91%	0,6	94%	0,6	94%	0,4	96%	1,4	86%	0,7	93%	0,8	92%	1,1	89%	1,4	86%	0,8	92%
08:00-09:00	3,0	70%	3,9	61%	4,7	53%	5,7	43%	2,8	72%	5,3	47%	2,0	80%	2,9	71%	6,0	40%	3,7	63%
09:00-10:00	5,9	41%	2,8	72%	3,8	62%	3,7	63%	4,0	60%	5,4	46%	5,2	48%	4,1	59%	3,7	0%	2,0	80%
10:00-11:00	5,9	41%	4,6	54%	5,1	49%	2,5	75%	5,2	48%	3,2	68%	2,2	78%	3,3	67%	4,7	53%	2,4	76%
11:00-12:00	9,9	1%	7,0	30%	10,0	0%	10,0	0%	7,1	29%	8,8	12%	8,4	0%	10,0	0%	7,4	26%	10,0	0%
12:00-13:00	7,7	23%	10,0	0%	7,1	29%	8,0	20%	10,0	0%	9,3	7%	8,1	0%	9,5	5%	7,8	22%	7,6	24%
13:00-14:00	7,6	24%	10,0	0%	9,5	5%	7,7	23%	10,0	0%	10,0	0%	9,0	10%	8,1	19%	10,0	0%	10,0	0%
14:00-15:00	7,1	29%	10,0	0%	10,0	0%	7,9	21%	9,4	6%	7,9	0%	10,0	0%	9,0	10%	9,0	10%	7,8	22%
15:00-16:00	9,2	8%	7,8	22%	10,0	0%	8,5	15%	7,5	25%	8,6	14%	10,0	0%	10,0	0%	10,0	0%	9,3	7%
16:00-17:00	3,4	66%	3,6	64%	4,1	59%	3,3	67%	3,5	65%	4,9	51%	5,3	47%	4,7	53%	3,7	63%	5,2	48%
17:00-18:00	3,7	63%	4,0	60%	4,9	51%	3,3	67%	5,4	46%	4,4	56%	5,1	49%	4,0	60%	5,2	48%	4,6	54%
18:00-19:00	1,6	84%	1,6	84%	1,5	85%	2,0	80%	1,2	88%	1,7	83%	1,0	90%	1,6	84%	1,0	90%	0,9	91%
19:00-20:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	21/06/25		22/06/25		23/06/25		24/06/25		25/06/25		26/06/25		27/06/25		28/06/25		29/06/25		30/06/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,1	99%	0,1	99%	0,1	99%	0,1	99%	0,2	98%	0,1	99%	0,0	100%	0,0	100%	0,2	98%	0,1	99%
06:00-07:00	0,6	94%	0,5	95%	0,4	96%	0,7	93%	0,6	94%	1,0	90%	0,7	93%	0,6	94%	1,1	89%	0,4	96%
07:00-08:00	1,3	87%	1,2	0%	1,0	90%	1,4	0%	1,1	89%	1,3	87%	0,9	91%	1,2	88%	0,7	93%	0,7	93%
08:00-09:00	3,8	62%	2,5	75%	3,6	64%	3,9	61%	4,9	51%	2,4	76%	3,4	66%	4,6	54%	3,6	64%	4,0	60%
09:00-10:00	2,7	0%	3,0	70%	5,0	0%	4,7	53%	2,7	73%	4,0	60%	3,7	63%	3,9	61%	5,5	45%	3,1	69%
10:00-11:00	4,5	55%	3,8	62%	3,8	62%	5,8	42%	2,3	77%	4,0	60%	5,9	41%	2,4	76%	3,1	69%	3,0	70%
11:00-12:00	10,0	0%	8,2	18%	8,2	18%	10,0	0%	8,4	16%	9,4	6%	10,0	0%	9,4	6%	9,9	0%	10,0	0%
12:00-13:00	9,2	8%	10,0	0%	8,7	13%	8,7	13%	7,8	22%	10,0	0%	9,6	4%	10,0	0%	7,8	0%	8,9	11%
13:00-14:00	8,6	14%	7,6	24%	10,0	0%	7,9	21%	9,0	10%	9,2	8%	10,0	0%	8,2	18%	8,1	19%	9,9	0%
14:00-15:00	9,2	8%	8,5	15%	9,6	4%	9,4	6%	10,0	0%	9,1	9%	10,0	0%	7,5	25%	7,6	24%	7,3	27%
15:00-16:00	10,0	0%	10,0	0%	9,7	3%	10,0	0%	10,0	0%	8,8	12%	8,4	16%	10,0	0%	7,9	21%	7,9	21%
16:00-17:00	3,3	67%	5,2	48%	3,9	61%	4,3	57%	4,5	55%	4,7	53%	3,0	70%	5,0	50%	4,6	54%	3,8	62%
17:00-18:00	4,6	54%	4,5	55%	3,5	65%	4,9	51%	3,1	69%	3,1	69%	4,5	55%	3,2	68%	4,6	54%	5,4	46%
18:00-19:00	1,4	86%	1,9	81%	0,8	92%	1,6	84%	1,3	87%	1,4	86%	0,9	91%	1,8	82%	1,2	88%	1,3	87%
19:00-20:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	01/07/25		02/07/25		03/07/25		04/07/25		05/07/25		06/07/25		07/07/25		08/07/25		09/07/25		10/07/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
06:00-07:00	2,7	73%	1,1	89%	1,4	86%	1,7	83%	2,5	75%	1,2	88%	2,5	75%	1,0	90%	1,3	87%	0,8	92%
07:00-08:00	2,2	78%	2,9	71%	1,1	89%	1,1	89%	1,5	85%	1,7	83%	1,5	85%	2,8	72%	1,0	90%	2,0	80%
08:00-09:00	6,1	39%	6,9	31%	5,0	50%	4,9	51%	4,2	58%	6,8	32%	6,2	38%	4,8	52%	4,5	55%	4,6	54%
09:00-10:00	4,1	59%	6,4	36%	5,2	48%	5,0	50%	4,9	51%	5,0	50%	5,1	49%	6,0	40%	5,6	44%	6,2	38%
10:00-11:00	6,9	31%	4,9	51%	4,8	52%	6,2	38%	4,5	55%	5,6	44%	5,9	41%	6,5	35%	6,1	39%	4,8	52%
11:00-12:00	9,7	3%	5,3	47%	4,5	55%	6,9	31%	9,9	1%	9,4	6%	3,9	61%	9,1	9%	9,3	7%	8,0	20%
12:00-13:00	8,4	16%	7,1	29%	3,1	69%	7,7	23%	9,6	4%	8,7	13%	3,6	64%	9,1	9%	8,4	16%	9,3	7%
13:00-14:00	8,4	16%	6,3	37%	2,8	72%	6,4	36%	9,3	7%	9,9	1%	2,3	77%	8,5	15%	9,4	6%	8,4	16%
14:00-15:00	8,4	16%	5,4	46%	3,6	64%	5,4	46%	9,7	3%	9,9	1%	4,5	55%	8,2	18%	8,5	15%	9,9	1%
15:00-16:00	4,9	51%	5,5	45%	4,4	56%	6,1	39%	6,4	36%	4,8	52%	5,0	50%	6,7	33%	5,0	50%	6,9	31%
16:00-17:00	5,6	44%	4,1	59%	6,4	36%	6,3	37%	4,6	54%	5,5	45%	4,6	54%	6,7	33%	6,2	38%	6,7	33%
17:00-18:00	5,3	47%	6,7	33%	4,2	58%	5,7	43%	6,7	33%	4,9	51%	4,1	59%	5,9	41%	5,9	41%	5,1	49%
18:00-19:00	1,6	100%	1,5	85%	3,0	70%	2,5	75%	2,1	79%	1,6	84%	2,2	78%	1,7	83%	2,7	73%	1,0	90%
19:00-20:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	11/07/25		12/07/25		13/07/25		14/07/25		15/07/25		16/07/25		17/07/25		18/07/25		19/07/25		20/07/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%
02:00-03:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
06:00-07:00	0,6	94%	0,9	91%	1,6	20%	1,0	90%	2,2	78%	2,3	77%	1,0	90%	2,2	78%	1,9	81%	1,9	81%
07:00-08:00	2,1	79%	1,2	88%	2,6	74%	1,2	88%	2,9	71%	2,8	72%	2,8	72%	1,2	88%	1,1	89%	2,3	77%
08:00-09:00	4,3	57%	5,7	43%	4,8	52%	4,1	59%	5,7	43%	6,2	38%	4,3	57%	4,3	57%	4,4	56%	5,8	42%
09:00-10:00	5,8	42%	4,1	59%	5,3	47%	4,1	59%	5,2	48%	6,4	36%	5,0	50%	6,1	39%	4,4	56%	6,7	33%
10:00-11:00	7,0	30%	5,4	46%	4,2	58%	6,6	34%	5,9	41%	4,8	52%	6,9	31%	4,2	58%	5,9	41%	4,1	59%
11:00-12:00	8,3	17%	9,1	9%	8,1	19%	7,1	29%	8,9	11%	8,4	16%	9,9	1%	9,6	4%	7,2	28%	2,8	72%
12:00-13:00	9,0	10%	8,6	14%	9,9	1%	6,4	36%	9,1	9%	9,5	5%	9,1	9%	9,4	6%	6,8	32%	4,9	51%
13:00-14:00	9,8	2%	9,2	8%	9,7	3%	5,3	47%	9,9	1%	9,6	4%	9,3	7%	8,2	18%	7,9	21%	4,7	53%
14:00-15:00	9,5	5%	8,1	19%	9,4	6%	6,5	35%	8,8	12%	10,0	0%	8,9	11%	8,2	18%	6,1	39%	3,4	66%
15:00-16:00	6,1	39%	4,1	59%	5,2	48%	5,4	46%	6,9	31%	5,2	48%	4,9	51%	7,0	30%	4,9	51%	5,9	41%
16:00-17:00	6,1	39%	6,5	35%	4,5	55%	4,5	55%	6,7	33%	5,1	49%	5,0	50%	5,1	49%	6,6	34%	4,8	52%
17:00-18:00	5,1	49%	5,1	49%	4,5	55%	5,3	47%	4,6	54%	6,3	37%	6,0	40%	5,1	49%	4,7	53%	4,6	54%
18:00-19:00	1,6	84%	1,3	87%	1,5	85%	1,8	82%	1,1	89%	1,7	83%	2,5	75%	2,6	74%	2,9	71%	1,9	81%
19:00-20:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



	20/05/25		21/05/25		22/05/25		23/05/25		24/05/25		25/05/25		26/05/25		27/05/25		28/05/25		29/05/25		30/05/25		31/05/25	
Hora	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)	Sensor (Lux)	Foco (%)
00:00-01:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
01:00-02:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
02:00-03:00	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
03:00-04:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
04:00-05:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
05:00-06:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
06:00-07:00	2,6	74%	3,0	70%	1,1	89%	2,0	80%	1,7	83%	2,0	80%	1,7	83%	1,3	87%	2,6	74%	2,3	77%	2,1	79%	2,1	79%
07:00-08:00	2,9	71%	2,1	79%	2,5	75%	1,7	83%	2,0	80%	2,1	79%	2,3	77%	2,3	77%	1,5	85%	2,0	80%	2,8	72%	2,8	72%
08:00-09:00	6,2	38%	6,3	37%	5,9	41%	5,9	41%	6,1	39%	4,3	57%	5,7	43%	6,8	32%	6,0	40%	5,1	49%	6,4	36%	6,4	36%
09:00-10:00	5,8	42%	6,8	32%	6,1	39%	4,7	53%	4,1	59%	5,3	47%	5,1	49%	5,7	43%	6,3	37%	6,6	34%	4,5	55%	4,5	55%
10:00-11:00	5,3	47%	6,5	35%	4,6	54%	4,2	58%	6,4	36%	5,6	44%	7,0	30%	5,7	43%	5,8	42%	5,2	48%	4,9	51%	4,9	51%
11:00-12:00	9,9	1%	8,5	15%	8,3	17%	2,4	76%	9,3	7%	8,5	15%	9,2	8%	2,8	72%	8,9	11%	7,4	26%	8,5	15%	8,5	15%
12:00-13:00	9,7	3%	8,9	11%	8,0	20%	2,4	76%	8,2	18%	8,5	15%	8,5	15%	4,3	57%	8,8	12%	6,3	37%	9,5	5%	9,5	5%
13:00-14:00	8,1	19%	8,3	17%	8,7	13%	2,5	75%	9,7	3%	8,8	12%	8,2	18%	2,6	74%	8,7	13%	6,1	39%	8,1	19%	8,1	19%
14:00-15:00	8,1	19%	9,9	1%	9,2	8%	2,4	76%	9,8	2%	8,0	20%	8,3	17%	3,0	70%	9,9	1%	6,4	36%	9,1	9%	9,1	9%
15:00-16:00	5,1	49%	5,8	42%	5,2	48%	5,9	41%	4,2	58%	5,0	50%	4,7	53%	5,3	47%	6,5	35%	4,9	51%	6,3	37%	6,3	37%
16:00-17:00	6,4	36%	4,7	53%	5,3	47%	4,5	55%	4,8	52%	4,6	54%	4,5	55%	5,5	45%	6,9	31%	6,2	38%	6,6	34%	6,6	34%
17:00-18:00	7,0	30%	6,0	40%	6,7	33%	5,0	50%	6,4	36%	5,0	50%	4,6	54%	4,7	53%	4,4	56%	5,5	45%	5,0	50%	5,0	50%
18:00-19:00	1,3	87%	2,2	78%	1,7	83%	2,8	72%	2,5	75%	1,2	88%	1,6	84%	1,2	88%	2,5	75%	1,5	85%	2,6	74%	2,6	74%
19:00-20:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%
20:00-21:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	100%
21:00-22:00	0,0	100%	0,0	100%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	100%	0,0	0%	0,0	0%
22:00-23:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%
23:00-00:00	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS



Anexo 7: Datos módulo tomacorriente

Hora	1/04/25	02/04/25	03/04/25	04/04/25	05/04/25	06/04/25	07/04/25	08/04/25	09/04/25	10/04/25	11/04/25	12/04/25	13/04/25	14/04/25	15/04/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
01:00-02:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
02:00-03:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
03:00-04:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
04:00-05:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
05:00-06:00	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,069	0,030	0,030
06:00-07:00	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,178	0,059	0,050
07:00-08:00	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,198	0,119	0,109
08:00-09:00	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,218	0,139	0,129
09:00-10:00	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,228	0,129	0,139
10:00-11:00	0,119	0,119	0,129	0,129	0,119	0,119	0,129	0,129	0,119	0,119	0,129	0,119	0,238	0,119	0,129
11:00-12:00	0,129	0,129	0,139	0,139	0,129	0,129	0,139	0,139	0,129	0,129	0,139	0,129	0,228	0,129	0,139
12:00-13:00	0,119	0,129	0,129	0,129	0,119	0,129	0,129	0,129	0,119	0,129	0,129	0,129	0,238	0,129	0,129
13:00-14:00	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,228	0,139	0,139
14:00-15:00	0,129	0,119	0,129	0,129	0,129	0,119	0,129	0,129	0,129	0,119	0,129	0,119	0,218	0,119	0,129
15:00-16:00	0,109	0,109	0,119	0,119	0,109	0,109	0,119	0,119	0,109	0,109	0,119	0,109	0,198	0,109	0,119
16:00-17:00	0,089	0,089	0,099	0,089	0,089	0,089	0,099	0,089	0,089	0,089	0,099	0,089	0,178	0,089	0,099
17:00-18:00	0,069	0,079	0,079	0,079	0,069	0,079	0,079	0,079	0,069	0,079	0,079	0,079	0,139	0,079	0,079
18:00-19:00	0,050	0,059	0,059	0,059	0,050	0,059	0,059	0,059	0,050	0,059	0,059	0,059	0,119	0,059	0,059
19:00-20:00	0,030	0,040	0,040	0,040	0,030	0,040	0,040	0,040	0,030	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
20:00-21:00	0,020	0,030	0,030	0,030	0,020	0,030	0,030	0,030	0,020	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
21:00-22:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
22:00-23:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
23:00-00:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020

Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo

001021 y 001020 José María Córdova

Ibarra-Ecuador

Teléfono: (06) 2997-800 RUC: 1060001070001

www.utn.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	16/04/25 kWh	17/04/25 kWh	18/04/25 kWh	19/04/25 kWh	20/04/25 kWh	21/04/25 kWh	22/04/25 kWh	23/04/25 kWh	24/04/25 kWh	25/04/25 kWh	26/04/25 kWh	27/04/25 kWh	28/04/25 kWh	29/04/25 kWh	30/04/25 kWh
00:00-01:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,000	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
01:00-02:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
02:00-03:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
03:00-04:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
04:00-05:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
05:00-06:00	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
06:00-07:00	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059	0,050	0,059
07:00-08:00	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119
08:00-09:00	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139
09:00-10:00	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129
10:00-11:00	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119
11:00-12:00	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129	0,139	0,129
12:00-13:00	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
13:00-14:00	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139
14:00-15:00	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119	0,129	0,119
15:00-16:00	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109	0,119	0,109
16:00-17:00	0,089	0,099	0,089	0,099	0,089	0,099	0,089	0,099	0,089	0,099	0,089	0,099	0,089	0,099	0,089
17:00-18:00	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
18:00-19:00	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
19:00-20:00	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
20:00-21:00	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
21:00-22:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
22:00-23:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
23:00-00:00	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	1/05/25	2/05/25	3/05/25	4/05/25	5/05/25	6/05/25	7/05/25	8/05/25	9/05/25	10/05/25	11/05/25	12/05/25	13/05/25	14/05/25	15/05/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,020	0,021	0,023	0,023	0,025	0,030	0,030	0,025	0,027	0,027	0,027	0,022	0,028	0,028	0,024
01:00-02:00	0,025	0,030	0,020	0,030	0,028	0,024	0,027	0,029	0,030	0,025	0,020	0,022	0,020	0,020	0,023
02:00-03:00	0,021	0,022	0,024	0,025	0,030	0,021	0,020	0,022	0,024	0,024	0,024	0,028	0,022	0,020	0,022
03:00-04:00	0,022	0,028	0,024	0,028	0,021	0,025	0,021	0,024	0,022	0,028	0,028	0,025	0,027	0,029	0,026
04:00-05:00	0,021	0,020	0,021	0,022	0,025	0,025	0,023	0,024	0,026	0,025	0,026	0,025	0,024	0,026	0,025
05:00-06:00	0,021	0,028	0,023	0,028	0,029	0,026	0,025	0,024	0,023	0,030	0,030	0,023	0,023	0,028	0,027
06:00-07:00	0,051	0,045	0,058	0,054	0,051	0,046	0,046	0,050	0,054	0,050	0,057	0,047	0,046	0,052	0,057
07:00-08:00	0,049	0,059	0,042	0,047	0,058	0,042	0,044	0,050	0,046	0,051	0,054	0,051	0,052	0,043	0,058
08:00-09:00	0,136	0,123	0,136	0,113	0,118	0,133	0,130	0,127	0,138	0,117	0,130	0,118	0,135	0,129	0,117
09:00-10:00	0,115	0,127	0,131	0,112	0,133	0,133	0,128	0,121	0,127	0,120	0,129	0,123	0,129	0,124	0,118
10:00-11:00	0,136	0,111	0,125	0,127	0,122	0,125	0,138	0,114	0,135	0,122	0,112	0,136	0,127	0,117	0,138
11:00-12:00	0,119	0,116	0,125	0,132	0,125	0,124	0,117	0,119	0,125	0,116	0,115	0,115	0,119	0,137	0,131
12:00-13:00	0,143	0,137	0,144	0,134	0,139	0,146	0,135	0,142	0,148	0,137	0,132	0,131	0,144	0,130	0,140
13:00-14:00	0,141	0,143	0,130	0,149	0,131	0,140	0,133	0,140	0,139	0,130	0,137	0,144	0,134	0,145	0,140
14:00-15:00	0,143	0,149	0,143	0,141	0,135	0,136	0,138	0,140	0,130	0,144	0,141	0,145	0,142	0,146	0,136
15:00-16:00	0,138	0,142	0,144	0,140	0,136	0,145	0,134	0,131	0,148	0,136	0,146	0,140	0,138	0,132	0,143
16:00-17:00	0,144	0,135	0,148	0,147	0,144	0,146	0,146	0,140	0,145	0,148	0,133	0,141	0,132	0,134	0,137
17:00-18:00	0,130	0,140	0,130	0,146	0,133	0,149	0,149	0,139	0,135	0,133	0,148	0,142	0,130	0,139	0,140
18:00-19:00	0,112	0,117	0,126	0,127	0,126	0,128	0,109	0,119	0,114	0,129	0,115	0,116	0,111	0,116	0,110
19:00-20:00	0,110	0,112	0,129	0,115	0,116	0,125	0,128	0,111	0,117	0,120	0,120	0,125	0,122	0,121	0,129
20:00-21:00	0,111	0,115	0,112	0,125	0,117	0,116	0,122	0,119	0,120	0,113	0,118	0,113	0,126	0,114	0,125
21:00-22:00	0,035	0,022	0,025	0,030	0,033	0,034	0,035	0,031	0,036	0,040	0,025	0,025	0,029	0,027	0,024
22:00-23:00	0,028	0,021	0,030	0,031	0,039	0,025	0,028	0,038	0,031	0,033	0,039	0,033	0,026	0,034	0,035
23:00-00:00	0,024	0,023	0,029	0,021	0,033	0,021	0,024	0,032	0,025	0,023	0,025	0,031	0,037	0,029	0,029



Hora	16/05/25	17/05/25	18/05/25	19/05/25	20/05/25	21/05/25	22/05/25	23/05/25	24/05/25	25/05/25	26/05/25	27/05/25	28/05/25	29/05/25	30/05/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,021	0,024	0,022	0,029	0,025	0,027	0,024	0,029	0,023	0,020	0,026	0,024	0,028	0,023	0,029
01:00-02:00	0,027	0,023	0,028	0,029	0,020	0,030	0,027	0,023	0,023	0,025	0,022	0,023	0,029	0,022	0,021
02:00-03:00	0,023	0,020	0,021	0,020	0,028	0,022	0,028	0,030	0,029	0,026	0,020	0,023	0,025	0,026	0,021
03:00-04:00	0,028	0,024	0,028	0,030	0,029	0,020	0,027	0,028	0,025	0,029	0,023	0,030	0,027	0,023	0,020
04:00-05:00	0,024	0,021	0,028	0,024	0,027	0,026	0,026	0,021	0,020	0,023	0,023	0,025	0,029	0,026	0,023
05:00-06:00	0,027	0,028	0,026	0,025	0,030	0,026	0,029	0,021	0,024	0,024	0,020	0,030	0,027	0,030	0,021
06:00-07:00	0,053	0,041	0,044	0,042	0,047	0,056	0,042	0,053	0,043	0,057	0,046	0,055	0,053	0,056	0,041
07:00-08:00	0,050	0,050	0,043	0,054	0,047	0,050	0,057	0,043	0,054	0,043	0,055	0,044	0,044	0,050	0,053
08:00-09:00	0,128	0,110	0,116	0,131	0,131	0,121	0,122	0,114	0,123	0,134	0,113	0,119	0,138	0,119	0,110
09:00-10:00	0,126	0,131	0,112	0,112	0,113	0,114	0,120	0,117	0,124	0,129	0,135	0,116	0,137	0,116	0,111
10:00-11:00	0,120	0,115	0,111	0,128	0,125	0,129	0,123	0,131	0,114	0,139	0,121	0,133	0,119	0,136	0,111
11:00-12:00	0,119	0,119	0,136	0,128	0,136	0,124	0,137	0,126	0,117	0,135	0,113	0,118	0,124	0,129	0,138
12:00-13:00	0,134	0,132	0,147	0,130	0,146	0,147	0,131	0,148	0,130	0,144	0,131	0,130	0,135	0,133	0,132
13:00-14:00	0,146	0,142	0,146	0,130	0,137	0,131	0,147	0,140	0,148	0,130	0,131	0,134	0,139	0,137	0,131
14:00-15:00	0,138	0,135	0,144	0,135	0,136	0,134	0,134	0,139	0,132	0,140	0,144	0,130	0,138	0,134	0,145
15:00-16:00	0,149	0,147	0,140	0,136	0,148	0,145	0,129	0,133	0,129	0,137	0,140	0,144	0,135	0,135	0,131
16:00-17:00	0,136	0,138	0,147	0,148	0,144	0,138	0,134	0,131	0,142	0,141	0,145	0,131	0,139	0,132	0,144
17:00-18:00	0,131	0,135	0,143	0,134	0,131	0,149	0,131	0,146	0,139	0,131	0,138	0,146	0,134	0,129	0,138
18:00-19:00	0,113	0,113	0,111	0,117	0,116	0,124	0,111	0,113	0,121	0,121	0,123	0,116	0,125	0,125	0,113
19:00-20:00	0,121	0,127	0,123	0,120	0,123	0,111	0,122	0,110	0,116	0,126	0,115	0,111	0,113	0,116	0,122
20:00-21:00	0,115	0,114	0,126	0,129	0,115	0,126	0,120	0,117	0,122	0,111	0,113	0,122	0,117	0,128	0,125
21:00-22:00	0,034	0,037	0,035	0,023	0,037	0,030	0,020	0,036	0,036	0,037	0,035	0,023	0,034	0,032	0,031
22:00-23:00	0,036	0,025	0,027	0,035	0,040	0,029	0,027	0,037	0,022	0,038	0,032	0,026	0,038	0,030	0,029
23:00-00:00	0,020	0,028	0,039	0,027	0,034	0,023	0,039	0,038	0,026	0,038	0,028	0,035	0,025	0,024	0,032



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

Hora	1/06/25	2/06/25	3/06/25	4/06/25	5/06/25	6/06/25	7/06/25	8/06/25	9/06/25	10/06/25	11/06/25	12/06/25	13/06/25	14/06/25	15/06/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,027	0,021	0,027	0,024	0,027	0,025	0,025	0,020	0,020	0,025	0,021	0,027	0,022	0,022	0,023
01:00-02:00	0,028	0,026	0,025	0,024	0,023	0,019	0,028	0,020	0,029	0,026	0,020	0,029	0,027	0,019	0,020
02:00-03:00	0,021	0,021	0,026	0,024	0,024	0,023	0,022	0,022	0,019	0,020	0,022	0,022	0,025	0,030	0,023
03:00-04:00	0,027	0,028	0,028	0,024	0,024	0,018	0,022	0,026	0,022	0,024	0,024	0,027	0,021	0,022	0,027
04:00-05:00	0,020	0,022	0,028	0,018	0,024	0,022	0,029	0,025	0,027	0,026	0,024	0,029	0,028	0,027	0,023
05:00-06:00	0,030	0,028	0,030	0,028	0,025	0,029	0,022	0,024	0,020	0,028	0,026	0,018	0,019	0,024	0,029
06:00-07:00	0,057	0,057	0,050	0,043	0,048	0,053	0,053	0,049	0,055	0,049	0,048	0,057	0,053	0,042	0,059
07:00-08:00	0,041	0,042	0,046	0,048	0,056	0,055	0,057	0,046	0,052	0,051	0,046	0,053	0,042	0,055	0,046
08:00-09:00	0,114	0,123	0,121	0,117	0,135	0,125	0,125	0,135	0,119	0,126	0,121	0,119	0,115	0,111	0,126
09:00-10:00	0,125	0,121	0,114	0,128	0,126	0,117	0,136	0,116	0,137	0,135	0,113	0,127	0,117	0,115	0,117
10:00-11:00	0,122	0,115	0,111	0,127	0,118	0,132	0,115	0,126	0,123	0,131	0,126	0,115	0,111	0,109	0,120
11:00-12:00	0,126	0,135	0,133	0,122	0,133	0,113	0,127	0,116	0,137	0,123	0,127	0,129	0,111	0,134	0,132
12:00-13:00	0,144	0,140	0,131	0,135	0,149	0,144	0,136	0,133	0,137	0,148	0,146	0,137	0,137	0,138	0,133
13:00-14:00	0,132	0,138	0,130	0,141	0,145	0,147	0,135	0,132	0,135	0,136	0,146	0,148	0,149	0,130	0,135
14:00-15:00	0,133	0,136	0,130	0,148	0,136	0,141	0,129	0,148	0,138	0,132	0,145	0,132	0,144	0,130	0,130
15:00-16:00	0,143	0,132	0,135	0,144	0,132	0,143	0,142	0,138	0,132	0,146	0,130	0,135	0,132	0,133	0,148
16:00-17:00	0,141	0,148	0,129	0,142	0,135	0,139	0,148	0,129	0,145	0,144	0,147	0,147	0,134	0,129	0,134
17:00-18:00	0,136	0,133	0,142	0,138	0,146	0,129	0,135	0,142	0,144	0,139	0,142	0,138	0,143	0,141	0,135
18:00-19:00	0,122	0,125	0,115	0,115	0,114	0,116	0,125	0,121	0,113	0,127	0,120	0,126	0,128	0,117	0,127
19:00-20:00	0,109	0,112	0,120	0,118	0,115	0,121	0,110	0,124	0,127	0,124	0,127	0,116	0,115	0,114	0,116
20:00-21:00	0,128	0,113	0,124	0,118	0,117	0,111	0,118	0,124	0,117	0,116	0,125	0,127	0,124	0,125	0,119
21:00-22:00	0,033	0,024	0,033	0,038	0,036	0,025	0,040	0,032	0,027	0,039	0,029	0,029	0,035	0,023	0,035
22:00-23:00	0,028	0,031	0,028	0,032	0,038	0,023	0,029	0,023	0,027	0,029	0,034	0,023	0,024	0,038	0,021
23:00-00:00	0,022	0,023	0,026	0,038	0,026	0,035	0,040	0,028	0,028	0,027	0,030	0,022	0,038	0,021	0,025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	16/06/25	17/06/25	18/06/25	19/06/25	20/06/25	21/06/25	22/06/25	23/06/25	24/06/25	25/06/25	26/06/25	27/06/25	28/06/25	29/06/25	30/06/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,023	0,018	0,020	0,025	0,022	0,020	0,026	0,025	0,025	0,021	0,029	0,020	0,028	0,024	0,026
01:00-02:00	0,024	0,025	0,020	0,028	0,028	0,026	0,027	0,028	0,026	0,029	0,022	0,022	0,019	0,030	0,025
02:00-03:00	0,021	0,027	0,027	0,026	0,029	0,021	0,020	0,021	0,028	0,018	0,021	0,024	0,024	0,021	0,021
03:00-04:00	0,025	0,020	0,024	0,028	0,021	0,026	0,022	0,018	0,023	0,023	0,022	0,027	0,030	0,022	0,027
04:00-05:00	0,023	0,020	0,028	0,022	0,020	0,030	0,019	0,029	0,029	0,022	0,025	0,021	0,028	0,020	0,026
05:00-06:00	0,023	0,018	0,023	0,026	0,028	0,021	0,019	0,020	0,028	0,023	0,026	0,020	0,021	0,025	0,030
06:00-07:00	0,049	0,048	0,058	0,055	0,044	0,048	0,057	0,043	0,054	0,044	0,053	0,055	0,043	0,054	0,052
07:00-08:00	0,050	0,050	0,050	0,048	0,048	0,047	0,049	0,055	0,057	0,049	0,042	0,051	0,052	0,046	0,047
08:00-09:00	0,121	0,110	0,111	0,125	0,139	0,128	0,128	0,130	0,128	0,136	0,129	0,120	0,119	0,132	0,134
09:00-10:00	0,110	0,120	0,124	0,122	0,133	0,116	0,131	0,137	0,110	0,135	0,135	0,138	0,131	0,115	0,117
10:00-11:00	0,115	0,126	0,121	0,122	0,125	0,119	0,130	0,117	0,130	0,110	0,121	0,109	0,135	0,118	0,136
11:00-12:00	0,126	0,121	0,136	0,123	0,110	0,115	0,117	0,135	0,130	0,119	0,120	0,128	0,120	0,135	0,134
12:00-13:00	0,131	0,146	0,131	0,133	0,134	0,138	0,137	0,135	0,140	0,142	0,137	0,144	0,137	0,131	0,135
13:00-14:00	0,149	0,132	0,136	0,144	0,146	0,139	0,149	0,139	0,140	0,144	0,142	0,143	0,136	0,133	0,143
14:00-15:00	0,143	0,132	0,143	0,144	0,143	0,137	0,133	0,146	0,142	0,148	0,132	0,143	0,144	0,148	0,144
15:00-16:00	0,143	0,148	0,149	0,137	0,146	0,130	0,138	0,137	0,137	0,147	0,147	0,147	0,147	0,143	0,144
16:00-17:00	0,137	0,144	0,146	0,147	0,144	0,130	0,146	0,136	0,136	0,148	0,136	0,135	0,131	0,143	0,145
17:00-18:00	0,148	0,129	0,131	0,148	0,145	0,130	0,143	0,142	0,149	0,137	0,131	0,140	0,147	0,134	0,142
18:00-19:00	0,125	0,119	0,116	0,127	0,121	0,120	0,113	0,114	0,125	0,117	0,122	0,125	0,111	0,125	0,122
19:00-20:00	0,123	0,116	0,110	0,116	0,122	0,126	0,118	0,122	0,113	0,111	0,118	0,122	0,114	0,114	0,113
20:00-21:00	0,111	0,116	0,124	0,117	0,111	0,122	0,129	0,122	0,109	0,123	0,121	0,109	0,123	0,110	0,118
21:00-22:00	0,037	0,032	0,037	0,029	0,036	0,035	0,031	0,030	0,034	0,029	0,034	0,029	0,034	0,035	0,039
22:00-23:00	0,034	0,022	0,021	0,031	0,024	0,026	0,028	0,038	0,023	0,037	0,040	0,034	0,031	0,031	0,038
23:00-00:00	0,025	0,037	0,025	0,036	0,023	0,025	0,033	0,036	0,028	0,024	0,034	0,039	0,034	0,020	0,021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	1/07/25	2/07/25	3/07/25	4/07/25	5/07/25	6/07/25	7/07/25	8/07/25	9/07/25	10/07/25	11/07/25	12/07/25	13/07/25	14/07/25	15/07/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,041	0,041	0,037	0,041	0,044	0,039	0,037	0,044	0,040	0,045	0,044	0,039	0,037	0,044	0,040
01:00-02:00	0,061	0,026	0,025	0,024	0,023	0,019	0,028	0,020	0,029	0,026	0,020	0,029	0,027	0,019	0,020
02:00-03:00	0,049	0,021	0,026	0,024	0,024	0,023	0,022	0,022	0,019	0,020	0,022	0,022	0,025	0,030	0,023
03:00-04:00	0,048	0,028	0,028	0,024	0,024	0,018	0,022	0,026	0,022	0,024	0,024	0,027	0,021	0,022	0,027
04:00-05:00	0,036	0,022	0,028	0,018	0,024	0,022	0,029	0,025	0,027	0,026	0,024	0,029	0,028	0,027	0,023
05:00-06:00	0,032	0,028	0,030	0,028	0,025	0,029	0,022	0,024	0,020	0,028	0,026	0,018	0,019	0,024	0,029
06:00-07:00	0,062	0,057	0,050	0,043	0,048	0,053	0,053	0,049	0,055	0,049	0,048	0,057	0,053	0,042	0,059
07:00-08:00	0,079	0,042	0,046	0,048	0,056	0,055	0,057	0,046	0,052	0,051	0,046	0,053	0,042	0,055	0,046
08:00-09:00	0,070	0,123	0,121	0,117	0,135	0,125	0,125	0,135	0,119	0,126	0,121	0,119	0,115	0,111	0,126
09:00-10:00	0,137	0,121	0,114	0,128	0,126	0,117	0,136	0,116	0,137	0,135	0,113	0,127	0,117	0,115	0,117
10:00-11:00	0,078	0,115	0,111	0,127	0,118	0,132	0,115	0,126	0,123	0,131	0,126	0,115	0,111	0,109	0,120
11:00-12:00	0,155	0,135	0,133	0,122	0,133	0,113	0,127	0,116	0,137	0,123	0,127	0,129	0,111	0,134	0,132
12:00-13:00	0,131	0,140	0,131	0,135	0,149	0,144	0,136	0,133	0,137	0,148	0,146	0,137	0,137	0,138	0,133
13:00-14:00	0,079	0,138	0,130	0,141	0,145	0,147	0,135	0,132	0,135	0,136	0,146	0,148	0,149	0,130	0,135
14:00-15:00	0,087	0,136	0,130	0,148	0,136	0,141	0,129	0,148	0,138	0,132	0,145	0,132	0,144	0,130	0,130
15:00-16:00	0,083	0,132	0,135	0,144	0,132	0,143	0,142	0,138	0,132	0,146	0,130	0,135	0,132	0,133	0,148
16:00-17:00	0,086	0,148	0,129	0,142	0,135	0,139	0,148	0,129	0,145	0,144	0,147	0,147	0,134	0,129	0,134
17:00-18:00	0,111	0,133	0,142	0,138	0,146	0,129	0,135	0,142	0,144	0,139	0,142	0,138	0,143	0,141	0,135
18:00-19:00	0,094	0,125	0,115	0,115	0,114	0,116	0,125	0,121	0,113	0,127	0,120	0,126	0,128	0,117	0,127
19:00-20:00	0,082	0,112	0,120	0,118	0,115	0,121	0,110	0,124	0,127	0,124	0,127	0,116	0,115	0,114	0,116
20:00-21:00	0,091	0,113	0,124	0,118	0,117	0,111	0,118	0,124	0,117	0,116	0,125	0,127	0,124	0,125	0,119
21:00-22:00	0,069	0,024	0,033	0,038	0,036	0,025	0,040	0,032	0,027	0,039	0,029	0,029	0,035	0,023	0,035
22:00-23:00	0,047	0,031	0,028	0,032	0,038	0,023	0,029	0,023	0,027	0,029	0,034	0,023	0,024	0,038	0,021
23:00-00:00	0,050	0,023	0,026	0,038	0,026	0,035	0,040	0,028	0,028	0,027	0,030	0,022	0,038	0,021	0,025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-
CACES-2020

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**



Hora	16/07/25	17/07/25	18/07/25	19/07/25	20/07/25	21/07/25	22/07/25	23/07/25	24/07/25	25/07/25	26/07/25	27/07/25	28/07/25	29/07/25	30/07/25	31/07/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,043	0,044	0,042	0,037	0,042	0,043	0,037	0,041	0,038	0,038	0,042	0,043	0,038	0,039	0,045	0,039
01:00-02:00	0,024	0,025	0,020	0,028	0,028	0,026	0,027	0,028	0,026	0,029	0,022	0,022	0,019	0,030	0,054	0,063
02:00-03:00	0,021	0,027	0,027	0,026	0,029	0,021	0,020	0,021	0,028	0,018	0,021	0,024	0,024	0,021	0,047	0,050
03:00-04:00	0,025	0,020	0,024	0,028	0,021	0,026	0,022	0,018	0,023	0,023	0,022	0,027	0,030	0,022	0,050	0,048
04:00-05:00	0,023	0,020	0,028	0,022	0,020	0,030	0,019	0,029	0,029	0,022	0,025	0,021	0,028	0,020	0,036	0,038
05:00-06:00	0,023	0,018	0,023	0,026	0,028	0,021	0,019	0,020	0,028	0,023	0,026	0,020	0,021	0,025	0,037	0,036
06:00-07:00	0,049	0,048	0,058	0,055	0,044	0,048	0,057	0,043	0,054	0,044	0,053	0,055	0,043	0,054	0,057	0,056
07:00-08:00	0,050	0,050	0,050	0,048	0,048	0,047	0,049	0,055	0,057	0,049	0,042	0,051	0,052	0,046	0,090	0,093
08:00-09:00	0,121	0,110	0,111	0,125	0,139	0,128	0,128	0,130	0,128	0,136	0,129	0,120	0,119	0,132	0,072	0,079
09:00-10:00	0,110	0,120	0,124	0,122	0,133	0,116	0,131	0,137	0,110	0,135	0,135	0,138	0,131	0,115	0,117	0,122
10:00-11:00	0,115	0,126	0,121	0,122	0,125	0,119	0,130	0,117	0,130	0,110	0,121	0,109	0,135	0,118	0,066	0,066
11:00-12:00	0,126	0,121	0,136	0,123	0,110	0,115	0,117	0,135	0,130	0,119	0,120	0,128	0,120	0,135	0,155	0,155
12:00-13:00	0,131	0,146	0,131	0,133	0,134	0,138	0,137	0,135	0,140	0,142	0,137	0,144	0,137	0,131	0,141	0,139
13:00-14:00	0,149	0,132	0,136	0,144	0,146	0,139	0,149	0,139	0,140	0,144	0,142	0,143	0,136	0,133	0,086	0,087
14:00-15:00	0,143	0,132	0,143	0,144	0,143	0,137	0,133	0,146	0,142	0,148	0,132	0,143	0,144	0,148	0,082	0,091
15:00-16:00	0,143	0,148	0,149	0,137	0,146	0,130	0,138	0,137	0,137	0,147	0,147	0,147	0,147	0,143	0,090	0,089
16:00-17:00	0,137	0,144	0,146	0,147	0,144	0,130	0,146	0,136	0,136	0,148	0,136	0,135	0,131	0,143	0,091	0,086
17:00-18:00	0,148	0,129	0,131	0,148	0,145	0,130	0,143	0,142	0,149	0,137	0,131	0,140	0,147	0,134	0,118	0,107
18:00-19:00	0,125	0,119	0,116	0,127	0,121	0,120	0,113	0,114	0,125	0,117	0,122	0,125	0,111	0,125	0,103	0,099
19:00-20:00	0,123	0,116	0,110	0,116	0,122	0,126	0,118	0,122	0,113	0,111	0,118	0,122	0,114	0,114	0,074	0,080
20:00-21:00	0,111	0,116	0,124	0,117	0,111	0,122	0,129	0,122	0,109	0,123	0,121	0,109	0,123	0,110	0,095	0,087
21:00-22:00	0,037	0,032	0,037	0,029	0,036	0,035	0,031	0,030	0,034	0,029	0,034	0,029	0,034	0,035	0,064	0,068
22:00-23:00	0,034	0,022	0,021	0,031	0,024	0,026	0,028	0,038	0,023	0,037	0,040	0,034	0,031	0,031	0,050	0,051
23:00-00:00	0,025	0,037	0,025	0,036	0,023	0,025	0,033	0,036	0,028	0,024	0,034	0,039	0,034	0,020	0,050	0,054



Anexo 8: Datos modulo central mes de Marzo

Hora	01/03/25 kWh	02/03/25 kWh	03/03/25 kWh	04/03/25 kWh	05/03/25 kWh	06/03/25 kWh	07/03/25 kWh	08/03/25 kWh	09/03/25 kWh	10/03/25 kWh	11/03/25 kWh	12/03/25 kWh	13/03/25 kWh	14/03/25 kWh	15/03/25 kWh
00:00-01:00	0,19	0,25	0,19	0,28	0,22	0,21	0,26	0,30	0,23	0,32	0,20	0,27	0,22	0,25	0,29
01:00-02:00	0,32	0,22	0,21	0,21	0,30	0,28	0,31	0,32	0,24	0,28	0,28	0,23	0,32	0,22	0,24
02:00-03:00	0,24	0,24	0,19	0,26	0,23	0,24	0,28	0,22	0,25	0,30	0,22	0,27	0,30	0,30	0,23
03:00-04:00	0,31	0,22	0,28	0,29	0,30	0,25	0,26	0,24	0,27	0,21	0,27	0,26	0,32	0,19	0,24
04:00-05:00	0,30	0,20	0,31	0,20	0,25	0,29	0,23	0,21	0,26	0,31	0,28	0,25	0,25	0,31	0,29
05:00-06:00	0,27	0,27	0,22	0,27	0,28	0,28	0,23	0,33	0,32	0,32	0,21	0,20	0,20	0,25	0,28
06:00-07:00	0,60	0,59	0,64	0,51	0,48	0,65	0,59	0,64	0,56	0,56	0,48	0,63	0,57	0,59	0,50
07:00-08:00	0,63	0,58	0,48	0,65	0,58	0,49	0,65	0,57	0,65	0,58	0,61	0,55	0,55	0,59	0,50
08:00-09:00	0,54	0,55	0,64	0,56	0,55	0,49	0,59	0,62	0,63	0,61	0,55	0,50	0,62	0,63	0,48
09:00-10:00	0,37	0,38	0,38	0,44	0,41	0,43	0,40	0,40	0,36	0,35	0,33	0,38	0,34	0,42	0,42
10:00-11:00	0,42	0,45	0,34	0,40	0,35	0,41	0,43	0,41	0,46	0,40	0,47	0,38	0,39	0,41	0,43
11:00-12:00	0,44	0,40	0,39	0,33	0,43	0,36	0,39	0,34	0,34	0,38	0,33	0,44	0,35	0,34	0,36
12:00-13:00	0,61	0,56	0,51	0,58	0,63	0,48	0,48	0,61	0,62	0,49	0,60	0,60	0,53	0,56	0,47
13:00-14:00	0,62	0,47	0,52	0,64	0,51	0,48	0,57	0,49	0,54	0,54	0,65	0,61	0,60	0,49	0,48
14:00-15:00	0,55	0,53	0,52	0,58	0,48	0,63	0,65	0,62	0,63	0,48	0,51	0,47	0,56	0,60	0,65
15:00-16:00	0,44	0,38	0,44	0,44	0,33	0,35	0,35	0,44	0,45	0,33	0,35	0,38	0,38	0,40	0,37
16:00-17:00	0,34	0,38	0,40	0,45	0,42	0,37	0,42	0,43	0,44	0,35	0,34	0,39	0,38	0,42	0,43
17:00-18:00	0,40	0,41	0,37	0,36	0,41	0,36	0,35	0,33	0,44	0,46	0,37	0,33	0,39	0,33	0,41
18:00-19:00	0,47	0,57	0,58	0,51	0,57	0,53	0,57	0,52	0,52	0,57	0,49	0,51	0,61	0,48	0,54
19:00-20:00	0,53	0,58	0,60	0,58	0,51	0,48	0,48	0,52	0,48	0,65	0,60	0,61	0,63	0,60	0,50
20:00-21:00	0,53	0,61	0,52	0,54	0,54	0,56	0,55	0,53	0,54	0,55	0,48	0,49	0,64	0,48	0,49
21:00-22:00	0,54	0,62	0,54	0,62	0,58	0,48	0,61	0,48	0,50	0,52	0,56	0,57	0,61	0,48	0,58
22:00-23:00	0,28	0,29	0,20	0,31	0,26	0,30	0,24	0,32	0,28	0,26	0,33	0,22	0,23	0,19	0,29
23:00-00:00	0,24	0,32	0,21	0,24	0,32	0,22	0,28	0,26	0,24	0,25	0,30	0,19	0,28	0,32	0,28



Hora	16/03/25	17/03/25	18/03/25	19/03/25	20/03/25	21/03/25	22/03/25	23/03/25	24/03/25	25/03/25	26/03/25	27/03/25	28/03/25	29/03/25	30/03/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,26	0,28	0,30	0,21	0,19	0,26	0,19	0,21	0,31	0,27	0,30	0,24	0,31	0,29	0,27
01:00-02:00	0,19	0,23	0,29	0,24	0,27	0,25	0,19	0,29	0,19	0,26	0,21	0,30	0,28	0,21	0,24
02:00-03:00	0,32	0,30	0,26	0,30	0,24	0,21	0,30	0,28	0,28	0,20	0,22	0,32	0,21	0,31	0,30
03:00-04:00	0,30	0,31	0,27	0,26	0,30	0,23	0,22	0,32	0,32	0,31	0,21	0,22	0,25	0,30	0,25
04:00-05:00	0,23	0,31	0,26	0,19	0,20	0,25	0,26	0,20	0,26	0,29	0,23	0,26	0,27	0,26	0,32
05:00-06:00	0,32	0,32	0,23	0,29	0,27	0,20	0,23	0,19	0,32	0,20	0,29	0,23	0,20	0,29	0,28
06:00-07:00	0,58	0,51	0,57	0,47	0,56	0,51	0,64	0,52	0,48	0,60	0,56	0,61	0,63	0,53	0,49
07:00-08:00	0,58	0,61	0,59	0,61	0,59	0,58	0,51	0,52	0,54	0,57	0,50	0,57	0,62	0,55	0,59
08:00-09:00	0,61	0,55	0,63	0,50	0,48	0,60	0,55	0,51	0,51	0,48	0,63	0,58	0,56	0,62	0,53
09:00-10:00	0,44	0,44	0,42	0,46	0,41	0,47	0,45	0,45	0,43	0,39	0,45	0,44	0,46	0,39	0,42
10:00-11:00	0,42	0,43	0,43	0,38	0,41	0,46	0,44	0,36	0,46	0,39	0,45	0,38	0,38	0,38	0,34
11:00-12:00	0,34	0,44	0,35	0,37	0,40	0,42	0,35	0,36	0,36	0,35	0,36	0,45	0,46	0,40	0,35
12:00-13:00	0,53	0,59	0,55	0,49	0,58	0,55	0,62	0,61	0,59	0,64	0,55	0,57	0,59	0,62	0,63
13:00-14:00	0,64	0,50	0,47	0,52	0,59	0,59	0,55	0,55	0,50	0,63	0,65	0,50	0,58	0,53	0,51
14:00-15:00	0,51	0,57	0,51	0,63	0,62	0,61	0,56	0,61	0,57	0,59	0,61	0,60	0,50	0,50	0,62
15:00-16:00	0,38	0,46	0,43	0,47	0,36	0,34	0,35	0,34	0,39	0,39	0,33	0,44	0,45	0,43	0,37
16:00-17:00	0,39	0,46	0,47	0,38	0,44	0,38	0,34	0,39	0,46	0,38	0,34	0,37	0,39	0,44	0,42
17:00-18:00	0,39	0,33	0,34	0,39	0,40	0,44	0,43	0,33	0,41	0,42	0,39	0,45	0,35	0,34	0,42
18:00-19:00	0,58	0,50	0,54	0,60	0,48	0,54	0,56	0,48	0,53	0,57	0,64	0,64	0,47	0,51	0,56
19:00-20:00	0,64	0,49	0,62	0,63	0,48	0,57	0,55	0,64	0,49	0,48	0,57	0,52	0,57	0,49	0,52
20:00-21:00	0,51	0,60	0,50	0,58	0,53	0,58	0,60	0,49	0,49	0,56	0,56	0,65	0,56	0,53	0,51
21:00-22:00	0,49	0,62	0,57	0,54	0,61	0,50	0,61	0,57	0,51	0,62	0,49	0,49	0,60	0,55	0,47
22:00-23:00	0,21	0,22	0,29	0,24	0,29	0,24	0,21	0,24	0,22	0,25	0,28	0,21	0,31	0,29	0,23
23:00-00:00	0,31	0,26	0,27	0,28	0,30	0,23	0,27	0,24	0,31	0,19	0,30	0,21	0,20	0,28	0,28



Anexo 9: Datos modulo central mes de Abril

Hora	1/04/25	2/04/25	3/04/25	4/04/25	5/04/25	6/04/25	7/04/25	8/04/25	9/04/25	10/04/25	11/04/25	12/04/25	13/04/25	14/04/25	15/04/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,11	0,12	0,16	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14
01:00-02:00	0,14	0,14	0,17	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
02:00-03:00	0,15	0,16	0,18	0,2	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15
03:00-04:00	0,1	0,11	0,13	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
04:00-05:00	0,09	0,1	0,11	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1
05:00-06:00	0,12	0,12	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12
06:00-07:00	0,41	0,34	0,42	0,46	0,44	0,45	0,43	0,42	0,42	0,41	0,39	0,39	0,38	0,37	0,36
07:00-08:00	0,49	0,44	0,52	0,56	0,54	0,55	0,52	0,51	0,51	0,5	0,49	0,48	0,47	0,52	0,45
08:00-09:00	0,35	0,35	0,44	0,48	0,46	0,6	0,44	0,43	0,43	0,42	0,41	0,4	0,58	0,56	0,37
09:00-10:00	0,3	0,3	0,38	0,4	0,38	0,62	0,37	0,36	0,36	0,55	0,34	0,34	0,6	0,57	0,37
10:00-11:00	0,33	0,31	0,39	0,42	0,4	0,34	0,39	0,38	0,38	0,6	0,48	0,36	0,55	0,52	0,55
11:00-12:00	0,48	0,33	0,41	0,45	0,43	0,51	0,42	0,41	0,41	0,62	0,5	0,38	0,62	0,49	0,46
12:00-13:00	0,54	0,29	0,36	0,39	0,36	0,55	0,36	0,35	0,35	0,34	0,55	0,33	0,6	0,48	0,55
13:00-14:00	0,66	0,41	0,54	0,59	0,54	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51	0,5	0,49	0,48	0,45	0,56
14:00-15:00	0,35	0,51	0,46	0,5	0,45	0,46	0,44	0,43	0,44	0,55	0,42	0,42	0,41	0,39	0,54
15:00-16:00	0,28	0,55	0,38	0,42	0,4	0,41	0,39	0,38	0,38	0,59	0,4	0,55	0,55	0,33	0,64
16:00-17:00	0,3	0,55	0,4	0,44	0,42	0,43	0,41	0,4	0,4	0,62	0,5	0,49	0,36	0,35	0,66
17:00-18:00	0,33	0,6	0,42	0,45	0,43	0,44	0,42	0,41	0,41	0,59	0,39	0,5	0,37	0,36	0,35
18:00-19:00	0,55	0,56	0,62	0,66	0,63	0,64	0,61	0,6	0,6	0,59	0,58	0,57	0,56	0,54	0,53
19:00-20:00	0,61	0,58	0,64	0,68	0,65	0,66	0,63	0,62	0,62	0,61	0,6	0,59	0,58	0,56	0,55
20:00-21:00	0,52	0,48	0,55	0,58	0,55	0,56	0,53	0,52	0,52	0,51	0,5	0,49	0,48	0,47	0,46
21:00-22:00	0,5	0,5	0,57	0,6	0,57	0,58	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,5	0,49	0,48
22:00-23:00	0,41	0,41	0,46	0,49	0,46	0,47	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,41	0,4	0,39	0,38
23:00-00:00	0,23	0,25	0,28	0,32	0,3	0,31	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,23

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

Hora	16/04/25	17/04/25	18/04/25	19/04/25	20/04/25	21/04/25	22/04/25	23/04/25	24/04/25	25/04/25	26/04/25	27/04/25	28/04/25	29/04/25	30/04/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
01:00-02:00	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12
02:00-03:00	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12
03:00-04:00	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
04:00-05:00	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
05:00-06:00	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09
06:00-07:00	0,36	0,36	0,34	0,34	0,33	0,32	0,31	0,3	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26
07:00-08:00	0,45	0,44	0,43	0,42	0,42	0,41	0,4	0,45	0,38	0,44	0,37	0,42	0,36	0,35	0,61
08:00-09:00	0,41	0,37	0,49	0,35	0,34	0,33	0,5	0,39	0,42	0,52	0,44	0,29	0,29	0,49	0,54
09:00-10:00	0,36	0,5	0,45	0,28	0,28	0,27	0,65	0,4	0,44	0,5	0,44	0,5	0,24	0,5	0,62
10:00-11:00	0,54	0,42	0,55	0,3	0,45	0,49	0,61	0,45	0,5	0,54	0,48	0,54	0,55	0,52	0,56
11:00-12:00	0,46	0,4	0,5	0,32	1,4	0,45	0,54	0,3	0,49	0,5	0,65	0,55	0,55	0,55	0,57
12:00-13:00	0,38	0,5	0,52	0,5	0,9	0,42	0,62	0,58	0,55	0,55	0,55	0,52	0,52	0,6	0,52
13:00-14:00	0,4	0,39	0,62	0,52	0,88	0,98	0,56	0,64	0,59	0,6	0,58	0,45	0,53	0,62	0,49
14:00-15:00	0,42	0,58	0,5	0,62	1,02	0,51	0,57	0,55	0,62	0,55	0,52	0,48	0,52	0,48	0,59
15:00-16:00	0,62	0,6	0,49	0,5	0,29	0,39	0,52	0,56	0,54	0,51	0,55	0,52	0,56	0,45	0,55
16:00-17:00	0,55	0,5	0,51	0,49	0,31	0,42	0,49	0,54	0,6	0,49	0,6	0,51	0,62	0,45	0,49
17:00-18:00	0,55	0,34	0,51	0,51	0,32	0,45	0,48	0,45	0,55	0,45	0,59	0,48	0,58	0,46	0,51
18:00-19:00	0,49	0,51	0,49	0,48	0,48	0,4	0,45	0,44	0,55	0,43	0,48	0,49	0,55	0,39	0,5
19:00-20:00	0,54	0,53	0,51	0,5	0,49	0,55	0,46	0,45	0,51	0,43	0,42	0,48	0,4	0,39	0,48
20:00-21:00	0,45	0,45	0,43	0,42	0,41	0,51	0,39	0,38	0,59	0,5	0,36	0,4	0,45	0,33	0,32
21:00-22:00	0,47	0,46	0,44	0,43	0,43	0,48	0,41	0,4	0,4	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33
22:00-23:00	0,37	0,36	0,34	0,33	0,33	0,42	0,31	0,3	0,29	0,33	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24
23:00-00:00	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,39	0,21	0,21	0,2	0,2	0,2	0,19	0,19	0,18	0,18



Anexo 10: Datos modulo central mes de Mayo

Hora	1/05/25 kWh	2/05/25 kWh	3/05/25 kWh	4/05/25 kWh	5/05/25 kWh	6/05/25 kWh	7/05/25 kWh	8/05/25 kWh	9/05/25 kWh	10/05/25 kWh	11/05/25 kWh	12/05/25 kWh	13/05/25 kWh	14/05/25 kWh	15/05/25 kWh
00:00-01:00	0,27	0,63	0,49	0,41	0,13	0,13	0,07	0,58	0,41	0,48	0,05	0,64	0,56	0,17	0,15
01:00-02:00	0,14	0,07	0,63	0,64	0,54	0,22	0,09	0,46	0,31	0,11	0,34	0,06	0,60	0,20	0,45
02:00-03:00	0,55	0,26	0,21	0,37	0,12	0,54	0,08	0,65	0,52	0,16	0,04	0,54	0,48	0,49	0,52
03:00-04:00	0,39	0,52	0,34	0,36	0,30	0,05	0,10	0,05	0,43	0,23	0,35	0,60	0,19	0,29	0,51
04:00-05:00	0,18	0,30	0,55	0,57	0,04	0,35	0,30	0,17	0,11	0,25	0,62	0,24	0,36	0,47	0,26
05:00-06:00	0,19	0,46	0,51	0,18	0,49	0,26	0,43	0,43	0,37	0,09	0,56	0,23	0,15	0,06	0,40
06:00-07:00	0,55	0,38	0,37	0,19	0,09	0,60	0,60	0,43	0,25	0,25	0,49	0,60	0,59	0,52	0,44
07:00-08:00	0,50	0,44	0,57	0,45	0,39	0,09	0,26	0,20	0,19	0,64	0,28	0,59	0,43	0,53	0,35
08:00-09:00	0,64	0,57	0,22	0,28	0,57	0,23	0,14	0,38	0,62	0,47	0,39	0,09	0,42	0,65	0,12
09:00-10:00	0,53	0,59	0,25	0,27	0,09	0,40	0,06	0,33	0,37	0,21	0,40	0,05	0,06	0,55	0,26
10:00-11:00	0,31	0,08	0,05	0,64	0,56	0,47	0,29	0,14	0,13	0,19	0,38	0,48	0,45	0,21	0,63
11:00-12:00	0,33	0,14	0,31	0,28	0,42	0,43	0,06	0,27	0,43	0,35	0,57	0,45	0,14	0,08	0,44
12:00-13:00	0,09	0,46	0,08	0,23	0,56	0,05	0,54	0,21	0,11	0,47	0,43	0,58	0,49	0,54	0,21
13:00-14:00	0,55	0,23	0,60	0,28	0,04	0,60	0,09	0,23	0,63	0,63	0,39	0,43	0,31	0,22	0,24
14:00-15:00	0,09	0,47	0,08	0,55	0,48	0,08	0,09	0,65	0,27	0,27	0,54	0,63	0,65	0,51	0,27
15:00-16:00	0,27	0,21	0,58	0,17	0,64	0,04	0,64	0,06	0,59	0,36	0,66	0,08	0,38	0,64	0,36
16:00-17:00	0,40	0,08	0,64	0,65	0,47	0,37	0,23	0,54	0,46	0,14	0,60	0,55	0,63	0,49	0,42
17:00-18:00	0,20	0,07	0,58	0,54	0,66	0,66	0,38	0,52	0,63	0,57	0,19	0,32	0,11	0,63	0,41
18:00-19:00	0,51	0,42	0,48	0,17	0,12	0,04	0,25	0,40	0,28	0,31	0,60	0,25	0,36	0,53	0,28
19:00-20:00	0,13	0,12	0,44	0,15	0,25	0,60	0,33	0,45	0,14	0,15	0,06	0,14	0,21	0,14	0,09
20:00-21:00	0,15	0,16	0,27	0,34	0,42	0,26	0,32	0,50	0,06	0,19	0,48	0,59	0,35	0,37	0,10
21:00-22:00	0,37	0,40	0,50	0,30	0,11	0,21	0,26	0,44	0,39	0,26	0,65	0,41	0,18	0,10	0,13
22:00-23:00	0,14	0,45	0,62	0,38	0,39	0,21	0,52	0,15	0,24	0,30	0,35	0,19	0,11	0,42	0,21
23:00-00:00	0,29	0,25	0,62	0,55	0,64	0,11	0,49	0,62	0,15	0,08	0,50	0,39	0,56	0,12	0,53

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

Hora	16/05/25 kWh	17/05/25 kWh	18/05/25 kWh	19/05/25 kWh	20/05/25 kWh	21/05/25 kWh	22/05/25 kWh	23/05/25 kWh	24/05/25 kWh	25/05/25 kWh	26/05/25 kWh	27/05/25 kWh	28/05/25 kWh	29/05/25 kWh	30/05/25 kWh	31/05/25 kWh
00:00-01:00	0,15	0,22	0,36	0,30	0,22	0,42	0,12	0,22	0,26	0,32	0,53	0,16	0,36	0,41	0,06	0,41
01:00-02:00	0,23	0,36	0,38	0,15	0,64	0,52	0,62	0,59	0,41	0,61	0,09	0,16	0,06	0,24	0,28	0,20
02:00-03:00	0,08	0,26	0,11	0,57	0,42	0,24	0,07	0,23	0,24	0,49	0,43	0,59	0,33	0,11	0,48	0,51
03:00-04:00	0,18	0,08	0,22	0,13	0,62	0,54	0,43	0,58	0,54	0,15	0,59	0,37	0,54	0,60	0,23	0,10
04:00-05:00	0,64	0,64	0,19	0,35	0,22	0,21	0,06	0,42	0,35	0,07	0,21	0,60	0,18	0,12	0,34	0,65
05:00-06:00	0,46	0,04	0,35	0,18	0,44	0,14	0,47	0,28	0,62	0,12	0,25	0,10	0,61	0,58	0,20	0,45
06:00-07:00	0,09	0,13	0,60	0,41	0,04	0,10	0,45	0,04	0,13	0,38	0,47	0,44	0,17	0,48	0,18	0,24
07:00-08:00	0,40	0,34	0,16	0,49	0,21	0,05	0,44	0,14	0,62	0,63	0,61	0,27	0,04	0,62	0,30	0,64
08:00-09:00	0,36	0,58	0,50	0,47	0,47	0,26	0,22	0,54	0,54	0,58	0,61	0,35	0,35	0,53	0,44	0,47
09:00-10:00	0,11	0,36	0,52	0,17	0,42	0,09	0,07	0,37	0,37	0,43	0,49	0,65	0,36	0,24	0,53	0,20
10:00-11:00	0,50	0,38	0,42	0,30	0,19	0,26	0,51	0,04	0,11	0,06	0,06	0,57	0,47	0,33	0,09	0,34
11:00-12:00	0,05	0,40	0,62	0,39	0,28	0,44	0,32	0,38	0,62	0,28	0,64	0,60	0,16	0,08	0,10	0,04
12:00-13:00	0,14	0,50	0,54	0,65	0,29	0,27	0,52	0,25	0,62	0,57	0,30	0,50	0,51	0,10	0,60	0,35
13:00-14:00	0,46	0,51	0,53	0,53	0,09	0,34	0,07	0,38	0,31	0,59	0,25	0,11	0,12	0,51	0,42	0,10
14:00-15:00	0,09	0,52	0,38	0,30	0,60	0,10	0,34	0,04	0,33	0,07	0,11	0,11	0,44	0,50	0,40	0,64
15:00-16:00	0,43	0,47	0,32	0,43	0,40	0,60	0,06	0,21	0,63	0,59	0,32	0,42	0,21	0,15	0,32	0,26
16:00-17:00	0,30	0,62	0,58	0,06	0,05	0,27	0,54	0,65	0,13	0,41	0,27	0,64	0,56	0,56	0,33	0,29
17:00-18:00	0,18	0,45	0,42	0,26	0,10	0,45	0,36	0,52	0,36	0,57	0,38	0,39	0,58	0,29	0,12	0,05
18:00-19:00	0,42	0,57	0,63	0,13	0,61	0,34	0,20	0,32	0,65	0,34	0,24	0,43	0,18	0,08	0,11	0,11
19:00-20:00	0,11	0,32	0,16	0,26	0,35	0,47	0,06	0,53	0,43	0,08	0,58	0,61	0,07	0,21	0,54	0,50
20:00-21:00	0,31	0,37	0,19	0,20	0,27	0,05	0,24	0,17	0,24	0,11	0,59	0,41	0,46	0,53	0,35	0,09
21:00-22:00	0,19	0,13	0,15	0,21	0,14	0,60	0,08	0,36	0,29	0,65	0,10	0,28	0,64	0,58	0,55	0,20
22:00-23:00	0,40	0,13	0,34	0,37	0,07	0,24	0,12	0,07	0,65	0,24	0,54	0,19	0,46	0,51	0,41	0,33
23:00-00:00	0,16	0,14	0,14	0,54	0,45	0,36	0,26	0,58	0,28	0,55	0,31	0,27	0,32	0,22	0,50	0,35

**Anexo 11: Datos modulo central mes de Junio**

Hora	1/06/25 kWh	2/06/25 kWh	3/06/25 kWh	4/06/25 kWh	5/06/25 kWh	6/06/25 kWh	7/06/25 kWh	8/06/25 kWh	9/06/25 kWh	10/06/25 kWh	11/06/25 kWh	12/06/25 kWh	13/06/25 kWh	14/06/25 kWh	15/06/25 kWh
00:00-01:00	0,28	0,65	0,51	0,42	0,14	0,14	0,07	0,60	0,42	0,49	0,05	0,66	0,57	0,17	0,15
01:00-02:00	0,43	0,15	0,08	0,65	0,66	0,56	0,23	0,10	0,48	0,32	0,11	0,36	0,06	0,62	0,20
02:00-03:00	0,29	0,21	0,57	0,27	0,22	0,39	0,13	0,55	0,08	0,67	0,54	0,16	0,04	0,56	0,49
03:00-04:00	0,11	0,50	0,53	0,40	0,53	0,35	0,37	0,31	0,05	0,10	0,06	0,45	0,24	0,36	0,62
04:00-05:00	0,56	0,52	0,24	0,11	0,18	0,31	0,57	0,43	0,04	0,37	0,31	0,18	0,11	0,25	0,65
05:00-06:00	0,62	0,19	0,13	0,35	0,67	0,19	0,47	0,53	0,19	0,51	0,27	0,44	0,45	0,38	0,09
06:00-07:00	0,26	0,11	0,63	0,60	0,20	0,46	0,56	0,39	0,38	0,19	0,10	0,62	0,62	0,45	0,25
07:00-08:00	0,39	0,48	0,46	0,18	0,50	0,19	0,25	0,52	0,46	0,59	0,46	0,40	0,10	0,27	0,21
08:00-09:00	0,64	0,65	0,63	0,27	0,04	0,64	0,31	0,34	0,66	0,59	0,23	0,28	0,59	0,24	0,14
09:00-10:00	0,56	0,36	0,41	0,53	0,37	0,36	0,55	0,46	0,49	0,55	0,61	0,25	0,28	0,10	0,41
10:00-11:00	0,07	0,38	0,39	0,45	0,51	0,67	0,37	0,24	0,55	0,21	0,32	0,09	0,05	0,66	0,58
11:00-12:00	0,27	0,53	0,04	0,11	0,06	0,06	0,59	0,49	0,34	0,10	0,35	0,34	0,15	0,32	0,29
12:00-13:00	0,29	0,45	0,33	0,39	0,65	0,29	0,66	0,56	0,16	0,08	0,10	0,05	0,10	0,48	0,08
13:00-14:00	0,68	0,30	0,28	0,54	0,26	0,64	0,59	0,31	0,52	0,52	0,10	0,34	0,36	0,57	0,24
14:00-15:00	0,55	0,55	0,09	0,36	0,07	0,39	0,32	0,46	0,26	0,11	0,13	0,53	0,44	0,10	0,09
15:00-16:00	0,54	0,40	0,31	0,62	0,11	0,35	0,04	0,34	0,07	0,11	0,11	0,46	0,52	0,41	0,66
16:00-17:00	0,44	0,49	0,33	0,44	0,41	0,48	0,06	0,22	0,65	0,61	0,33	0,44	0,21	0,16	0,34
17:00-18:00	0,43	0,31	0,64	0,43	0,06	0,05	0,28	0,56	0,67	0,13	0,42	0,28	0,66	0,58	0,45
18:00-19:00	0,65	0,43	0,18	0,47	0,44	0,27	0,11	0,47	0,37	0,54	0,37	0,59	0,39	0,40	0,60
19:00-20:00	0,37	0,54	0,29	0,44	0,59	0,65	0,13	0,45	0,35	0,20	0,33	0,53	0,35	0,25	0,45
20:00-21:00	0,14	0,22	0,15	0,09	0,11	0,33	0,17	0,27	0,36	0,48	0,06	0,55	0,44	0,09	0,60
21:00-22:00	0,50	0,51	0,37	0,38	0,10	0,32	0,38	0,19	0,21	0,28	0,05	0,24	0,17	0,25	0,11
22:00-23:00	0,27	0,57	0,43	0,19	0,10	0,13	0,19	0,14	0,16	0,22	0,15	0,62	0,09	0,37	0,30
23:00-00:00	0,24	0,31	0,36	0,19	0,11	0,43	0,22	0,41	0,13	0,35	0,38	0,07	0,25	0,12	0,08



Hora	16/06/25	17/06/25	18/06/25	19/06/25	20/06/25	21/06/25	22/06/25	23/06/25	24/06/25	25/06/25	26/06/25	27/06/25	28/06/25	29/06/25	30/06/25
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
00:00-01:00	0,15	0,23	0,37	0,31	0,22	0,43	0,13	0,22	0,27	0,33	0,54	0,16	0,37	0,42	0,06
01:00-02:00	0,46	0,24	0,37	0,39	0,15	0,66	0,54	0,64	0,61	0,42	0,63	0,09	0,16	0,06	0,25
02:00-03:00	0,51	0,53	0,08	0,27	0,11	0,59	0,44	0,25	0,08	0,24	0,25	0,51	0,45	0,61	0,34
03:00-04:00	0,20	0,30	0,52	0,18	0,08	0,22	0,14	0,64	0,56	0,45	0,60	0,56	0,16	0,61	0,38
04:00-05:00	0,24	0,37	0,49	0,27	0,66	0,66	0,20	0,36	0,23	0,22	0,06	0,43	0,36	0,07	0,22
05:00-06:00	0,58	0,24	0,16	0,06	0,42	0,47	0,05	0,37	0,18	0,45	0,15	0,48	0,29	0,64	0,12
06:00-07:00	0,26	0,51	0,62	0,61	0,54	0,45	0,09	0,14	0,62	0,43	0,04	0,10	0,46	0,04	0,14
07:00-08:00	0,19	0,67	0,29	0,41	0,44	0,55	0,36	0,41	0,35	0,16	0,50	0,22	0,05	0,45	0,15
08:00-09:00	0,40	0,64	0,49	0,40	0,10	0,43	0,68	0,13	0,37	0,60	0,52	0,49	0,49	0,27	0,23
09:00-10:00	0,06	0,34	0,39	0,22	0,42	0,05	0,06	0,57	0,27	0,12	0,37	0,53	0,17	0,44	0,09
10:00-11:00	0,49	0,30	0,15	0,14	0,20	0,39	0,50	0,46	0,22	0,65	0,51	0,39	0,43	0,31	0,20
11:00-12:00	0,43	0,45	0,06	0,28	0,44	0,36	0,59	0,46	0,14	0,08	0,45	0,05	0,41	0,45	0,41
12:00-13:00	0,24	0,58	0,05	0,56	0,22	0,11	0,49	0,44	0,60	0,51	0,56	0,22	0,15	0,52	0,56
13:00-14:00	0,62	0,29	0,04	0,32	0,09	0,24	0,65	0,65	0,41	0,44	0,33	0,22	0,25	0,47	0,52
14:00-15:00	0,49	0,08	0,57	0,49	0,09	0,09	0,67	0,28	0,27	0,36	0,65	0,67	0,52	0,28	0,09
15:00-16:00	0,28	0,22	0,60	0,18	0,66	0,04	0,46	0,06	0,61	0,38	0,68	0,08	0,39	0,66	0,37
16:00-17:00	0,26	0,41	0,09	0,20	0,67	0,49	0,38	0,24	0,56	0,48	0,14	0,63	0,57	0,65	0,51
17:00-18:00	0,34	0,30	0,21	0,07	0,60	0,56	0,68	0,48	0,39	0,53	0,45	0,59	0,20	0,33	0,12
18:00-19:00	0,30	0,12	0,05	0,52	0,44	0,49	0,17	0,12	0,04	0,26	0,42	0,29	0,32	0,45	0,26
19:00-20:00	0,19	0,08	0,12	0,12	0,13	0,12	0,45	0,15	0,26	0,62	0,34	0,47	0,15	0,16	0,06
20:00-21:00	0,63	0,07	0,21	0,56	0,52	0,15	0,17	0,27	0,35	0,44	0,27	0,33	0,52	0,06	0,20
21:00-22:00	0,61	0,42	0,48	0,55	0,36	0,09	0,38	0,42	0,52	0,31	0,12	0,22	0,27	0,45	0,40
22:00-23:00	0,67	0,11	0,29	0,66	0,60	0,56	0,20	0,15	0,47	0,64	0,40	0,41	0,22	0,35	0,16
23:00-00:00	0,68	0,24	0,56	0,20	0,48	0,53	0,42	0,34	0,30	0,26	0,64	0,57	0,66	0,12	0,51



Anexo 12: Datos modulo central mes de Julio

Hora	1/07/25 kWh	2/07/25 kWh	3/07/25 kWh	4/07/25 kWh	5/07/25 kWh	6/07/25 kWh	7/07/25 kWh	8/07/25 kWh	9/07/25 kWh	10/07/25 kWh	11/07/25 kWh	12/07/25 kWh	13/07/25 kWh	14/07/25 kWh	15/07/25 kWh
00:00-01:00	0,27	0,63	0,49	0,41	0,13	0,13	0,07	0,58	0,41	0,48	0,05	0,64	0,56	0,17	0,15
01:00-02:00	0,14	0,07	0,63	0,64	0,54	0,23	0,10	0,46	0,31	0,11	0,35	0,06	0,61	0,20	0,45
02:00-03:00	0,56	0,26	0,21	0,38	0,12	0,54	0,08	0,66	0,52	0,16	0,04	0,55	0,48	0,49	0,52
03:00-04:00	0,39	0,52	0,34	0,36	0,30	0,05	0,10	0,05	0,43	0,23	0,35	0,61	0,19	0,29	0,51
04:00-05:00	0,18	0,30	0,55	0,58	0,04	0,36	0,30	0,17	0,11	0,25	0,63	0,24	0,36	0,48	0,26
05:00-06:00	0,19	0,46	0,51	0,18	0,49	0,27	0,43	0,43	0,37	0,09	0,56	0,24	0,15	0,06	0,41
06:00-07:00	0,55	0,38	0,37	0,19	0,09	0,60	0,60	0,43	0,25	0,25	0,49	0,60	0,59	0,52	0,44
07:00-08:00	0,50	0,44	0,57	0,45	0,39	0,09	0,27	0,20	0,19	0,65	0,28	0,60	0,43	0,53	0,35
08:00-09:00	0,64	0,57	0,22	0,28	0,57	0,23	0,14	0,38	0,62	0,47	0,39	0,09	0,42	0,66	0,12
09:00-10:00	0,53	0,59	0,25	0,27	0,09	0,40	0,06	0,33	0,38	0,21	0,41	0,05	0,06	0,55	0,26
10:00-11:00	0,31	0,08	0,05	0,64	0,56	0,47	0,29	0,14	0,13	0,19	0,38	0,48	0,45	0,21	0,63
11:00-12:00	0,33	0,14	0,31	0,28	0,42	0,43	0,06	0,27	0,43	0,35	0,57	0,45	0,14	0,08	0,44
12:00-13:00	0,09	0,46	0,08	0,23	0,57	0,05	0,55	0,21	0,11	0,47	0,43	0,59	0,50	0,54	0,21
13:00-14:00	0,55	0,24	0,60	0,28	0,04	0,60	0,09	0,23	0,63	0,63	0,39	0,43	0,32	0,22	0,24
14:00-15:00	0,09	0,48	0,08	0,55	0,48	0,08	0,09	0,65	0,27	0,27	0,55	0,63	0,65	0,51	0,27
15:00-16:00	0,27	0,21	0,58	0,17	0,64	0,04	0,64	0,06	0,59	0,37	0,66	0,08	0,38	0,64	0,36
16:00-17:00	0,40	0,08	0,65	0,65	0,47	0,37	0,23	0,55	0,46	0,14	0,61	0,55	0,63	0,49	0,42
17:00-18:00	0,21	0,07	0,58	0,55	0,66	0,66	0,38	0,52	0,63	0,57	0,19	0,32	0,11	0,63	0,42
18:00-19:00	0,51	0,42	0,48	0,17	0,12	0,04	0,25	0,41	0,28	0,31	0,60	0,25	0,36	0,53	0,28
19:00-20:00	0,13	0,12	0,44	0,15	0,25	0,60	0,33	0,45	0,14	0,15	0,06	0,14	0,21	0,15	0,09
20:00-21:00	0,15	0,17	0,27	0,34	0,42	0,27	0,32	0,50	0,06	0,19	0,48	0,60	0,36	0,37	0,10
21:00-22:00	0,37	0,40	0,50	0,31	0,11	0,21	0,26	0,44	0,39	0,26	0,65	0,42	0,18	0,10	0,13
22:00-23:00	0,14	0,45	0,62	0,38	0,39	0,21	0,52	0,15	0,24	0,30	0,35	0,19	0,11	0,42	0,22
23:00-00:00	0,29	0,25	0,62	0,56	0,64	0,11	0,49	0,62	0,15	0,08	0,50	0,40	0,56	0,12	0,53



Hora	16/07/25 kWh	17/07/25 kWh	18/07/25 kWh	19/07/25 kWh	20/07/25 kWh	21/07/25 kWh	22/07/25 kWh	23/07/25 kWh	24/07/25 kWh	25/07/25 kWh	26/07/25 kWh	27/07/25 kWh	28/07/25 kWh	29/07/25 kWh	30/07/25 kWh	31/07/25 kWh
00:00-01:00	0,15	0,23	0,36	0,31	0,22	0,42	0,12	0,22	0,26	0,32	0,53	0,16	0,36	0,41	0,06	0,42
01:00-02:00	0,23	0,36	0,38	0,15	0,64	0,52	0,63	0,60	0,41	0,61	0,09	0,16	0,06	0,24	0,28	0,20
02:00-03:00	0,08	0,26	0,11	0,58	0,43	0,24	0,07	0,23	0,24	0,49	0,44	0,59	0,33	0,11	0,48	0,51
03:00-04:00	0,18	0,08	0,22	0,14	0,62	0,54	0,43	0,58	0,54	0,15	0,60	0,37	0,54	0,60	0,23	0,10
04:00-05:00	0,65	0,64	0,19	0,35	0,22	0,21	0,06	0,42	0,35	0,07	0,21	0,61	0,18	0,12	0,34	0,65
05:00-06:00	0,46	0,04	0,36	0,18	0,44	0,14	0,47	0,28	0,62	0,12	0,25	0,11	0,62	0,59	0,20	0,45
06:00-07:00	0,09	0,14	0,60	0,42	0,04	0,10	0,45	0,04	0,13	0,38	0,47	0,44	0,17	0,48	0,18	0,24
07:00-08:00	0,40	0,34	0,16	0,49	0,21	0,05	0,44	0,15	0,63	0,63	0,61	0,27	0,04	0,62	0,30	0,64
08:00-09:00	0,36	0,59	0,50	0,47	0,48	0,26	0,22	0,54	0,54	0,58	0,61	0,36	0,35	0,54	0,44	0,48
09:00-10:00	0,11	0,36	0,52	0,17	0,43	0,09	0,07	0,37	0,37	0,44	0,49	0,65	0,36	0,24	0,53	0,20
10:00-11:00	0,50	0,38	0,42	0,30	0,19	0,26	0,51	0,04	0,11	0,06	0,06	0,57	0,48	0,33	0,10	0,34
11:00-12:00	0,05	0,40	0,63	0,40	0,28	0,44	0,32	0,38	0,63	0,28	0,64	0,60	0,16	0,08	0,10	0,05
12:00-13:00	0,15	0,51	0,54	0,66	0,29	0,27	0,52	0,25	0,62	0,57	0,30	0,51	0,51	0,10	0,60	0,35
13:00-14:00	0,46	0,51	0,53	0,53	0,09	0,34	0,07	0,38	0,31	0,59	0,25	0,11	0,12	0,51	0,42	0,10
14:00-15:00	0,09	0,52	0,39	0,30	0,60	0,10	0,34	0,04	0,33	0,07	0,11	0,11	0,44	0,50	0,40	0,64
15:00-16:00	0,43	0,47	0,32	0,43	0,40	0,60	0,06	0,21	0,63	0,59	0,32	0,42	0,21	0,15	0,33	0,26
16:00-17:00	0,30	0,62	0,58	0,06	0,05	0,27	0,54	0,66	0,13	0,41	0,27	0,64	0,56	0,56	0,33	0,29
17:00-18:00	0,18	0,46	0,42	0,26	0,11	0,46	0,36	0,52	0,36	0,57	0,38	0,39	0,59	0,29	0,12	0,05
18:00-19:00	0,43	0,58	0,63	0,13	0,62	0,34	0,20	0,32	0,65	0,34	0,24	0,43	0,18	0,08	0,11	0,11
19:00-20:00	0,11	0,32	0,16	0,26	0,35	0,47	0,06	0,54	0,43	0,09	0,58	0,61	0,07	0,21	0,54	0,50
20:00-21:00	0,32	0,37	0,19	0,20	0,27	0,05	0,24	0,17	0,24	0,11	0,59	0,41	0,46	0,53	0,35	0,09
21:00-22:00	0,19	0,13	0,15	0,21	0,14	0,60	0,08	0,36	0,29	0,65	0,10	0,28	0,64	0,58	0,55	0,20
22:00-23:00	0,40	0,13	0,34	0,37	0,07	0,25	0,12	0,07	0,66	0,24	0,54	0,19	0,46	0,51	0,41	0,33
23:00-00:00	0,16	0,14	0,14	0,55	0,45	0,36	0,26	0,59	0,28	0,55	0,31	0,27	0,32	0,22	0,50	0,35



Anexo 13: Códigos de programación

Módulo Conteo

```

9  //-----Librerias-----
10
11 #include <WiFi.h>           //libreria para la conexion Wi-Fi
12 #include <PubSubClient.h>   //libreria para la comunicacion MQTT
13
14 //-----Pines sensores-----
15
16 #define ST_1 27             //pines del sensor 1
17 #define SE_1 26             //pines del sensor 1
18
19 #define ST_2 14             //pines del sensor 2
20 #define SE_2 12             //pines del sensor 2
21
22 //-----Configuracion de la Red-----
23
24 const char* ssid = "Byron";   //conectar al wifi
25 const char* password = "123456789"; //contraseña del wifi
26
27 //-----Config MQTT-----
28
29 const char* mqtt_server = "broker.emqx.io"; //servidor al cual se va a conectar paara el mqtt
30 const int mqtt_port = 1883; //puerto del servidor
31 const char* mqtt_user = ""; //usuario pero en este caso no tiene y va vacio
32 const char* mqtt_pass = ""; //contraseña pero en este caso no tiene y va vacio
33 const char* root_topic_subscribe = "MOD_CENTRAL"; //topic de donde suscribirá y recibirá los mensajes
34 const char* root_topic_publish = "RED_CONTA"; //topic donde publicará los datos
35
36 WiFiClient espClient; //objeto que maneja la conexión del esp32 al Wi-Fi.
37 PubSubClient client(espClient); //objeto para la comunicación con MQTT
38
39 //-----Variables-----
40
41 const int rangoMaximo = 50; //define el rango máximo para detectar personas (50 cm)
42 int estado = 0; //controla el estado del contador (0 = esperando, 1 = persona detectada, 2 = esperando segunda persona)
43 int personas = 0; //contador del número de personas detectadas
44
45 unsigned long tiempoInicio = 0; //guarda el tiempo de la primera detección de persona
46 unsigned long ultimoCambio = 0; //guarda el tiempo del último cambio de estado
47
48 //----- SETUP-----
49
50 void setup() {
51     Serial.begin(115200); //inicia la comunicación con la computadora para ver mensajes en el monitor serial
52
53     pinMode(ST_1, OUTPUT); //configura el pin ST_1 para enviar señales
54     pinMode(SE_1, INPUT); //configura el pin SE_1 para recibir señales
55     pinMode(ST_2, OUTPUT); //configura el pin ST_2 para enviar señales
56     pinMode(SE_2, INPUT); //configura el pin SE_2 para recibir señales
57
58     Serial.println("Contador de personas iniciado"); //muestra un mensaje para saber que todo comenzó bien
59
60     setup_wifi(); //conecta el ESP32 a la red Wi-Fi(inicia el void que está mas abajo)
61
62     client.setServer(mqtt_server, mqtt_port); //configura el servidor donde se enviarán los datos (MQTT)
63     client.setKeepAlive(60); //mantiene la conexión con el servidor cada 60 segundos
64     client.setCallback(callback); //configura que hacer cuando se recibe un mensaje por MQTT
65 }

```



```

67 // ----- CONEXIÓN WIFI-----
68 void setup_wifi() { //función para iniciar la conexión del wifi
69     Serial.print("Conectando a WiFi"); //imprime un mensaje de conexión
70     WiFi.begin(ssid, password); //se conecta a la red especificada anteriormente
71     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { //mientras el estado del wifi no sea conectado
72         Serial.print("."); //se imprimen puntos
73         delay(1000); //espera 1 segundo antes de intentar nuevamente
74     }
75     Serial.println("\nWiFi conectado"); //se imprime wifi conectado
76     Serial.print("IP: ");
77     Serial.println(WiFi.localIP()); //imprime el ip asignado al esp32
78 }
79
80 void mantenerWifiConectado() { //función para mantener el Wifi conectado
81     if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { //si no está conectado al Wifi
82         Serial.println("Reconectando WiFi..."); //muestra mensaje en el monitor serial
83         WiFi.disconnect(); //desconecta cualquier conexión previa
84         WiFi.begin(ssid, password); //intenta conectarse con SSID y contraseña
85         delay(1000); //espera 1 segundo
86     }
87 }
88
89 //-----Callback MQTT-----//funcion que se ejecuta cada vez que llega un mensaje MQTT
90
91 void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) { //es la función que se ejecuta automáticamente cuando el ESP32 recibe un mensaje,
92     Serial.print("Mensaje recibido en "); //imprime un texto indicando que llegó un mensaje
93     Serial.print(topic); //imprime el nombre del tópico donde llegó el mensaje
94     Serial.print(": "); //imprime dos puntos después del nombre del topic
95     String msg; //declara una variable tipo String para guardar el mensaje recibido
96     for (int i = 0; i < length; i++) {
97         msg += (char)payload[i]; //convierte cada byte recibido a carácter y lo suma al mensaje
98     }
99     Serial.println(msg); //imprime el mensaje completo recibido
100
101     if (msg == "RESET") { //si el mensaje recibido es exactamente "RESET"
102         personas = 0; //reinicia el valor de la variable personas a cero
103         Serial.println("Contador reiniciado."); //imprime un aviso de que el contador se reinició
104         publicarPersonas(); //llama a la función para publicar el nuevo valor por MQTT(funcion detallada posteriormente)
105     }
106 }
107
108 // ----- RECONNECT MQTT-----
109
110 void reconnect_mqtt() { //función para reconectar al broker MQTT si está desconectado
111     static unsigned long lastAttempt = 0; //guarda el tiempo del último intento (solo se inicializa una vez)
112     if (millis() - lastAttempt < 5000) return; //si han pasado menos de 5 segundos, no intenta reconectar aún
113     lastAttempt = millis(); //actualiza el tiempo del último intento
114
115     Serial.print("Conectando al MQTT..."); //muestra mensaje de intento de conexión
116     String clientId = "ESP32_Client_" + String(random(0xffff), HEX); //crea un ID de cliente aleatorio en formato hexadecimal
117     if (client.connect(clientId.c_str(), mqtt_user, mqtt_pass)) { //intenta conectar al broker con ese ID y credenciales
118         Serial.println("Conectado!"); //si conecta, muestra mensaje de éxito
119         client.subscribe(root_topic_subscribe); //se suscribe al topic de interés
120     } else {
121         Serial.print("Error: "); //si falla, muestra error
122         Serial.println(client.state()); //muestra el estado del error (número que indica qué falló)
123     }
124 }
125
126
127 // -----PUBLICAR MQTT-----
128
129 void publicarPersonas() { //función que envía el número de personas por MQTT
130     if (!client.connected()) return; //si el cliente no está conectado al broker, no hace nada
131
132     String mensaje = String(personas); //convierte el número de personas (int) a texto (String)
133     client.publish(root_topic_publish, mensaje.c_str()); //publica el mensaje en el topic definido
134     Serial.println("Publicando personas: " + mensaje); //imprime el mensaje que se acaba de publicar
135 }
136
137
138 // ----- MEDIR DISTANCIA-----
139
140 float medirDistancia(int trig, int echo) { //función que mide la distancia usando un sensor ultrasónico
141     digitalWrite(trig, LOW); //apaga el pin TRIG para asegurarse que empieza limpio
142     delayMicroseconds(2); //espera 2 microsegundos (necesario por especificación del sensor)
143     digitalWrite(trig, HIGH); //enciende TRIG para enviar el pulso ultrasónico
144     delayMicroseconds(10); //mantiene el pulso durante 10 microsegundos
145     digitalWrite(trig, LOW); //apaga el TRIG después del pulso
146
147     long duracion = pulseIn(echo, HIGH, 30000); //mide cuánto tiempo tarda el eco en regresar (máximo 30 milisegundos)
148
149     return duracion * 0.034 / 2; //convierte tiempo a distancia en cm (velocidad del sonido)
150 }

```



```

152 // -----LOOP-----
153
154 void loop() {                                     //función que se repite constantemente (ciclo principal)
155
156     mantenerWifiConectado();                       //verifica que el WiFi esté conectado(definido anteriormente)
157
158     if (!client.connected()) {                     //si el cliente MQTT no está conectado
159         reconnect_mqtt();                           //intenta reconectarse al broker MQTT ejecutando la funcion reconnect
160     }
161     client.loop();                                 //aseguramos y mantenemos viva la conexión MQTT y gestiona mensajes(con la funcion client.loop)
162
163     unsigned long ahora = millis();                 //guarda el tiempo actual (en milisegundos desde que se encendió el ESP)(millis es la funcion que usamos)
164
165     if (ahora - ultimoCambio < 1500) return;        //si pasa menos de 1.5 segundos desde el último cambio, no hace nada
166
167     float dist1 = medirDistancia(ST_1, SE_1);       //mide distancia del sensor 1
168     float dist2 = medirDistancia(ST_2, SE_2);       //mide distancia del sensor 2
169
170     if (estado == 0) {                             //si no hay ninguna secuencia activa
171         if (dist1 > 0 && dist1 < rangoMaximo) {      //si el sensor 1 detecta algo cerca
172             estado = 1;                             //cambia estado a 1 (esperando que sensor 2 detecte)
173             tiempoInicio = ahora;                     //guarda el tiempo de inicio de la secuencia
174             Serial.println("Sensor 1 activado: esperando sensor 2...");
175         } else if (dist2 > 0 && dist2 < rangoMaximo) { //si el sensor 2 detecta algo cerca
176             estado = 2;                             //cambia estado a 2 (esperando que sensor 1 detecte)
177             tiempoInicio = ahora;                     //guarda tiempo de inicio de la secuencia
178             Serial.println("Sensor 2 activado: esperando sensor 1...");
179         }
180
181     } else if (estado == 1) {                         //si el sensor 1 ya se activó
182         if (dist2 > 0 && dist2 < rangoMaximo) {      //ahora sensor 2 se activa (persona entró)
183             personas++;                               //aumenta el contador de personas
184             Serial.println("Persona ENTRÓ");
185             Serial.print("Total personas: ");
186             Serial.println(personas);
187             estado = 0;                               //vuelve al estado inicial
188             ultimoCambio = ahora;                     //guarda el tiempo del último cambio
189             publicarPersonas();                       //publica el nuevo conteo por MQTT
190         }
191
192     } else if (estado == 2) {                         //si el sensor 2 se activó primero
193         if (dist1 > 0 && dist1 < rangoMaximo) {      //ahora sensor 1 se activa (persona salió)
194             if (personas > 0) personas--;            //resta al contador (pero no baja de cero)
195             Serial.println("Persona SALIÓ");
196             Serial.print("Total personas: ");
197             Serial.println(personas);
198             estado = 0;                               //vuelve al estado inicial
199             ultimoCambio = ahora;                     //guarda el tiempo del último cambio
200             publicarPersonas();                       //publica el nuevo conteo por MQTT
201         }
202
203     }
204     if (estado != 0 && (ahora - tiempoInicio > 10000)) { //si hay una secuencia activa, pero pasó más de 10 seg sin completarse
205         Serial.println("Tiempo agotado. Secuencia incompleta. Reseteando...");
206         estado = 0;                                   //cancela la secuencia
207         ultimoCambio = ahora;                         //reinicia el tiempo
208     }
209
210     delay(100);                                       //espera 100 ms antes de repetir el loop
211 }
212

```

Modulo de control lumínico

```

8  #include <WiFi.h>                                //libreria para la conexion Wi-Fi
9  #include <PubSubClient.h>                        //libreria para la comunicacion MQTT
10 #include <HardwareSerial.h>                      //libreria para la comunicacion serie Bt
11 #include <Wire.h>                                //libreria para la comunicación I2C (sensor luz)
12 #include <BH1750.h>                              //libreria del sensor de luz BH1750
13
14 //-----CONEXIONES DE PINES-----
15
16 #define ZEROCROSS_PIN 25                          // Pin 25 para detectar el cruce por cero de la señal AC
17 #define TRIAC_PIN 26                              // Pin 26 para controlar el TRIAC (encender/apagar el foco)
18 #define RXD2 16                                    // Pin 16 para recibir datos (comunicación serie RX)
19 #define TXD2 17                                    // Pin 17 para transmitir datos (comunicación serie TX)
20
21 //-----Configuracion de la Red-----
22
23 const char* ssid = "Byron_Carrillo";              //conectar al wifi
24 const char* password = "13_12#15";               //contraseña del wifi
25

```



```

25
26 //-----Configuración MQTT-----
27
28 const char *mqtt_server = "broker.emqx.io"; // Dirección del broker MQTT
29 const int mqtt_port = 1883; // Puerto para conexión MQTT (estándar)
30 const char *mqtt_user = ""; // Usuario MQTT No hay usuario para la conexión
31 const char *mqtt_pass = ""; // Contraseña MQTT No hay contraseña para la conexión
32 const char *topic_control = "MOD_CENTRAL"; // Topico para recibir comandos del modulo central
33 const char *topic_luces = "RED_LUCES"; // Topico para publicar
34 const char *topic_personas = "RED_CONTA"; // Topico para recibir comandos del modulo contador
35
36 //-----Objetos de las librerías-----clase,objeto
37
38 WiFiClient espClient; //Objeto que maneja la conexión Wi-Fi.
39 PubSubClient client(espClient); //Objeto para la comunicación MQTT.
40 BH1750 lightSensor; // Objeto para manejar el sensor de luz BH1750
41 HardwareSerial SerialBT(2); // Puerto serial hardware 2 para Bluetooth
42
43 //-----Variables de control-----
44
45 bool foco_manual = false; // Variable que indica si el foco está en modo manual (true) o automático (false) bool tiene dos estados
46 bool foco_auto_habilitado = true; // Variable que habilita o deshabilita el control automático de la intensidad
47 volatile int desiredIntensity = 0; // Variable que guarda la intensidad deseada del foco volatile indica que puede ser una variable modificada
48 float lux = 0; // Variable que guarda el nivel de luz medido por el sensor BH1750
49 int personas = 0; // Variable que almacena el número de personas detectadas
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69 // -----NDOS DIRECTOS DESDE MOD_CENTRAL ---- // Seccion que maneja los comandos recibidos desde el módulo central a través de MQTT
70
71 if (String(topic) == topic_control) { //si el mensaje recibido es del tópico 'topic_control'
72     if (msg == "ON_L") { //si el mensaje es "ON_L"
73         desiredIntensity = 245; //establece la intensidad del foco al máximo (255 podría ser el maximo, pero 245 es el valor asignado)
74         foco_manual = true; //pone el foco en modo manual (controlado por el usuario)
75         foco_auto_habilitado = false; //deshabilita el control automatico de la intensidad de la luz
76         Serial.println("foco ACTIVADO (Manual)"); //imprime en el monitor serial "foco ACTIVADO (Manual)"
77     } else if (msg == "OFF_A") { //si el mensaje es "OFF_A"
78         desiredIntensity = 0; //apaga el foco (intensidad 0)
79         foco_manual = false; //pone el foco en modo automático (el sistema controlará la intensidad de la luz)
80         foco_auto_habilitado = true; //habilita el control automático de la intensidad de la luz
81         Serial.println("foco DESACTIVADO (Automático)"); //imprime en el monitor serial "foco DESACTIVADO (Automático)"
82     } else if (msg == "OFF_L") { //si el mensaje es "OFF_L"
83         desiredIntensity = 0; //apaga el foco (intensidad 0)
84         foco_manual = true; //pone el foco en modo manual (el usuario tiene control)
85         foco_auto_habilitado = false; //deshabilita el control automático de la intensidad
86         Serial.println("foco APAGADO (Manual)"); //imprime en el monitor serial "foco APAGADO (Manual)"
87     }
88 }
89
90 // ----- PARA VER SI HAY ALGUIEN ----- // Controla el encendido del foco según el número de personas detectadas
91
92 else if (String(topic) == topic_personas) { //si el mensaje recibido es del tópico 'topic_personas' (información sobre personas detectadas)
93     int valor = msg.toInt(); //convierte el mensaje recibido (que es un String) a un valor entero (número de personas)
94
95     if (valor == 0) { //si el valor es 0 (no hay personas)
96         desiredIntensity = 0; //apaga el foco (intensidad 0)
97         foco_manual = true; //pone el foco en modo manual
98         foco_auto_habilitado = true; //habilita el control automático (si estaba deshabilitado)
99         Serial.println("No hay personas"); //imprime en el monitor serial "No hay personas"
100     } else if (valor > 0 && foco_auto_habilitado) { //si hay más de 0 personas y el modo automático está habilitado
101         foco_manual = false; //pone el foco en modo automático
102         Serial.println("Persona detectada"); //imprime en el monitor serial "Persona detectada"
103     }
104
105     personas = valor; //almacena el número de personas detectadas en la variable 'personas'
106 }
107
108 //-----Interrupción de cruce por cero-----//funcion que se ejecuta cuando detecta el cruce por cero de la corriente alterna
109
110 void IRAM_ATTR zeroCrossInterrupt() { //funcion llamada cuando el pin de cruce por cero (ZERO-CROSS) detecta el cruce
111     if (desiredIntensity > 0) { //si la intensidad deseada es mayor que 0 (es decir, si queremos que la luz esté encendida)
112         int delayMicros = map(desiredIntensity, 0, 255, 8333, 0); //mapea la intensidad del 0 al 255 a un rango de tiempo para controlar la luz
113         delayMicroseconds(delayMicros); //hace una pausa para ajustar el tiempo de encendido del TRIAC (control de la luz)
114         digitalWrite(TRIAC_PIN, HIGH); //activa el TRIAC (enciende la luz)
115         delayMicroseconds(100); //mantiene el TRIAC encendido por 100 microsegundos
116         digitalWrite(TRIAC_PIN, LOW); //apaga el TRIAC (apaga la luz)
117     }
118 }

```



```

159 //-----SETUP----- //funcion de configuración inicial que se ejecuta solo una vez al principio
160
161 void setup() {
162     Serial.begin(115200); //inicia la comunicación serial a 115200 baudios para mostrar datos en el monitor serial
163     Wire.begin(); //inicia la comunicación I2C (usada para los sensores como el BH1750)
164     SerialBT.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2); //inicia la comunicación serial por Bluetooth con configuración de 9600 baudios
165
166     pinMode(TRIAC_PIN, OUTPUT); //configura el pin del TRIAC como salida (el TRIAC controla la luz)
167     digitalWrite(TRIAC_PIN, LOW); //inicializa el TRIAC apagado (estado bajo)
168
169     lightSensor.begin(BH1750::CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE); //inicializa el sensor BH1750 en modo de alta resolución continua
170     attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(ZEROCROSS_PIN), zeroCrossInterrupt, RISING); //configura la interrupción para detectar el cruce por cero
171
172     setup_wifi(); //llama a la función que conecta el ESP32 a la red WiFi
173     client.setServer(mqtt_server, mqtt_port); //configura el servidor MQTT para que el cliente se conecte al broker
174     client.setCallback(callback); //establece la función callback para manejar los mensajes recibidos por MQTT
175 }
176
177 //-----LOOP----- //esta es la función principal que se ejecuta repetidamente en el ESP32.
178
179 void loop() {
180     if (!client.connected()) { //si el cliente MQTT no está conectado
181         reconnect_mqtt(); //reconecta al broker MQTT (llama a la función 'reconnect_mqtt')
182     }
183     client.loop(); //ejecuta la comunicacion y mantiene la comunicacion con el mqtt los mensajes recibidos
184
185     lux = lightSensor.readLightLevel(); //obtenemos el valor de luminancia (luz ambiental) usando el sensor BH1750.
186
187     if (!foco_manual) { //si el foco no está en modo manual esta en automatico se ejecuta lo siguiente
188         if (lux > 100) { //si el nivel de luz es mayor que 100 (es un valor arbitrario)
189             desiredIntensity = 0; //apaga el foco (intensidad = 0)
190         } else { //si el nivel de luz es bajo
191             desiredIntensity = map(lux, 0, 100, 245, 50); //ajusta la intensidad de la luz según el nivel de luz ambiente (lux) mapea si la luminosidad es de 0-100 ajusta la intensidad de 245-50
192         }
193     }
194
195     unsigned long ahora = millis(); //obtiene el tiempo actual en milisegundos desde que el ESP32 arrancó
196     if (ahora - ultimaPublicacion > tiempoEnvio) { //si ha pasado el tiempo de envío (es decir, 20 segundos)
197         publicarDatos(); //llama a la función 'publicarDatos' para enviar los datos por MQTT
198         ultimaPublicacion = ahora; //actualiza el tiempo de la última publicación
199     }
200
201     delay(20); //hace una pequeña pausa de 20 milisegundos antes de continuar con el siguiente ciclo
202 }

```

Modulo de tomarcorriente

```

//-----CONFIGURACION DE ENTRADAS/SALIDAS-----
void setup() {
    Serial.begin(115200); //Inicia la comunicación serial por USB
    Wire.begin(SDA_PIN, SCL_PIN); //es para iniciar la comunicación I2C usando los pines SDA y SCL que definimos al inicio
    SerialBT.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2); //Inicializa el puerto serial hardware 2 para Bluetooth
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT); //Configura el pin del relé como salida digital para poder controlar el encendido/apagado.
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // Relé apagado al inicio

    setup_wifi(); //conectamos al wifi al iniciar la funcion se encuentra mas abajo
    client.setServer(mqtt_server, mqtt_port); //funcion donde decimos al esp32 a que servidor y puerto conectarse para enviar y recibir mensajes
    client.setCallback(callback); //decimos que los mensajes que nos lleguen se ejecutará la funcion callback

    if (!ads.begin()) { //inicializamos la comunicacion del convertidor y si no esta conectado nos sale este mensaje
        Serial.println("No hay datos del ADS1115");
        while (1); //el Programa queda atrapado en un bucle sin fin, no avanza
    }
    ads.setGain(GAIN_TWO); //la ganancia para regular los valores medidor en el convertidor setea +-2.048V
}

//-----LOOP PRINCIPAL-----
void loop() {
    if (!client.connected()) { //si el cliente no se conecta
        reconnect_mqtt(); //llamamos a la funcion de reconexion para que se reconecte
    }
    client.loop(); //mantenemos la comunicacion con el mqtt los mensajes recibidos

    float CorrienteRMS = getCorriente(); //llamamos a la funcion getCorriente realizado al final del codigo y asignamos al nombre de CorrienteRMS
    float Potencia = 110.0 * CorrienteRMS; //calculamos la potencia

    if (CorrienteRMS < 0.01) CorrienteRMS = 0; //si la corriente es menor a 0.001 decimos que la corriente es 0
    if (Potencia < 0.5) Potencia = 0; //si la potencia es menor a 0.5 decimos que la potencia es 0 para evitar valores falsos

    //----- Solo en modo automático -----

    if (!relay_manual) { // Si no está en modo manual, entonces está en modo automático
        if (Potencia > potenciaR) { // Si la potencia medida es mayor que el umbral (potenciaR)
            digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Enciende el relé
            Serial.println("Potencia Elevada"); //Imprimimos potencia elevada
            client.publish(root_topic_publish, "1000"); //publica que la potencia esta alta
        } else { // si no se cumple la potencia elevada
            digitalWrite(RELAY_PIN, LOW); // APAGAR el relé
            String mensaje = String(Potencia, 2); //convertimos el valor flotante de potencia a una cadena de texto de 2 decimales
            client.publish(root_topic_publish, mensaje.c_str()); // publicamos el mensaje en red_interruptor y convertimos el mensaje en cadena de caracteres para ser leído por mqtt
            Serial.println(mensaje); //imprimimos el mensaje
        }
    }
}

```



```

//----- Control manual desde MOD_CENTRAL-----

if (t == root_topic_subscribe) {
    if (msg == "ON_R") {
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
        relay_manual = true;
        Serial.println("Relé ENCENDIDO (Manual)");
    } else if (msg == "OFF_R") {
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        relay_manual = false;
        Serial.println("Relé APAGADO (Manual)");
    }
}

//----- Control por número de personas -----

else if (t == root_topic_personas) {
    int valor = msg.toInt();

    if (valor == 0) {
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
        relay_manual = true;
        Serial.println("No hay Personas");
    }

    else if (valor > 0 && relay_manual) {
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        relay_manual = false;
        Serial.println("Hay Personas");
    }
}

//-----Obtener la corriente RMS-----

float getCorriente() {
    float Volt_diferencial;
    float corriente;
    float sum = 0;
    long tiempo = millis();
    int counter = 0;

    while (millis() - tiempo < 1000) {
        Volt_diferencial = ads.readADC_Differential_0_1() * multiplier;
        corriente = Volt_diferencial * FACTOR / 1000.0;
        sum += sq(corriente);
        counter++;
    }
}

```

Instalación del prototipo en la vivienda



Módulo de conteo



Módulo de tomacorriente



Aplicación móvil
y Módulo central



Conexión sensor de
corriente en la caja principal





Anexo 14: Fichas técnicas

Rele SRD-05VDC

DESCRIPCIÓN

INFO



Dentro de la gran variedad de proyectos que podemos realizar con Arduino, podemos llegar a desear controlar componentes de alto voltaje o alto amperaje, como bombillas o bombas de agua, los cuales no pueden ser manejados directamente con Arduino. En estos casos es necesario utilizar Relays o Reles, estos dispositivos permiten controlar cargas de alto voltaje con una señal pequeña.

El Relay SRD-05VDC fabricado por Songle puede manejar cargas de hasta 250V/10A. Su pequeño tamaño lo hace ideal para diseños donde el tamaño es importante. Para conectar este relay con nuestro Arduino/Pic/Raspberry Pi es necesario utilizar un driver intermedio entre el Arduino y el Relay, el driver puede ser un simple transistor BJT NPN (2N2222, BC537) o utilizar un integrado como el ULN2803 o ULN2003. Este relay trabaja con 5V DC por lo que se puede alimentar con la misma fuente del sistema de control, se recomienda utilizar condensadores bypass en la alimentación (10uF/100uF) y un diodo (1N4007) en modo flyback en paralelo con la bobina del relay.

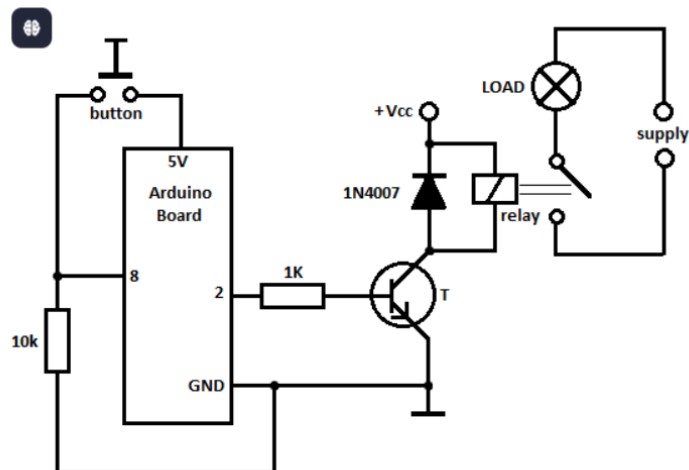
Para la programación de Arduino y Relays se recomienda el uso de timers con la función "millis()" y de esa forma no utilizar la función "delay" que impide que el sistema continúe trabajando mientras se activa/desactiva un relay.

Entre las cargas que se pueden manejar tenemos: bombillas de luz, luminarias, motores AC (220V), motores DC, solenoides, electroválvulas, calentadores de agua y una gran variedad de actuadores más. Se recomienda realizar y verificar las conexiones antes de alimentar el circuito, también es una buena práctica proteger el circuito dentro de un case.

NOTA: EL VOLTAJE DE 220V AC ES MUY PELIGROSO! MANEJADO INCORRECTAMENTE PUEDE CAUSAR LA MUERTE! POR ESO DEBEMOS SER MUY CUIDADOSOS AL REALIZAR LAS CONEXIONES. NAYLAMP MECHATRONICS NO SE RESPONSABILIZA POR LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL MAL USO DE ESTE MODULO.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación bobina: 5V DC
- Corriente bobina: 75 mA
- Voltaje máximo de carga: 240V AC/ 30V DC
- Corriente máxima de carga: 10A
- Contactos: 1 NO, 1 NC
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms





Sensor de corriente SCT-013

Model: SCT-013

Rated input current: 5A/100A

Characteristics: Opening size: 13mm*13mm,
Non-linearity $\pm 3\%$ (10%—120% of rated input current)
1m leading wire, standard $\Phi 3.5$ three core plug output.
Current output type and voltage output type (voltage output
type built-in sampling resistor)

Purpose: Used for current measurement, monitor and protection for AC motor,
lighting equipment, air compressor etc

Core material: ferrite

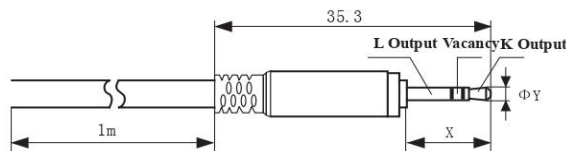
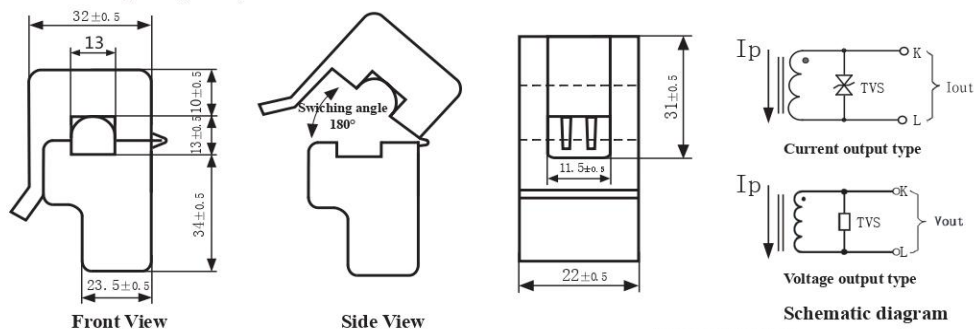
Mechanical strength: the number of switching is not less than 1000 times(test at 25°C)

Safety index: Dielectric strength(between shell and output)1000V AC/1min

Fire resistance property: In accordance with UL94-Vo

Work temperature: -25°C ~ +70°C

Outline size diagram: (in mm)



Three-core plug size

	X	Y	
2.5mm Audio Plug	11.9	2.5	Optional
3.5mm Audio Plug	15.0	3.5	standard

Table of technical parameter:

Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output type	0-50mA	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-000V
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	0-100A
Output type	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V

※ Output type: voltage output type built-in sampling resistor, current output type built-in protective diode.

Tel: 86-13933609279 Fax: 86-7929499-804 skype:macymeng1
Web (China): www.yhdc.com Web (Latvia): www.yhdc.lv



Sensor ultrasonico HC-SR04

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Corriente de reposo: < 2mA
- Corriente de trabajo: 15mA
- Rango de medición: 2-450 cm
- Precisión: ± 3 mm
- Ángulo de apertura: 15°
- Frecuencia de ultrasonido: 40KHz
- Duración mínima del pulso de disparo TRIG (nivel TTL): 10 μ s
- Duración del pulso ECO de salida (nivel TTL): 100-25000 μ s
- Dimensiones: 45*20*15 mm
- Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra 20ms (recomendable 50ms)



CONEXIÓN

1. VCC: +5V DC
2. TRIG: Disparo del ultrasonido
3. ECHO: Recepción del ultrasonido
4. GND: Tierra: 0V

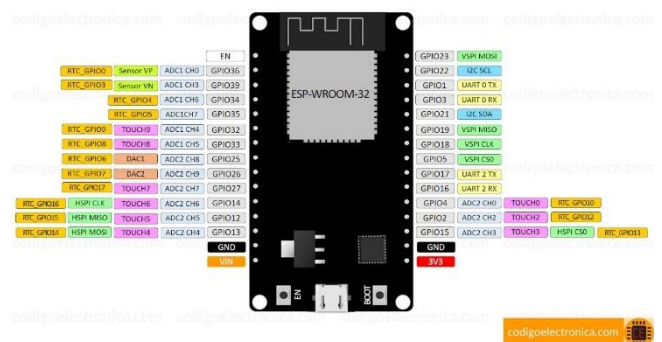
Microcontrolador ESP32

Características clave de WiFi

- 802.11 b / g / n
- 802.11 n (2.4 GHz), hasta 150 Mbps
- WMM
- TX / RX A-MPDU, RX A-MSDU
- Immediate Block ACK
- Desfragmentación
- Monitoreo automático de balizas (hardware TSF)
- 4 interfaces Wi-Fi virtuales
- Compatibilidad simultánea con los modos Infrastructure Station, SoftAP y Promiscuo. cambiará el canal SoftAP.
- Diversidad de antenas

Características clave de BT

- Cumple con las especificaciones Bluetooth v4.2 BR / EDR y BLE
- Transmisor de clase 1, clase 2 y clase 3 sin amplificador de potencia externo
- Control de potencia mejorado
- +12 dBm de potencia de transmisión
- Receptor NZIF con sensibilidad BLE de -94 dBm
- Salto de frecuencia adaptable (AFH)
- HCI estándar basado en SDIO / SPI / UART
- UART HCI de alta velocidad, hasta 4 Mbps
- Controlador de modo dual Bluetooth 4.2 BR / EDR BLE
- Orientado / extendido a conexión síncrona (SCO / eSCO)
- CVSD y SBC para códec de audio
- Piconet y Scatternet Bluetooth
- Conexiones múltiples en Classic BT y BLE





Sensor de Luz

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

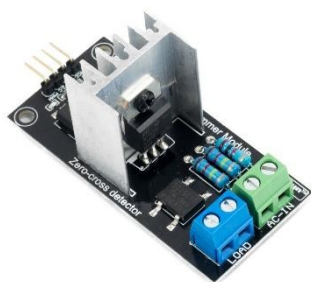


- Voltaje de Operación: 3V – 5V DC
- Módulo: GY-302
- Sensor: BH1750
- Interfaz digital a través de bus I2C con capacidad de seleccionar entre 2 direcciones
- Respuesta espectral similar a la del ojo humano
- Realiza mediciones de iluminancia y convierte el resultado a una palabra digital
- Amplio rango de medición 1-65535 lux
- Modo de bajo consumo de energía
- Rechazo de ruido a 50/60 Hz
- Baja dependencia de la medición contra la fuente de luz: halógeno, led, incandescente, luz de día, etc.

INCLUYE

- 1x Módulo GY-302
- 1x 5-pin Header macho

Módulo dimmer



- Voltaje de Control: 3.3-5V DC
- Voltaje de Carga: 110/220V AC (máx.)
- Frecuencia AC: 50/60 Hz
- Corriente nominal carga: 2A
- Corriente máxima carga: 5A
- Potencia de carga: 440W máx.
- Triac: BTA16-600B
- Aislamiento óptico con: MOC3021 y 4N25
- Dimensiones: 63*30*32 mm
- Peso: 24 gramos