

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO

---

SISTEMA DE ANÁLISIS DE TENDENCIAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN  
UN HOGAR UNIFAMILIAR DE LA REGIÓN ÁNCASH INTEGRANDO  
DISPOSITIVOS INTELIGENTES MEDIANTE EL SOFTWARE DE  
AUTOMATIZACIÓN HOME ASSISTANT

---

Línea de investigación: Sistemas cognitivos

Autores:

Cortez Ravelo, Juan Daniel  
Pinedo Rivera, Herles Alejandro

Jurado evaluador:

Presidente : Ms. Luis Enrique Alvarado Rodriguez  
Secretario : Ms. Ovidio Hildebrando Ramos Rojas  
Vocal : Luis Alberto Vargas Diaz

Asesor:

Jorge Luis Alva Alarcón  
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1288-933X>

Trujillo-Perú  
2024

Fecha de Sustentación: 18/07/2024

---

# Informe de tesis Cortez\_Pinedo

por Juan Cortez Ravelo



---

Fecha de entrega: 20-jun-2024 02:28p.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2166394117  
Nombre del archivo: AVANCE\_TESIS\_HA\_Beta\_v.1.4\_.docx (4.66M)  
Total de palabras: 15566  
Total de caracteres: 85937

---

## Informe de tesis Cortez\_Pinedo

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas Apagado  
Excluir bibliografía Apagado

Excluir coincidencias < 3%



## Jurado de sustentación Oral

---

Alvarado Rodriguez Luis Enrique:

N° CIP: 149200

Presidente

---

Ramos Rojas Ovidio Hildebrando

N° CIP: 92622

Secretario

---

Vargas Diaz Luis Alberto

N° CIP: 104175

Vocal

Entregado el:

Aprobado por:



---

Juan Daniel Cortez Ravelo

DNI: 73423979



---

Herles Alejandro Pinedo Rivera

DNI: 71215158



---

Jorge Luis Alva Alarcón

Asesor de Tesis

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO

---

SISTEMA DE ANÁLISIS DE TENDENCIAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN  
UN HOGAR UNIFAMILIAR DE LA REGIÓN ÁNCASH INTEGRANDO  
DISPOSITIVOS INTELIGENTES MEDIANTE EL SOFTWARE DE  
AUTOMATIZACIÓN HOME ASSISTANT

---

Línea de investigación: Sistema cognitivos

Autores:

Cortez Ravelo Juan Daniel  
Pinedo Rivera Herles Alejandro

Jurado evaluador:

Presidente : Ms. Luis Enrique Alvarado Rodriguez  
Secretario : Ms. Ovidio Hildebrando Ramos Rojas  
Vocal : Luis Alberto Vargas Diaz

Asesor:

MSc. Ing. Jorge Luis Alva Alarcón  
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1288-933X>

Trujillo-Perú  
2024

Fecha de Sustentación: 15/07/2024

## DECLARACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Jorge Luis Alva Alarcón docente del Programa de Estudio de Pregrado de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis titulada “SISTEMA DE ANÁLISIS DE TENDENCIAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN HOGAR UNIFAMILIAR DE LA REGIÓN ÁNCASH INTEGRANDO DISPOSITIVOS INTELIGENTES MEDIANTE EL SOFTWARE DE AUTOMATIZACIÓN HOME ASSISTANT”, de los autores Juan Daniel Cortez Ravelo y Herles Alejandro Pinedo Rivera

El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 0%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 20 de Junio del 2024.

He revisado con detalle dicho reporte de la tesis “SISTEMA DE ANÁLISIS DE TENDENCIAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN UN HOGAR UNIFAMILIAR DE LA REGIÓN ÁNCASH INTEGRANDO DISPOSITIVOS INTELIGENTES MEDIANTE EL SOFTWARE DE AUTOMATIZACIÓN HOME ASSISTANT” y no se advierte indicios de plagio.

Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo 05 de Julio del 2024.



---

Juan Daniel Cortez Ravelo

DNI: 73423979



---

Herles Alejandro Pinedo Rivera

DNI: 71215158



---

Jorge Luis Alva Alarcón

DNI: 40294924

Código Orcid: 0000-0003-1288-933X

## **DEDICATORIA**

A mis padres Daniel y Mirtha, cuyo apoyo constante y dedicación han sido esenciales en mi desarrollo académico y personal. Su ejemplo de perseverancia y trabajo duro ha sido una inspiración constante, y este informe es un reflejo de todo lo que he aprendido gracias a ellos.

***Juan Daniel Cortez Ravelo***

A Porfirio y Esperanza, mis queridos padres, quienes día a día me brindaron su apoyo incondicional y motivaron a siempre creer en mí y mis habilidades. A mis hermanos, Wendy y Yannlui, quienes son parte fundamental durante todo este proceso de formación profesional.

***Herles Alejandro Pinedo Rivera***

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Privada Antenor Orrego por la formación académica impartida, puesto que gracias a esos conocimientos nos es posible presentar este trabajo de investigación.

A todos los ingenieros de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica, los cuales nos proporcionaron las enseñanzas necesarias para nuestra formación tanto en la vida como en lo profesional.

A nuestros padres quienes nos apoyaron en todo momento y con su esfuerzo nos han brindado el regalo más valioso de la vida, la educación; gracias a ustedes hemos llegado a donde estamos. Y un especial agradecimiento a nuestro asesor, el Msc. Ing. Jorge Luis Alva Alarcón, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente tesis.

## RESUMEN

Este trabajo muestra la implementación de un software de automatización de código abierto (Home Assistant) como centro de un sistema de análisis de tendencias del consumo energético de un hogar unifamiliar de la región Áncash mediante la integración de dispositivos inteligentes con medidores de energía, los cuales monitorearon los electrodomésticos y equipos que son los principales focos de consumo de energía en una vivienda promedio. Se utilizó un ordenador de placa reducida Raspberry Pi y una tarjeta micro SD para albergar el software mencionado. Este sistema cuenta con automatizaciones previamente programadas según el comportamiento energético de los equipos monitoreados y muestra las tendencias de consumo obtenidas en una interfaz amigable para el usuario capaz de visualizarse en múltiples plataformas. Además, se integraron notificaciones mediante el servicio de mensajería WhatsApp para crear interacción entre usuarios y el estado de sus equipos mediante avisos, alertas y reportes de consumo diario con la finalidad de contribuir a una reducción de uso de energía eléctrica a través de sugerencia de acciones. Logrando completar los objetivos propuestos y analizando los resultados obtenidos, se concluyó que, con la implementación de este sistema se logró reducir en más del 10% el consumo energético de los principales electrodomésticos de mayor índice de presencia en los hogares de la región y que son focos de alto consumo de energía.

**Palabras clave:** Ahorro, Eficiencia, Home Assistant, Dispositivos, Inteligentes, Domótica, Automatización, Raspberry Pi, Integraciones.

## **ABSTRACT**

This report shows the implementation of an open-source automation software (Home Assistant) as the center of a system for trend analysis of energy consumption in a single-family home in the Ancash region through the integration of smart devices with energy meters, the which monitored the appliances and equipment that are the main sources of energy consumption in an average home. A Raspberry Pi single board computer and a micro-SD card were used to host the aforementioned software. This system has automations previously programmed according to the energy behavior of the monitored equipment and shows the consumption trends obtained in a user-friendly interface capable of being viewed on multiple platforms. In addition, notifications were integrated through the WhatsApp messaging service to create interaction between users and the status of their equipment through notices, alerts and reports of daily consumption in order to contribute to a reduction in the use of electricity through suggestion of actions. Achieving the completion of the proposed objectives and analyzing the results obtained, it was concluded that, with the implementation of this system, it was possible to reduce the energy consumption of the main electrical appliances with the highest rate of presence in homes in the region by more than 10%. sources of high energy consumption.

**Keywords:** Savings, Efficiency, Home Assistant, Devices, Smart, Home automation, Automation, Raspberry Pi, Integrations.

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado:

De conformidad con lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, ponemos a su disposición el informe de tesis titulado “Sistema de análisis de tendencias del consumo energético en un hogar unifamiliar de la región Áncash integrando dispositivos inteligentes mediante el software de automatización Home Assistant” para que sea revisado y evaluado y de ser aprobado pueda ser defendido oralmente para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico.

De antemano, nos excusamos de los errores involuntarios en que se hubiera incurrido en el desarrollo y redacción del misma, esperando del honorable jurado un justo dictamen.

Cortez Ravelo, Juan Daniel

Pinedo Rivera, Herles Alejandro

## TABLA DE CONTENIDO

|        |  |    |
|--------|--|----|
| I.     | INTRODUCCIÓN.....  | 17 |
| 1.1.   | Problema de investigación.....   | 17 |
| 1.1.1. | Descripción de la realidad problemática .....                            | 17 |
| 1.1.2. | Descripción del problema .....   | 17 |
| 1.1.3. | Formulación del problema .....   | 18 |
| 1.2.   | Objetivos de la investigación.....                                       | 18 |
| 1.2.1. | Objetivo general.....  | 18 |
| 1.2.2. | Objetivos específicos.....   | 18 |
| 1.3.   | Justificación del Estudio.....   | 19 |
| II.    | MARCO DE REFERENCIA .....  | 19 |
| 2.1.   | Antecedentes del estudio.....  | 19 |
| 2.2.   | Marco teórico .....  | 21 |
| 2.2.1. | INEI Áncash - Hogar promedio .....                                       | 21 |
| 2.2.2. | Consumo energético.....  | 22 |
| 2.2.3. | Domótica.....  | 24 |
| 2.2.4. | Principales softwares de automatización de código abierto.....           | 27 |
| 2.2.5. | Home Assistant.....  | 28 |
| 2.3.   | Marco conceptual.....  | 29 |
| 2.4.   | Sistema de hipótesis.....  | 30 |
| 2.5.   | Variables e indicadores (cuadro de operacionalización de variables)..... | 30 |
| III.   | METODOLOGIA EMPLEADA .....   | 31 |
| 3.1.   | Tipo y nivel de investigación .....                                      | 31 |
| 3.1.1. | De acuerdo con la orientación o finalidad: Explicativa .....             | 31 |
| 3.1.2. | De acuerdo con la técnica de contrastación: Cuasiexperimental.....       | 31 |
| 3.2.   | Población y muestra de estudio .....                                     | 31 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.2.1.  | Población: .....   | 31 |
| 3.2.2.  | Muestra:.....  | 31 |
| 3.3.    | Diseño de investigación .....  | 31 |
| 3.3.1.  | Toma inicial de datos.....   | 31 |
| 3.3.2.  | Proceso de instalación de software Home Assistant .....                      | 33 |
| 3.3.3.  | Primera configuración de Home Assistant.....                                 | 35 |
| 3.3.4.  | Home Assistant a nivel de usuario.....                                       | 37 |
| 3.3.5.  | Características de dispositivos de monitoreo energético .....                | 41 |
| 3.3.6.  | Electrodomésticos monitoreados.....  | 44 |
| 3.3.7.  | Instalación de dispositivos de monitoreo .....                               | 47 |
| 3.3.8.  | Vinculación de dispositivos de monitoreo .....                               | 48 |
| 3.3.9.  | Integración de dispositivos con Home Assistant.....                          | 48 |
| 3.3.10. | Creación de tarjetas de visualización.....                                   | 51 |
| 3.3.11. | Integración de MariaDB y phpMyAdmin para base de datos. ....                 | 57 |
| 3.3.12. | Integración de Home Assistant con WhatsApp como medio de notificaciones..... | 59 |
| 3.3.13. | Automatizaciones en Home Assistant.....                                      | 60 |
| 3.3.14. | Creación de automatizaciones para control de energía de dispositivos         | 61 |
| 3.4.    | Técnicas e instrumentos de investigación .....                               | 68 |
| 3.4.1.  | Observación / Guía de observación.....                                       | 68 |
| 3.4.2.  | Medidores de energía.....  | 68 |
| 3.5.    | Procesamiento y análisis de datos.....                                       | 68 |
| IV.     | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....   | 70 |
| 4.1.    | Análisis e interpretación de resultados .....                                | 70 |
| 4.2.    | Prueba de hipótesis .....  | 73 |
| V.      | DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....  | 77 |
| VI.     | CONCLUSIONES.....  | 77 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| VII.  | RECOMENDACIONES .....   | 78 |
| VIII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 79 |
| IX.   | ANEXOS .....  | 81 |
| 9.1.  | Anexo 1: Viviendas particulares con ocupantes presentes, según área de residencia y número de hogares, 2007 y 2017 en Perú.....                                   | 81 |
| 9.2.  | Anexo 2: Hogares en Perú, según número de miembros del hogar, 2017.   | 81 |
| 9.3.  | Anexo 3: Electrodomésticos en viviendas particulares en Perú con ocupantes presentes, según tenencia de artefactos y equipos, 1993, 2007 y 2017                   | 82 |
| 9.4.  | Anexo 4: Electrodomésticos en viviendas particulares en Perú con ocupantes presentes, según tenencia de artefactos y equipos, 1993, 2007 y 2017 (porcentaje)..... | 82 |
| 9.5.  | Anexo 5: Evolución del consumo nacional de electricidad según tipo de servicio.....   | 83 |
| 9.6.  | Anexo 6: Evolución del consumo de electricidad por hogares en Perú .....  | 83 |
| 9.7.  | Anexo 7: Acciones configuradas por electrodomésticos posterior a la recaudación y análisis de datos de enero y febrero.....                                       | 83 |
| 9.8.  | Datos recopilados de los medidores de energía de enero 2024.....  | 84 |
| 9.9.  | Datos recopilados de los medidores de energía de febrero 2024.....  | 85 |
| 9.10. | Datos recopilados de los medidores de energía de marzo 2024.....  | 85 |
| 9.11. | Datos recopilados de los medidores de energía de abril 2024.....  | 86 |
| 9.12. | Datos recopilados de los medidores de energía de mayo 2024.....   | 87 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Recibo de enero 2024.....   | 32 |
| Figura 2. Histórico de los últimos 4 meses desde enero 2024.....                  | 32 |
| Figura 3. Raspberry Pi modelo 4B.....   | 33 |
| Figura 4. Escritura de SO de Home Assistant en Balena Etcher.....                 | 34 |
| Figura 5. SO de Home Assistant listo para escribir en tarjeta microSD.....        | 35 |
| Figura 6. Primeras configuraciones en Home Assistant.....                         | 36 |
| Figura 7. Primeras configuraciones en Home Assistant.....                         | 36 |
| Figura 8. Vista inicial de tablero en Home Assistant.....                         | 37 |
| Figura 9. Studio Code Server en Complementos.....                                 | 37 |
| Figura 10. Opciones para instalación de Studio Code Server.....                   | 38 |
| Figura 11. Vista del panel de configuraciones en Studio code server.....          | 39 |
| Figura 12. Terminal & SSH en complementos.....                                    | 39 |
| Figura 13. Configuraciones en Terminal & SSH.....                                 | 40 |
| Figura 14. Mini-graph-card en panel de interfaz en HACS.....                      | 41 |
| Figura 15. Sonoff POWR2 y vista de aplicación eWeLink.....                        | 42 |
| Figura 16. Enchufe Broadlink y vista de dashboard aplicación Broadlink.....       | 43 |
| Figura 17. Electrobomba de agua instalada en domicilio.....                       | 44 |
| Figura 18. Especificaciones técnicas de refrigerador en domicilio.....            | 45 |
| Figura 19. Especificaciones técnicas en Televisor de domicilio.....               | 45 |
| Figura 20. Especificaciones técnicas de lavadora en domicilio.....                | 46 |
| Figura 21. Especificaciones técnicas de plancha instalada en domicilio.....       | 46 |
| Figura 22. Diagrama de conexión de Sonoff POWR2 para electrobomba.....            | 47 |
| Figura 23. Sonoff LAN en panel de integraciones en HACS.....                      | 49 |
| Figura 24. Sonoff en apartado de complementos de Home Assistant.....              | 49 |
| Figura 25. Panel para reiniciar Home Assistant.....                               | 50 |
| Figura 26. Broadlink en complementos de Home Assistant.....                       | 50 |
| Figura 27. Información de dispositivos vinculados de cuenta Broadlink.....        | 51 |
| Figura 28. Vistazo de ayudante de sensor integral de suma de Riemann.....         | 52 |
| Figura 29. Configuraciones de ayudante de sensor integral de suma de Riemann..... | 53 |
| Figura 30. Configuraciones para ayudante tipo contador de energía.....            | 54 |
| Figura 31. Tarjeta configurada en tipo vistazo.....                               | 55 |
| Figura 32. Tarjeta configurada en tipo gráfico histórico.....                     | 56 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 33. Tarjeta configurada usando visualización mini-grap-card. ....                        | 56 |
| Figura 34. Panel de monitoreo creado para electrodomésticos. ....                               | 57 |
| Figura 35. Configuraciones para integración de MariaDB.....                                     | 57 |
| Figura 36. Configuración para complemento phpMyadmin. ....                                      | 58 |
| Figura 37. Vistazo de consultor de datos de SQL. ....   | 58 |
| Figura 38. Líneas de código para integración de Whatsapp. ....                                  | 60 |
| Figura 39. Creación de automatizaciones. ....   | 61 |
| Figura 40. Apartado de creación de automatizaciones ....  | 61 |
| Figura 41. Creación de contador para número de veces de encendido .....                         | 62 |
| Figura 42. Automatizaciones para notificaciones de WhatsApp (aviso de apagado de bomba). ....   | 63 |
| Figura 43. Automatizaciones para notificaciones de WhatsApp (aviso de encendido de bomba). .... | 63 |
| Figura 44. Automatización para saber estado de electrodoméstico (en uso o en no uso) .....      | 64 |
| Figura 45. Líneas de código para tiempo de funcionamiento diario de un electrodoméstico .....   | 66 |
| Figura 46. Líneas de código para tiempo de funcionamiento en el mes. ....                       | 67 |
| Figura 47. Código para enviar notificación de reporte de energía de electrodomésticos. ....     | 67 |
| Figura 48. Vista de notificación de WhatsApp recibida. ....                                     | 67 |
| Figura 49. Consumo mensual de energía en kWh de televisor.....                                  | 70 |
| Figura 50. Consumo mensual de energía en kWh de refrigerador.....                               | 70 |
| Figura 51. Consumo mensual de energía en kWh de plancha.....                                    | 70 |
| Figura 52. Consumo mensual de energía en kWh de lavadora .....                                  | 71 |
| Figura 53. Consumo mensual de energía en kWh de electrobomba .....                              | 71 |
| Figura 54. Análisis estadístico descriptivo de los datos .....                                  | 73 |
| Figura 54. Pruebas de normalidad .....  | 74 |
| Figura 54. Estadísticas y correlaciones de muestras emparejadas .....                           | 74 |
| Figura 54. Prueba y tamaños de efecto de muestras emparejadas .....                             | 75 |
| Figura 55. Comparación de promedio de horas de funcionamiento diario por electrodoméstico ..... | 76 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Tabla de comparación entre aplicaciones eWeLink y Broadlink.....  | 44 |
| Tabla 2. Consumo total de energía en kWh de los meses abril y mayo (60 días) por electrodoméstico .....                                | 72 |
| Tabla 3. Consumo total de energía en kWh de los meses enero y febrero por electrodoméstico y calculo promedio en horas de uso.....     | 76 |
| Tabla 4. Consumo total de energía en kWh de los meses marzo, abril y mayo por electrodoméstico y calculo promedio en horas de uso..... | 76 |

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema de investigación**

#### **1.1.1. Descripción de la realidad problemática**

Según el Organismo Superior de la Inversión de la Energía y Minería del Perú (Tamayo & Salvador, 2016), la producción de electricidad aumentó hasta en un 186 % en los últimos 20 años. Aunque la demanda local de energía está cubierta casi en su totalidad y existen oportunidades de exportación e inversión, el verdadero foco de este mercado debe ser evitar el problema de la falta de cultura sobre racionalización del consumo energético.

En la última década han surgido y se han desarrollado softwares de integración de tecnologías domóticas que proporcionan la integración de dispositivos multimarca en una sola interfaz para su control, gestión y monitoreo. Hoy en día cualquier actividad que no pueda ser realizada o visualizada remotamente representa una gran desventaja, tanto competitivamente como de confort para el usuario.

En los hogares pasa desapercibida la cultura de racionalización de energía eléctrica, ejemplos de ello se ven reflejados en: mantener conectados aparatos electrodomésticos o dispositivos innecesariamente (desgaste de estos) y en rutinas diarias demandantes de uso elevado de energía. Por ello, se busca un sistema capaz de orientar acciones y resolver estos problemas de manera amigable, precisa e intuitiva. Tareas como controlar el acceso en entornos, control de encendido y apagado de enchufes, horarios de funcionamiento de luminarias, gestionar en tiempo real el consumo de dispositivos en específico (termas, bombas de agua, aire acondicionado) se convierten en una alternativa eficiente contra el consumo ineficiente de energía en viviendas unifamiliares.

#### **1.1.2. Descripción del problema**

El control sobre la gestión del servicio de electricidad, obtención de datos y generación de tendencias de consumo energético diario no

es accesible al usuario para monitorear y gestionar dichas acciones, lo que ocasiona que, ante un consumo por encima del promedio, el usuario no tenga conocimiento de alguna irregularidad de un dispositivo (electrodoméstico) o rutina mal practicada, por lo que el desarrollo de un sistema predictivo de análisis de tendencias del consumo energético diario en un hogar, que englobe las necesidades mencionadas, resulta clave para lograr la eficiencia energética en el entorno del usuario. Asimismo, es fundamental un software de integración de dispositivos inteligentes capaz de brindar una interfaz de usuario intuitiva, gestionable y personalizable ante las necesidades del usuario.

### **1.1.3. Formulación del problema**

¿Cuál será el comportamiento del consumo energético en un hogar unifamiliar en la región de Áncash al incorporar el software de automatización e integración de dispositivos inteligentes Home Assistant para el control de dispositivos, obtención de tendencias e irregularidades, y reportes diarios de consumo?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar el comportamiento del consumo energético en un hogar unifamiliar en la región Áncash al incorporar el software de automatización e integración de dispositivos inteligentes Home Assistant para el control de dispositivos, obtención de tendencias e irregularidades, y reportes diarios de consumo.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Lograr la integración de dispositivos inteligentes en el software de automatización.
- Obtener los datos de las mediciones de los dispositivos inteligentes integrados.
- Analizar los datos obtenidos de las mediciones de los dispositivos inteligentes.

- Desarrollo de un sistema de alerta mediante mensajería instantánea (WhatsApp).
- Sugerir acciones al usuario para reducir el consumo energético.

### **1.3. Justificación del Estudio**

- Dar a conocer la alternativa de softwares de integración de dispositivos inteligentes de código abierto como Domoticz, OpenHAB y Home Assistant, siendo este último el software utilizado para este trabajo, y mostrar la potencia y beneficios que trae consigo, no solo económicos por ser gratuito, sino también las posibilidades que se tienen al empezar en el mundo de la domótica de manera autodidacta.
- El monitoreo del consumo energético no suele ser tomado en cuenta por los usuarios en sus rutinas diarias debido a la falta de conocimiento en cuanto a ciertos parámetros, hábitos (o acciones) y herramientas de visualización que realizan dicha función, factores que conllevan a la falta de consideración del consumo, por lo que este trabajo de investigación permitirá que los usuarios conozcan su consumo energético de manera automática en una interfaz intuitiva y amigable para facilitar la gestión y control sobre sus dispositivos.
- Aporte en la promoción de una cultura de racionalización y ahorro energético en los usuarios beneficiados con el sistema a desarrollar, aportando incluso, como consecuencia, un ahorro económico de las viviendas unifamiliares en tarifas de electricidad sin necesidad de afectar en su confort rutinario.

## **II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

Trabajo de grado titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN LOS HOGARES DE LAS ZONAS URBANAS DE ICA, PERÚ 2022”** llevado a cabo por Alvaro Fernando Jacobi Bueno, Marlon Alexis Miranda Sánchez y Oscar Christian Jhair Suarez Huamán de la Universidad Nacional del Callao de Perú. El trabajo presenta un sistema domótico con la finalidad de disminuir

el consumo eléctrico en hogares de zonas urbanas de la ciudad de Ica – Perú. Dentro de su implementación plantea integrar y controlar sistemas independientes diferentes de una vivienda para mejorar las comunicaciones inteligentes e incrementar el ahorro de energía, logrando así mejorar la calidad de vida de los habitantes muestreados. (Jacobi, Miranda & Suarez, 2023). El principal aporte de esta investigación es que permitió al usuario tener un mejor control sobre los dispositivos y electrodomésticos, administrándolos de manera eficiente y mejorando la satisfacción de los integrantes de los hogares.

Trabajo de graduación titulado: **“SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES”** llevado a cabo por Henry William Camó Cojóm de la Universidad San Carlos de Guatemala. Este trabajo de graduación presenta la implementación de un sistema domótico aplicado a la eficiencia energética en los hogares, el cual toma en cuenta dos aspectos importantes. El primero está enfocado en el aprovechamiento de la energía solar, y el segundo establece técnicas para conseguir una eficiente gestión de la energía eléctrica consumida. Se presenta también el diseño e instalación del sistema aplicado a la eficiencia energética en la iluminación, uno de los principales factores en el consumo energía diario en viviendas, el cual reducirá el monto de la factura eléctrica mensual. Asimismo, se presentan conceptos y fundamentos de la domótica enfocándose principalmente en la aplicación de una óptima eficiencia energética, problema que pretende disminuir el trabajo de graduación presentado. (Camó Cojón, 2015). El principal aporte de esta investigación es el diseño del control de factores más importantes tomados en cuenta en una vivienda: la iluminación evidenciando la reducción en la tarifa de electricidad con la gestión eficiente de dicho factor, asimismo cabe resaltar la integración de la domótica con el uso de energías limpias como la energía solar.

El proyecto publicado en la revista de iniciación científica “Journal of Undergraduate Research” titulado: **“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA EL MONITOREO**

**DEL CONSUMO ELÉCTRICO VÍA WEB MEDIANTE UNA APLICACIÓN ANDROID Y LA TECNOLOGÍA RASPBERRY”** llevado a cabo por José Herrazo Boris González y Euclides Samaniego González de la Universidad Tecnológica de Panamá. El proyecto consiste en la explicación del proceso de construcción de un sistema diseñado para medir el consumo eléctrico en un hogar a través de internet en tiempo real, y con la posibilidad de ver los resultados en un dispositivo móvil. Este sistema procesa y lee la información obtenida para luego enviarla a un servidor alojado en la plataforma web que a su vez envía dicha información a una aplicación en el teléfono móvil del usuario. Además, se explica el desarrollo de la aplicación móvil, en este caso para Android. Finalmente, se analizan los resultados obtenidos y se estudian los resultados para evaluar la confiabilidad de la data que se expone a través del sistema implementado, y se verifica la confiabilidad de los datos obtenidos (González, Herazo, & Samaniego González, 2018). El principal aporte de esta investigación es la integración y comunicación de medidores de energía con una aplicación móvil capaz de ser monitoreada remotamente, asimismo la comparación de los datos registrados por la aplicación con los reales. Otro aporte para considerar es la elección de una Raspberry Pi como servidor del sistema realizado demostrando la potencia del microprocesador para desenvolverse en trabajos de monitoreo remoto.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. INEI Áncash - Hogar promedio**

#### **2.2.1.1. Tipos de hogar promedio**

Basándonos en el último censo llevado a cabo en 2017, obtuvimos datos del registro de un total de 7 millones 698 mil 900 viviendas. De las cuales 7 millones 296 mil 338 viviendas (94,8%) son unifamiliares, seguidamente 296 mil 743 (3,9%) viviendas formadas por 2 hogares, 75 mil 67 (1,0%) por 3 hogares, 20 mil 985 (0,3%) por 4 hogares y 9 mil 767 (0,1%) por 5 o más hogares. En el área urbana, se registraron 5 millones 511 mil 275 viviendas (93,7% del total), está conformado por 1 hogar, 271 mil 92 (4,6%)

por 2 hogares, 71 mil 664 (1,2%) por 3 hogares y solo 29 mil 982 (0,5%) albergan 4 hogares o más. (Ver anexo 1)

#### **2.2.1.2. Número promedio de miembros del hogar**

Según los registros del último censo (2017) el 39,6% (3 millones 267 mil 983) de hogares se conforman entre 3 o 4 miembros; el 20,1% (1 millón 659 mil 192) conformados por 5 o 6 miembros, el 5,7% (468 mil 776) conformados 7 o más personas; el 17,8% (1 millón 472 mil 190) por 2 miembros y el 16,8% (1 millón 384 mil 143) hogares conformados por únicamente una persona. (Ver anexo 2)

#### **2.2.1.3. Electrodomésticos por hogar**

En cuanto a los electrodomésticos, los registros indican que 6 millones 6 mil 147 (72,8%) hogares cuentan con televisor a colores, el 41,4% (3 millones 417 mil 319) cuentan con equipo de sonido y el 33,7% (2 millones 784 mil 399) cuentan con una computadora. (Ver anexo 3 y 4)

En cuanto a equipos de cocina, el 58% (4 millones 789 mil 981) cuentan con licuadora, el 49% (4 millones 40 mil 9) refrigeradora y el 30,3% (2 millones 497 mil 117) cuentan con lavadora.

### **2.2.2. Consumo energético**

#### **2.2.2.1. Consumo de electricidad del Perú**

El consumo de electricidad en Perú se incrementó exponencialmente en una tasa anual promedio de 5.8% entre los años 1995 y 2015 como claro ejemplo. Además, de los 13.6 GWh (Giga Watts hora) de energía eléctrica consumida en el año 1995 incrementó notablemente a 56.9 GWh en 2019, representando un incremento de más de 400%. (Ruiz Roldán & Mimbela Jiménez, 2021) (Ver anexo 5)

Los resultados sobre consumo energético de la ERCUE (Encuesta Residencial de Consumo y Usos de Energía) en 2016 indican que el promedio de consumo de energía en hogar es 149.9 kWh al mes. Este indicador es mayor en áreas urbanas (173.8 kWh/mes) y

menor en áreas rurales (40.9 kWh/mes). Los niveles se habrían incrementado 49%, 44% y 12%, respectivamente en comparación al estudio realizado en 2012, dejando entrever el aumento significativo en el consumo promedio. (Tamayo & Salvador, 2016) (Ver anexo 6)

Según el estudio, esta tendencia de aumento podría deberse al crecimiento de la población de clase media en la última década, generado a su vez por el aumento del ingreso familiar y la expansión del empleo, que da paso a generar cambios en la habitación respecto a los hábitos de consumo.

#### **2.2.2.2. Definición**

El consumo de energía eléctrica es la cantidad de energía utilizada durante un plazo de tiempo determinado. El término hace referencia al conjunto de la energía eléctrica empleada para distintos usos, como por ejemplo la fabricación industrial o el uso de dispositivos electrónicos. (SMARTGRIDSINFO, 2020)

#### **2.2.2.3. Medición del consumo energético**

La electricidad consumida en los hogares se mide en el punto de acceso en las instalaciones del usuario a través de los contadores eléctricos. La energía eléctrica se mide dependiendo del trabajo en un tiempo determinado, la unidad de medida es kilovatios por hora (kW/h).

Cualquier usuario puede medir el consumo eléctrico en su domicilio, para ello se toman en cuenta las siguientes variables: aparatos eléctricos conectados a la red del hogar, potencia de estos, y su tiempo de funcionamiento (en horas). Para contabilizar los kW/h de consumo en el hogar, se aplica la siguiente fórmula:

$$\textit{Potencia} \times \textit{Tiempo de uso} = \textit{Energía consumida}$$

Asimismo, el consumo energético mensual de un hogar se conoce a través un medidor de energía o contador eléctrico, el cual es el

instrumento de medición con fines comerciales más difundido en el mundo. (Selectra, 2020)

#### **2.2.2.4. Cómo toman las medidas de consumo energético**

El costo de la energía consumida es calculado por la diferencia de lecturas entre anterior y el mes actual, y luego, el resultado se multiplica por el factor del medidor y la tarifa del servicio. Adicionalmente se consideran otros indicadores como cargo fijo (costos independientes de la demanda de potencia y energía consumida del usuario), por mantenimiento y reposición, alícuota de alumbrado público más el IGV de cada uno de estos conceptos. Para hacer la medición por cuenta propia se debe tomar en cuenta lo siguiente: (LUZ DEL SUR, s.f.)

- Tomar nota de la última fecha que la empresa proveedora realizó lectura de su medidor eléctrico, dato figura en el último recibo de pago efectuado.
- Al cabo de un mes, verificar la cantidad que aparece en el contómetro del medidor de consumo de energía (kW/h).
- Repetir la operación al mes siguiente, y luego restar las dos cantidades que aparecieron en el contómetro. La diferencia es su consumo mensual.

Al llegar el nuevo recibo, comparar el consumo de energía que aparece en éste con el consumo real que usted ha obtenido en su verificación. Las cantidades deben ser similares, con un margen de error de 5% aproximadamente.

### **2.2.3. Domótica**

#### **2.2.3.1. Definición**

El término “domótica” tiene varias acepciones, entre ellas la que da el diccionario de la Real Academia Española, que define la domótica como “conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda”. La domótica es el conjunto de sistemas que pueden integrarse en una vivienda (aplica también para oficinas) con la finalidad de mejorar la calidad

de vida de los habitantes, y potenciar aspectos fundamentales como son el confort, comunicación, seguridad, control, y ahorro energético (Huidobro Moya & Millán Tejedor, 2010)

### **2.2.3.2. Vivienda inteligente**

Una vivienda inteligente o vivienda domótica es aquella que integra los diferentes automatismos y sistemas con el objetivo de asegurar al usuario un aumento de los aspectos mencionados anteriormente ya que, gracias a la integración de estos da lugar al funcionamiento sincronizado con la máxima utilidad y la mínima intervención por parte del usuario. La domótica se aplica a la ciencia y a los elementos desarrollados por ella, esto va desde lo más básico (un simple temporizador para programar encendido de luces) hasta todo el sistema eléctrico de la casa vinculado con algún mecanismo de control y monitoreo remoto. (Huidobro Moya & Millán Tejedor, 2010)

### **2.2.3.3. Aplicaciones**

Teóricamente podría decirse que las aplicaciones de la domótica solo están limitadas por la imaginación de los usuarios. La domótica busca sacar el máximo provecho a la tecnología, para que, según las necesidades o rutinas correspondientes de los usuarios finales, se adecúe al comportamiento sistemático de un inmueble (vivienda en este caso). Partiendo de ese enunciado, sobresalen 4 aplicaciones fundamentales de la domótica, que se presentan a continuación:

#### **2.2.3.3.1. Comodidad**

Es un hecho que este beneficio es el más conocido, y el que es de mayor interés entre los usuarios, los cuales deben tomar en cuenta que no es el beneficio principal. El significado de comodidad (“confort”) es “mejorar la condiciones o calidad de vida de las personas”. Ejemplo de

ello son: control de iluminación, control de climatización, control de riego, control multimedia, entre otros.

#### **2.2.3.3.2. Seguridad**

La protección de las viviendas es lo más importante para los usuarios, debido a la situación de inseguridad que se ve envuelta en un problema social de no acabar. En la domótica pueden acoplarse sistemas que actúan (actuadores) según el tipo de señal que reciban (sensores) dando paso a alarmas, alertadores, dispersores, etc. Ejemplos de esta aplicación son: implementación de sensores (de humo, gas, agua, sonido, etc.), simuladores de presencia, cerraduras inteligentes, sistemas de CCTV con mensajería instantánea. (Huidobro Moya & Millán Tejedor, 2010)

#### **2.2.3.3.3. Eficiencia energética**

La gestión de la energía eléctrica en la vivienda es de los beneficios más importantes de la domótica, ya que da paso a la racionalización de su consumo ofreciendo un beneficio económico personal a los usuarios al poder realizar un seguimiento constante. Si se toman en cuenta las acciones y rutinas que pueden efectuarse con los beneficios de la domótica mencionados anteriormente, se cumplen aspectos importantes en el ahorro energético como: el control de iluminación, control de dispositivos en la vivienda (electrodomésticos), gestión de horarios de funcionamiento, etc. Actualmente existen dispositivos capaces de presentar estadísticamente los datos del consumo eléctrico del usuario, pero la tendencia a futuro es que estos sistemas envíen dicha información directamente a la empresa suministradora de energía por algún medio de transmisión mencionado anteriormente, de esta manera se podrá gestionar la demanda eléctrica y

evitar inconvenientes como cobros excesivos sin fundamento o mala toma de medida del tablero eléctrico, etc. (Huidobro Moya & Millán Tejedor, 2010)

## **2.2.4. Principales softwares de automatización de código abierto**

### **2.2.4.1. OpenHAB**

Es un software multiplataforma ejecutable en servidores Linux, macOS, Windows, Raspberry Pi, Docker entre otros, además de contar con aplicación Android para teléfonos móviles. Entre sus ventajas destacan su capacidad para integración de múltiples dispositivos, proporciona una interfaz de usuario uniforme y con enfoque de las reglas de automatización en todo el sistema. Cuenta además con un motor potente y flexible para el desarrollo de reglas con desencadenantes basados en tiempo, scripts, eventos, notificaciones, control de voz y más. (openHAB, 2021)

Sin embargo, tiene ciertas desventajas: está enfocado a usuarios técnicos. Esto conlleva a que un usuario sin conocimientos técnicos previos pueda tardar más tiempo en adaptarse a las funcionalidades que brinda el software.

### **2.2.4.2. Domoticz**

Este software es muy flexible, cuenta con la posibilidad de añadir, eliminar y modificar dispositivos, visualizar medidas de sensores, enviar comandos, etc. Tiene integrado un motor de reglas con una interfaz basada en bloques, que permite un uso más sencillo y poco “técnico” para el usuario, además de presentar soporte a reglas complejas definidas en scripts de distintos lenguajes de programación. Sin embargo, no soporta reglas temporales, permitiendo establecer únicamente reglas que se siempre que cumplan ciertas condiciones (a no ser que sean borradas manualmente). La incorporación de nuevos protocolos es considerada una desventaja también ya que estos deben instalar librerías mediante numerosos comandos de Linux, dificultando la tarea para aquellos usuarios sin conocimientos técnicos.

### **2.2.4.3. Home Assistant**

Home Assistant es un proyecto de código abierto y gratuito para permitirnos gestionar nuestros dispositivos IoT de domótica en una sola aplicación. El proyecto está escrito en Python 3 y diseñado para ser ejecutado en una Raspberry Pi, haciendo uso de IFTTT para la comunicación con los diferentes dispositivos y pudiendo integrarse con una gran variedad de APIs (interfaz de programación de aplicaciones). (Home Assistant, 2023)

Es un sistema multiplataformas en lo que destaca la facilidad y recomendación de instalación. Las reglas de integración y automatización deben escribirse en un fichero de configuración con lenguaje yaml, dando paso a que el usuario administrador deba contar con conocimientos técnicos básicos.

Gracias a esta plataforma se puede controlar toda la domótica en un hogar desde cualquier lugar utilizando un smartphone, todo ello muy accesible gracias a la interfaz especialmente diseñada para dispositivos móviles. Además de poder controlar nuestros dispositivos, este sistema también nos permite automatizar determinadas tareas como, por ejemplo, encender las luces al anochecer, atenuar la luz al empezar a ver algo a través de un Chromecast, e incluso recibir un mensaje si se enciende alguna luz cuando no estamos en casa.

### **2.2.5. Home Assistant**

El software de automatización seleccionado para este proyecto ha sido Home Assistant debido a que es de código abierto, posee múltiples plugins o integraciones, tiene una gran comunidad que da soporte entre otras razones anteriormente descritas. A continuación, se describe la arquitectura y modos de instalación de este software.

#### **2.2.5.1. Modos de instalación**

El software de Home Assistant tiene distintas formas de instalación, sin embargo, a continuación, presentaremos las 2 más comunes y sencillas para su uso:

- **Hassio**

Es la opción de instalación usada para el desarrollo de esta investigación, consiste en una distribución de Linux optimizada para ejecutar Home Assistant sobre Docker y un supervisor con varios contenedores incluidos. Es el método de instalación más sencillo y tiene un sistema de “add-ons” muy potente para realizar integraciones y actualizaciones directas y con más facilidad.

- **Home Assistant Core**

Home Assistant puede instalarse en cualquier distribución Linux (incluso en Windows), lo normal es instalar una distribución Linux sencilla, como Hassbian (sistema operativo que se basa en Raspbian, que a su vez se basa en Debian) para Raspberry Pi, por ejemplo, y luego Home Assistant como aplicación, teniendo toda la potencia y control. Su instalación es mediante entornos Python. No dispone de “add-ons” y copias de seguridad al ser únicamente la aplicación. (González D. M., 2019)

### 2.3. Marco conceptual

**Consumo energético:** El consumo de energía eléctrica es la cantidad de energía utilizada durante un plazo de tiempo determinado.

**Software:** Conjunto de instrucciones, programas y reglas informáticas para ejecutar tareas específicas en una computadora.

**Análisis de tendencias:** Método utilizado para analizar datos estadísticos y su comportamiento registrado en un periodo de tiempo definido.

**Hogar unifamiliar:** Tipo de hogar compuesto por una familia, generalmente nuclear.

**Dispositivo inteligente:** Aquel dispositivo que se conecta y comunica entre otro a través de internet y que puede funcionar de forma algo interactiva y autónoma.

**Software de automatización:** Software encargado de realizar acciones previamente programadas ante situaciones específicas sin la intervención del hombre.

**Home Assistant:** Software de automatización de código abierto diseñado para ser un sistema de control de central de domótica en hogares inteligentes.

**Addon:** Programa encargado de complementar softwares tales como navegadores, cuyo objetivo es añadir funciones no predeterminadas inicialmente.

**Plugin:** Softwares complementarios cuya función es la misma que un addon: ampliar funciones no predeterminadas. La diferencia está en que esta es desarrollada por alguna compañía externa o de terceros.

## 2.4. Sistema de hipótesis

El consumo de energía de un hogar unifamiliar de la región Áncash disminuirá en un 10% al incorporar el software de automatización e integración de dispositivos inteligentes Home Assistant para el control de dispositivos, obtención de tendencias e irregularidades, y reportes diarios de consumo.

## 2.5. Variables e indicadores (cuadro de operacionalización de variables)

| Variable Independiente: <b>Software de automatización e integración de dispositivos inteligentes Home Assistant.</b> |   |                                  |  |
|--|---|----------------------------------|--|
| Dimensión  | Indicadores                                       | Unidad de medida                 | Instrumento de investigación                   |
| Interfaz de usuario  | - Usabilidad<br>- Número de pantallas             | - Adimensional<br>- Adimensional | - Cuestionario<br>- Guía de observación        |
| Sistema de alerta  | - Porcentaje de aciertos<br>- Tiempo de respuesta | - Adimensional<br>- Segundos     | - Guía de observación<br>- Guía de Observación |

| Variable Dependiente: <b>Consumo energético en un hogar unifamiliar de la región Áncash</b> |             |                  |                              |
|---|-------------|------------------|------------------------------|
| Dimensión   | Indicadores | Unidad de medida | Instrumento de investigación |

|  |   |                   |                        |
|--|---|-------------------|------------------------|
| Consumo energético en un hogar unifamiliar de la región Áncash | - Cantidad de consumo de energía eléctrica          | - Kilovatios      | - Medidores de energía |
|  | - Cantidad de consumo de energía eléctrica por hora | - Kilovatios/hora | - Medidores de energía |

### III. METODOLOGIA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. **De acuerdo con la orientación o finalidad:** Explicativa

3.1.2. **De acuerdo con la técnica de contrastación:** Cuasiexperimental

#### 3.2. Población y muestra de estudio

##### 3.2.1. Población:

Software de integración de dispositivos inteligentes Home Assistant aplicado en un sistema predictivo de análisis de tendencias de consumo energético en un hogar unifamiliar de la región Áncash

##### 3.2.2. Muestra:

Software de integración de dispositivos inteligentes Home Assistant aplicado en un sistema predictivo de análisis de tendencias de consumo energético en un hogar unifamiliar de la región Áncash

#### 3.3. Diseño de investigación

##### 3.3.1. Toma inicial de datos

Iniciando con la toma de medidas del consumo energético de un hogar unifamiliar en la región Áncash, se aprovecharon los valores de la base de datos del portal web de Distriluz – Hidrandina (suministrador de energía eléctrica en esta región). A primera instancia se analizó el recibo de electricidad del mes de enero (Figura 1) tomado como punto de partida de la investigación en donde se tuvo un consumo energético total de **275 kWh**.

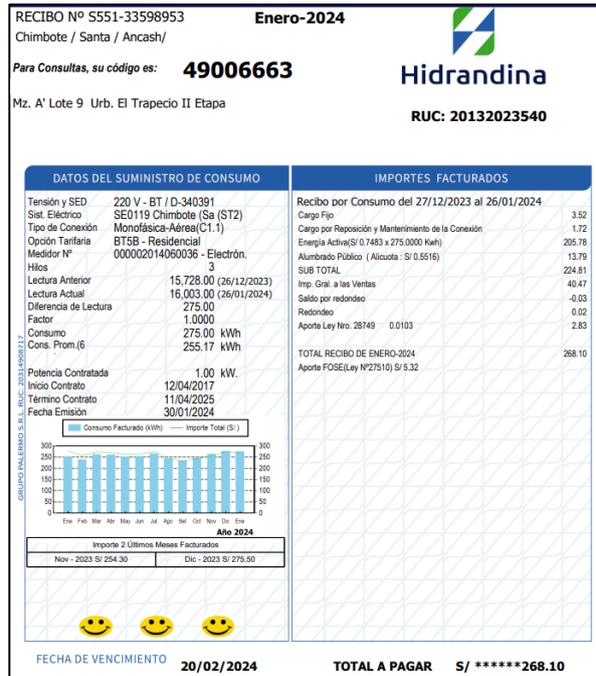


Figura 1. Recibo de enero 2024

Para el presente trabajo se analizarán solo los últimos 4 meses (Figura 2), donde se calculó el promedio de consumo en 265.5 kWh. Recalcando que en estos meses no se han instalado aún los dispositivos inteligentes.

| Periodo | Nro. Recibo   | Fecha Emisión | Importe Mes | kWh |
|---------|---------------|---------------|-------------|-----|
| 2024-01 | S551-33598953 | 2024-01-30    | 268.1       | 275 |
| 2023-12 | S551-33431434 | 2023-12-30    | 275.5       | 278 |
| 2023-11 | S551-33264361 | 2023-11-29    | 254.3       | 264 |
| 2023-10 | S551-33097760 | 2023-10-30    | 244.4       | 245 |

Figura 2. Histórico de los últimos 4 meses desde enero 2024

Con los valores presentados en el mes de enero (mes de prueba) podemos obtener el promedio del costo de energía eléctrica por cada kWh:

$$\frac{\text{Facturación de enero}}{\text{Consumo energético de enero}} = \frac{268.1 \text{ soles}}{275 \text{ kWh}} = 0.97 \text{ soles/kWh}$$

Podemos obtener la siguiente observación: en el recibo digital presentado, indica que el costo por kWh de la tarifa en la que se encuentra la vivienda tomada como modelo es de 0.748 soles; sin embargo, dentro de ese cobro no están incluidos los cargos no fijos como: alumbrado público, IGV y aporte a ley n° 28749.

### 3.3.2. Proceso de instalación de software Home Assistant

La forma de instalación escogida fue la nativa, ya que es la forma más sencilla de instalación y cuenta con todas las funcionalidades, integraciones, addons requeridos para la vinculación con los dispositivos inteligentes que se usarán. Además, el tener dedicado solo el SO de Home Assistant es suficiente para el análisis de tendencias de los medidores de energía.

A continuación, presentaremos el hardware que se usó para poner en marcha Home Assistant:

Raspberry Pi 4 Modelo B (Figura 3)

- Procesador de 64 bits ARM Cortex-A72 corriendo a 1.8 GHz
- 2 puertos USB 2.0, 2 puerto USB 3.0
- Memoria RAM de 2 gigabytes
- 40 pines GPIO
- 2 salidas de video con conectores micro HDMI
- Alimentación de 5V por puerto USB-C (mínimo requerido 3A)
- Slot para tarjetas microSD
- Puerto Ethernet Gigabit



Figura 3. Raspberry Pi modelo 4B

### Tarjeta microSD de 64GB

- Velocidad de lectura: 100 MB/s
- Clase de memoria flash: Clase 10

El software utilizado para la escritura del SO de Home Assistant fue el utilitario de código abierto balenaEtcher, descargado de su portal web oficial <https://www.balena.io/etcher/>, disponible para Windows, macOS y Linux

El primer paso para la instalación fue insertar la tarjeta microSD en el slot de la laptop, computadora o el medio usado para leer dicha tarjeta. Lo siguiente fue descargar el software balenaEtcher. Una vez instalado, se escogió la opción “Flash desde url” como se puede apreciar en la Figura 4.

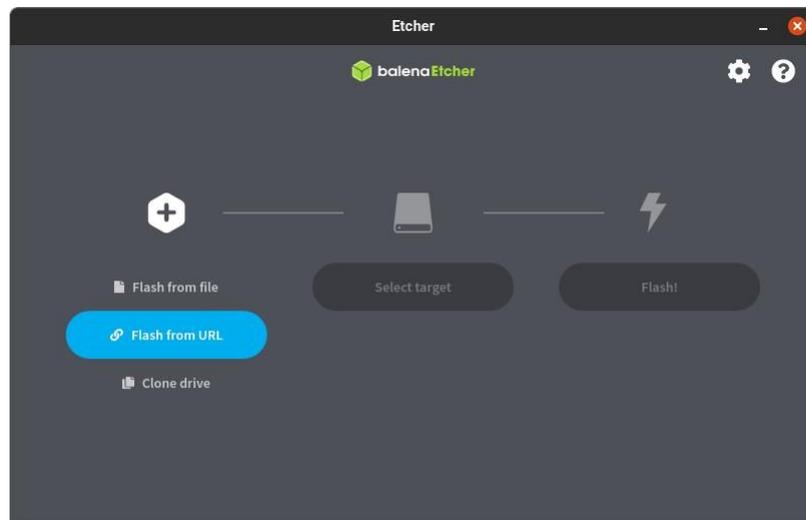


Figura 4. Escritura de SO de Home Assistant en Balena Etcher

Prosiguiendo, se seleccionó la url respectiva al modelo de Raspberry con que se contó, dicha url se encuentra en el portal web oficial de Home Assistant:

<https://www.home-assistant.io/installation/raspberrypi>.

Una vez copiado la url correspondiente, se procedió a escoger la unidad de almacenamiento (tarjeta microSD) para la escritura del SO y se seleccionó la opción “Flash”. (Figura 5)

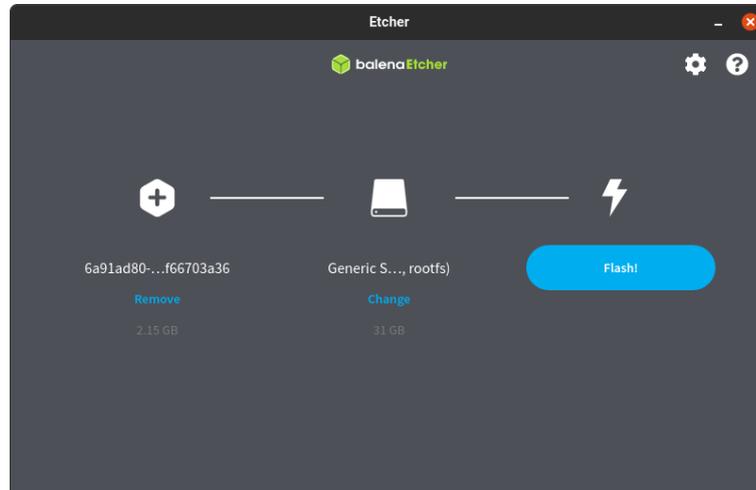


Figura 5. SO de Home Assistant listo para escribir en tarjeta microSD

Al terminar el proceso de escritura, se retiró la tarjeta SD y se insertó en el slot de la Raspberry. Es válido mencionar que antes de encender el Raspberry, este debe estar conectado por cable ethernet al módem de la vivienda, para que realice el proceso de instalación satisfactoriamente

Una vez realizado los pasos anteriores, al conectar el Raspberry se esperó entre 15 a 20 minutos hasta que la instalación estuvo completa.

Se pudo saber el estado de instalación entrando al siguiente url:

[homeassistant.local:8123](http://homeassistant.local:8123).

En caso no pueda acceder por la url brindada, se debe reemplazar “homeassistant.local” por la dirección IP que el módem asignó al Raspberry. Ejemplo: 192.168.X.X:8123.

### 3.3.3. Primera configuración de Home Assistant

Al realizar satisfactoriamente los pasos anteriores, se mostró la primera interfaz del software de Home Assistant, indicando la creación de una cuenta y contraseña. Cabe mencionar que esta primera cuenta se registró como el usuario administrador y tendrá acceso absoluto a

todas las configuraciones que presenta el software. (Figura 6, Figura 7)



The screenshot shows a registration form titled "Crear usuario" (Create user). Below the title, it says "Comencemos creando una cuenta de usuario." (Let's start by creating a user account.). The form contains four input fields: "Nombre\*" (Name), "Nombre de usuario\*" (Username), "Contraseña\*" (Password), and "Confirmar contraseña\*" (Confirm password). A note below the password fields reads "Elige una contraseña fuerte y única. ¡Asegúrate de guardarla para no olvidarla!" (Choose a strong and unique password. Make sure to save it so you don't forget!). A "CREAR UNA CUENTA" (Create account) button is located at the bottom right of the form. At the bottom of the page, there is a language selector set to "Español" and a link for "Ayuda" (Help).

Figura 6. Primeras configuraciones en Home Asistant

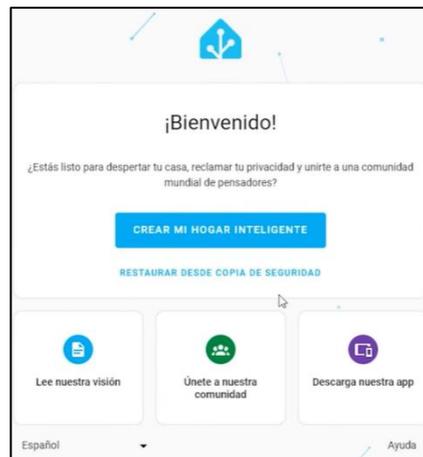


Figura 7. Primeras configuraciones en Home Asistant

Al seleccionar "Crear cuenta", se mostró el primer dashboard (tablero), con la información del clima como ejemplo de tarjeta de visualización y mostrando en la barra lateral las principales funciones como: Resumen, energía, mapa, registro, historial, herramienta de desarrolladores y configuración. (Figura 8)

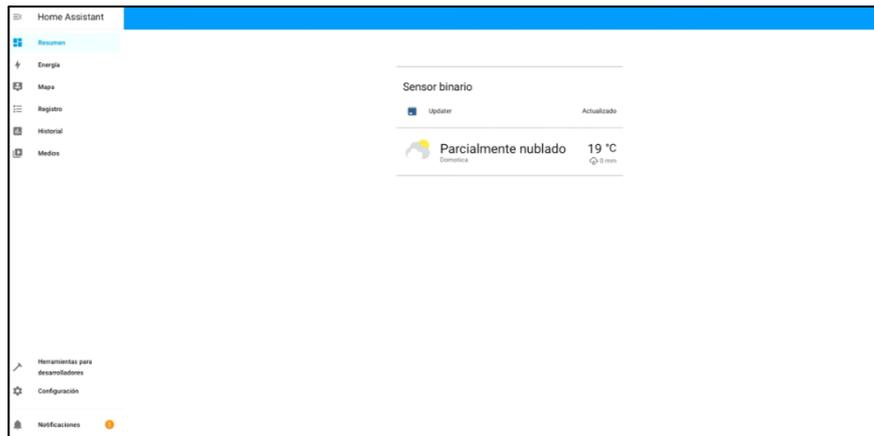


Figura 8. Vista inicial de tablero en Home Assistant

### 3.3.4. Home Assistant a nivel de usuario

#### 3.3.4.1. Instalación de complementos para el desarrollo del trabajo

Para realizar las instalaciones necesarias es necesario dirigirse a la barra lateral izquierda del tablero de Home Assistant y acceder a la opción de “Configuración”, seguidamente acceder a “Complementos” y buscar el que se usó para el desarrollo del trabajo.

#### 3.3.4.2. Studio Code Server

Este addon permite editar la configuración de Home Assistant directamente desde su navegador web y se puede gestionar directamente en la interfaz de usuario de Home Assistant. Studio Code Server se ejecuta como un servidor remoto y es una experiencia VSCode completa (Figura 9).

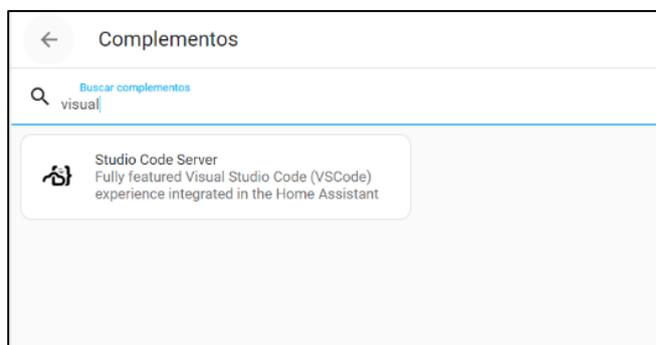


Figura 9. Studio Code Server en Complementos

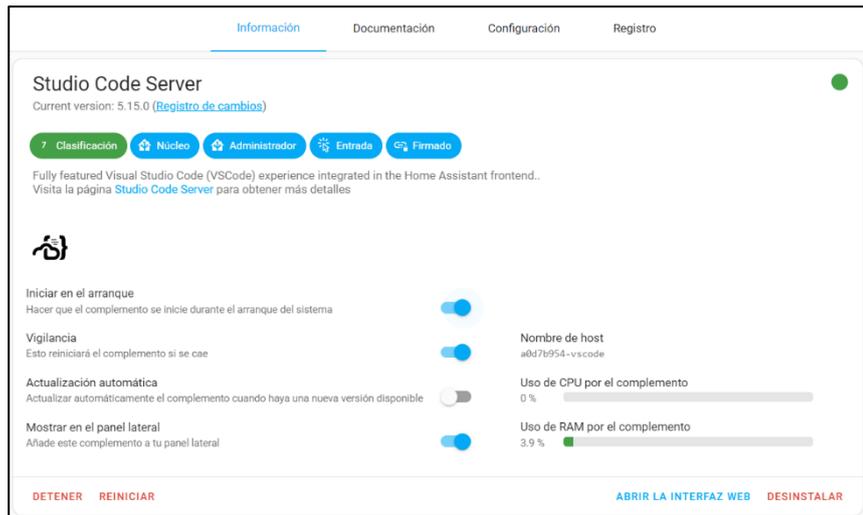


Figura 10. Opciones para instalación de Studio Code Server

Para completar el proceso de instalación con éxito es necesario activar las opciones necesarias del complemento en la pestaña de información. Estas opciones son repetitivas para cada complemento, entre estas pueden escogerse (Figura 10):

- Iniciar en el arranque: Hacer que el complemento inicie automáticamente durante el arranque del sistema.
- Vigilancia: Ante algún error del servidor del complemento (caída), el complemento se reiniciará automáticamente para evitar pérdidas de conexión prolongadas.
- Actualización automática: Cada vez que exista una última versión disponible del complemento, se actualizará.
- Mostrar en la barra lateral: Para un manejo más cómodo y acceso rápido se muestra el complemento en la barra lateral izquierda del panel

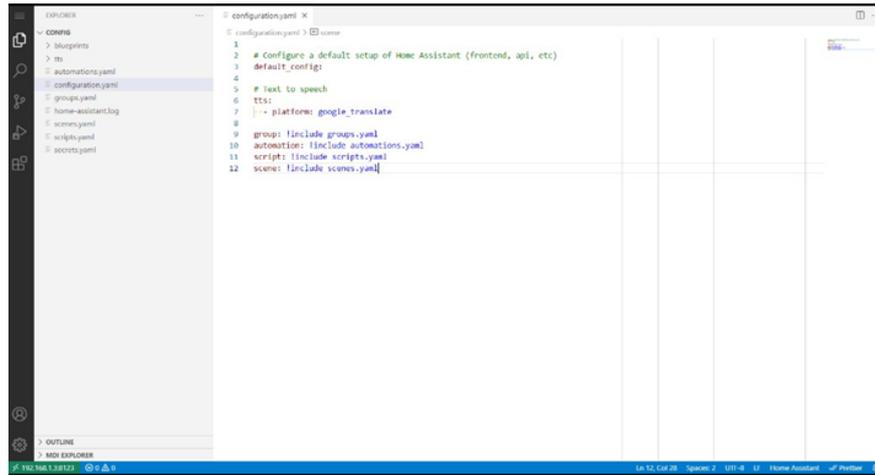


Figura 11. Vista del panel de configuraciones en Studio code server

En la Figura 11 se muestra el estado de la ventana de configuración de Home Assistant en el complemento de Visual Studio. Este complemento es fundamental, ya que toda la lógica, sensores, condicionales, y más se declararán dentro de ese apartado. Además, para la integración con ciertos dispositivos es necesaria también la escritura de líneas de código.

### 3.3.4.3. Terminal & SSH

El addon "Terminal & SSH" en Home Assistant sirve para proporcionar acceso a la línea de comandos del sistema donde está instalado Home Assistant. Este acceso se realiza mediante una terminal local o una conexión SSH (Secure Shell). Entre sus principales funciones usaremos la que corresponde a instalación y gestión de software adicional y herramientas específicas (Figura 12).

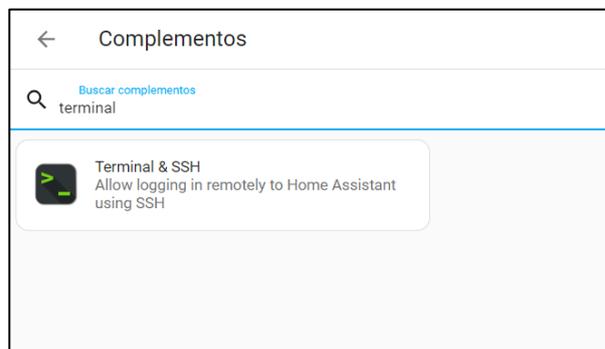


Figura 12. Terminal & SSH en complementos

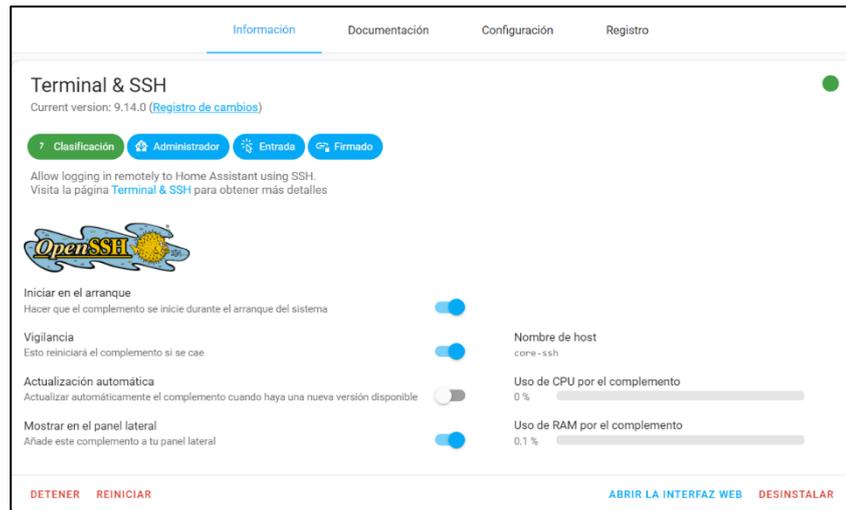


Figura 13. Configuraciones en Terminal & SSH.

Para completar el proceso de instalación marcaremos la opción de “Mostrar en el panel lateral” e “Iniciar en el arranque”. (Figura 13)

#### 3.3.4.4. HACS

HACS es la abreviación de "Home Assistant Community Store", es un complemento para Home Assistant que sirve como una tienda comunitaria de integración y personalización. Permite a los usuarios acceder, instalar y gestionar contenido creado por la comunidad de forma sencilla.

Su proceso de instalación está detallado en el siguiente repositorio:

<https://hacs.xyz/docs/setup/download>

El cual consiste en ejecutar la siguiente línea de comando usando el addon Terminal & SSH:

```
wget -O - https://get.hacs.xyz | bash -
```

Este complemento nos servirá para realizar la integración de los dispositivos Sonoff para la medición de consumo energético.

#### 3.3.4.5. Mini-graph-card

Este complemento sirve para crear gráficos compactos y personalizables que visualizan datos de sensores de manera clara

y estética en la interfaz de usuario de Home Assistant. Este complemento es muy popular debido a su flexibilidad y capacidad de personalización, permitiendo a los usuarios presentar datos de sensores de manera concisa y efectiva.

La instalación se realiza mediante HACS, en el apartado de *Interfaz*. (Figura 14)

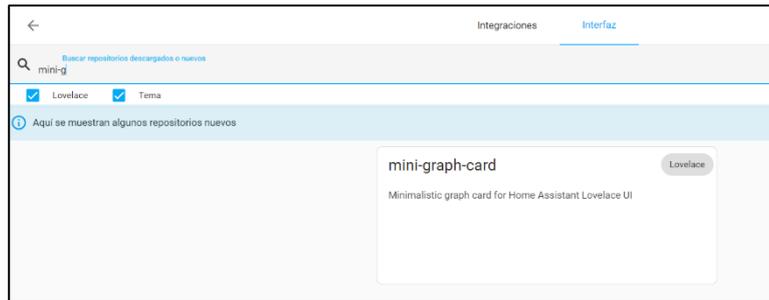


Figura 14. Mini-graph-card en panel de interfaz en HACS.

### 3.3.5. Características de dispositivos de monitoreo energético

#### 3.3.5.1. Sonoff POW R2:

- Tipo de dispositivo: switch inteligente
- Marca: Sonoff
- Certificaciones: CE/FCC/ROHS
- Dimensiones: 114 x 52 x 33mm
- Voltaje: 100 – 240V AC 50/60 Hz
- Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n 2.4Ghz.
- Potencia máxima soportada: 3500W (15A)
- Aplicación móvil: eWeLink



Figura 15. Sonoff POWR2 y vista de aplicación eWeLink.

En cuanto a la visualización de valores obtenidos del dispositivo a su aplicación predeterminada (eWeLink), se muestra en un histograma el consumo diario en kWh en un periodo mensual. Asimismo, en la parte superior, indica en tarjetas de visualización el valor de la suma del consumo de energía mensual, y cuenta con una opción de configurar una tarifa por cada kWh para mostrar un aproximado de costo en soles del monto a pagar por ese dispositivo.

Observación: En esta aplicación móvil indica, además de la potencia en vatios, el voltaje y la corriente en tiempo real del dispositivo que esté conectado al enchufe inteligente. La visualización del consumo energético diario del dispositivo solo puede verse en un histograma, y no cuenta con la funcionalidad de saber en qué hora del día estuvo en funcionamiento, es decir, el comportamiento energético no es posible visualizar en su aplicación predeterminada.

#### **3.3.5.2. Broadlink SP3 – US**

- Tipo de dispositivo: Enchufe inteligente con medidor de energía incorporado.
- Marca: Broadlink
- Certificaciones: CE/FCC/ROHS.
- Dimensiones: 45 x 53.5 x 80 mm
- Corriente nominal: 15A
- Voltaje nominal: 110 – 240V 60 Hz.
- Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n 2.4Ghz.
- Aplicación móvil: Broadlink



Figura 16. Enchufe Broadlink y vista de dashboard aplicación Broadlink

En cuanto a la visualización de los valores obtenidos del dispositivo en su aplicación predeterminada, el consumo energético en kWh diario se muestra en gráfico de barras.

Observación: A diferencia del switch inteligente de Sonoff, no cuenta con la tarjeta de visualización que muestra el consumado total del mes en kWh, ni con la opción de configurar una tarifa de electricidad y obtener un cálculo aproximado en soles por el consumo del dispositivo. Sin embargo, este enchufe inteligente con medidor de energía incorporado cuenta la funcionalidad de conocer el comportamiento energético durante el día (por horas) del dispositivo.

|   | <b>Sonoff<br/>POW R2</b> | <b>Broadlink<br/>SP3 US</b> |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Aplicación móvil  | eWeLink                  | Broadlink                   |
| Tipo de dispositivo   | Switch                   | Enchufe                     |
| Indicador de voltaje  | Sí                       | No                          |
| Indicador de corriente  | Sí                       | No                          |
| Indicador de potencia   | Sí                       | No                          |
| Tipo de gráfica de visualización de energía consumida               | Gráfico de barras        | Gráfico de barras           |
| Indicador de consumo mensual de energía consumida                   | Sí                       | No                          |
| Opción de configurar una tarifa según la energía consumida          | Sí                       | No                          |
| Visualización de comportamiento energético en el transcurso del día | No                       | Sí                          |

Tabla 1. Tabla de comparación entre aplicaciones eWeLink y Broadlink.

### 3.3.6. Electrodomésticos monitoreados

#### 3.3.6.1. Electrobomba de agua



Figura 17. Electrobomba de agua instalada en domicilio.

Especificaciones técnicas:

- Marca: Pedrollo
- Modelo: CPM 610
- Tipo de bomba: Centrífuga
- Poder de descarga máximo: 80 l/min
- Presión máxima: 28 PSI
- Caudal máximo: 70 l/min
- Potencia: 0.85 HP

### 3.3.6.2. Refrigerador-Congelador



Figura 18. Especificaciones técnicas de refrigerador en domicilio.

#### Especificaciones técnicas:

- Marca LG
- Modelo: GS65SPPN
- Refrigerante: R600a 83g
- Capacidad neta: 601 litros
- Tecnología Inverter Linear Compresor
- Corriente nominal 1.8 A

### 3.3.6.3. Televisor



Figura 19. Especificaciones técnicas en Televisor de domicilio.

#### Especificaciones técnicas:

- HDR Activo
- Tamaño de pantalla: Marca LG

- Tipo de pantalla: LED, panel IPS
- Resolución: 3840 x 2160 (4K)
- Calidad de imagen 55 pulgadas
- Salida de audio: 20W
- Alimentación: 100-240Vca 50-60 Hz
- Corriente nominal: 1.4 A

### 3.3.6.4. Lavadora



Figura 20. Especificaciones técnicas de lavadora en domicilio.

### Especificaciones técnicas:

- Marca: LG
- Modelo: TS1604NW
- Capacidad de lavado: 16 kg
- Tecnología Smart Inverter y Smart Motion
- Consumo de energía promedio por ciclo 40°C: 0.1 kWh

### 3.3.6.5. Plancha



Figura 21. Especificaciones técnicas de plancha instalada en domicilio.

Especificaciones técnicas:

- Marca: Oster
- Modelo: GCSTBV4119
- Alimentación: 220V, 50-60Hz
- Potencia máxima: 1000W

### 3.3.7. Instalación de dispositivos de monitoreo

#### 3.3.7.1. Sonoff POW R2:

Este dispositivo presenta una instalación que requiere conocimientos básicos de conexiones eléctricas domiciliarias, ya que, en resumen, es un dispositivo que interrumpe en los cables de conexión del dispositivo dispuesto a controlar, lo que le permite medir la voltaje y corriente que circula sobre el equipo.



Figura 22. Diagrama de conexión de Sonoff POWR2 para electrobomba.

La figura 22 representa el ejemplo de conexión realizada para el monitoreo de energía de una bomba periférica de agua (ideal para uso domiciliario). Para el proceso de instalación se tuvo en cuenta los principales equipos de protección eléctrica domiciliaria. El dispositivo inteligente Sonoff se instaló antes del interruptor termomagnético correspondiente a la bomba de agua, ya que, ante algún cortocircuito, se accione el termomagnético y proteja al dispositivo inteligente que actúa como medidor de energía.

### **3.3.7.2. Broadlink SP3 US**

Estos dispositivos, al ser enchufes inteligentes, no es necesario realizar conexiones de mayor dificultad, ya que se conectan a los tomacorrientes convencionales de pared, y el equipo deseado de monitorear se conecta sobre los dispositivos inteligentes.

### **3.3.8. Vinculación de dispositivos de monitoreo**

Estos dispositivos inteligentes, cuentan con un proceso de vinculación y configuración parecidas, ya que sus funcionalidades son casi las mismas y cuentan con tecnología de software domótico similar también.

Los dispositivos, como todo sistema eléctrico, cuentan con un botón mecánico que sirven como indicador de estado o de red, y cuya función también sirve para el proceso de vinculación. Basta con mantener presionado sus respectivos botones físicos durante 3 segundos y los dispositivos entrarán al modo de emparejamiento, buscando una red Wifi para vincularse. Al configurar la red (nombre y contraseña) con la que se trabajará en todo el proceso, se procederá a asignarle un nombre según el dispositivo que controle y se tendrá acceso automático a los indicadores y funcionalidades que brinde cada aplicación predeterminada. Cabe mencionar que todo este proceso se realiza luego de instalar en un teléfono móvil las respectivas aplicaciones móviles de los dispositivos.

### **3.3.9. Integración de dispositivos con Home Assistant**

#### **3.3.9.1. Sonoff POW R2**

Como se ha mencionado anteriormente, las integraciones con diferentes tecnologías y marcas de dispositivos inteligentes es una de las grandes ventajas que brinda Home Assistant. Para dispositivos de la marca Sonoff, la integración se realiza mediante el complemento HACS en su apartado de integraciones buscando "Sonoff LAN" (Figura 23).



Figura 23. Sonoff LAN en panel de integraciones en HACS

Una vez instalada la integración por medio de HACS, en el apartado de con Integración de Home Assistant aparecerá “Sonoff” como opción de búsqueda, como se ve en la Figura 24.

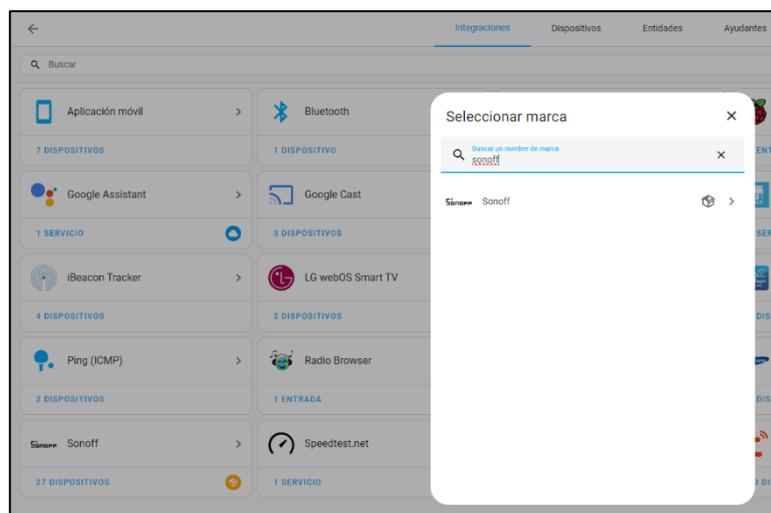


Figura 24. Sonoff en apartado de complementos de Home Assistant.

Tener en cuenta que, antes de la integración de Home Assistant, se tendrá que crear la cuenta en la aplicación eWeLink para la vinculación de los dispositivos inteligentes.

Posterior a ello, solicitará digitar la cuenta eWeLink creada en el aplicativo móvil y la contraseña correspondiente. Al verificar el login correcto se tendrá que reiniciar Home Assistant ingresando a la barra lateral en “Herramienta para desarrolladores”, en la pestaña “YAML”, el botón “Reiniciar” y seleccionar “Reiniciar Home Assistant”. (Figura 25)

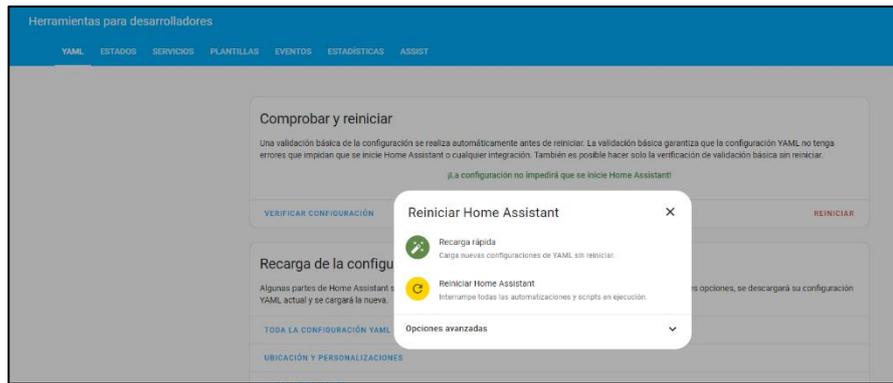


Figura 25. Panel para reiniciar Home Assistant.

Una vez reiniciado, en el apartado de “Configuraciones”, “Dispositivos y servicios”, en la pestaña de “Dispositivos” podremos encontrar los equipos vinculados con sus principales entidades tales como: corriente, voltaje y potencia.

### 3.3.9.2. Broadlink SP3 US

La integración con los dispositivos Broadlink fue más sencilla e interactiva. Home Assistant cuenta con integraciones directas instaladas con el software, y gran parte de ellas facilitan el proceso de vinculación. Estas integraciones se encuentran en el apartado *configuración/Dispositivos y servicios/Integraciones*. (Figura 26)

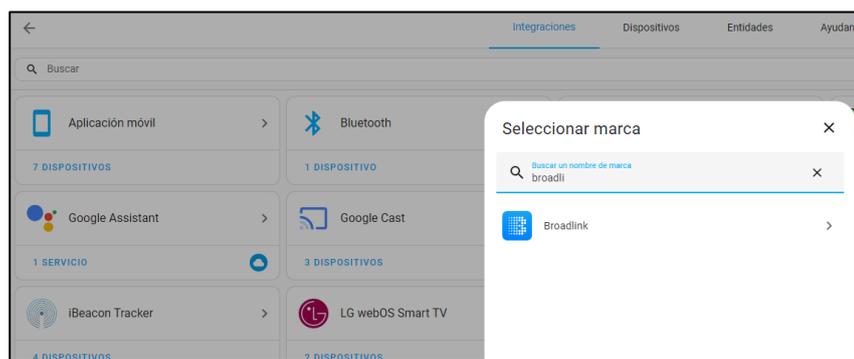


Figura 26. Broadlink en complementos de Home Assistant.

Al buscar y seleccionar la opción “Broadlink”, se ingresó la dirección IP asignada al dispositivo inteligente, este dato se encuentra visible dentro de la propia aplicación móvil. Una vez ingresada la dirección IP el software requerirá asignarle un nombre y un área del hogar para una mejor identificación. (Figura 27)

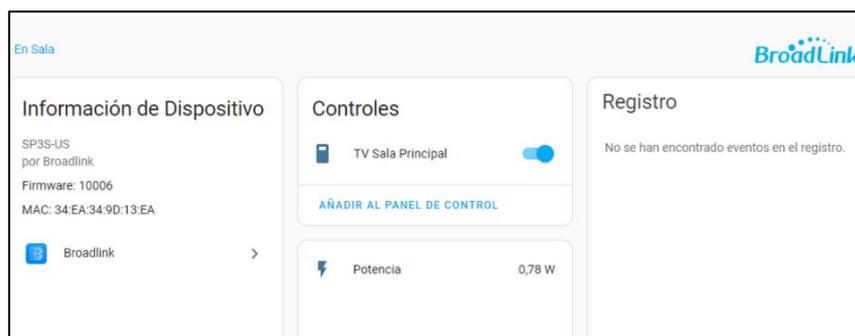


Figura 27. Información de dispositivos vinculados de cuenta Broadlink.

Al igual que en la integración anterior, luego del reinicio del software, acudimos a la pestaña “Dispositivos” y veremos la única entidad (potencia) que será necesaria más adelante.

### 3.3.10. Creación de tarjetas de visualización

#### 3.3.10.1. Ayudantes en Home Assistant para creación de sensores

Home Assistant cuenta con un apartado de “ayudantes” que son entidades especiales que los usuarios pueden crear para facilitar la configuración y gestión de automatizaciones, scripts y otras funcionalidades. Los ayudantes actúan como intermediarios para almacenar y gestionar datos que pueden ser utilizados por otras entidades o automatizaciones.

Para obtener el consumo de energía teniendo la entidad de potencia de los medidores de energía, usaremos el ayudante tipo "Sensor Integral de Suma de Riemann" en Home Assistant es una herramienta que permite calcular la integral acumulada de una variable en función del tiempo. Esto es particularmente útil para medir el total de una cantidad variable que se acumula con el tiempo, como el consumo de energía, el uso de agua, o cualquier otra métrica que cambie continuamente y se quiera totalizar.

##### 3.3.10.1.1. Suma de Riemann

La suma de Riemann es un método matemático para aproximar el valor de una integral. En términos sencillos, consiste en dividir el área bajo una curva en pequeños

rectángulos y sumar sus áreas para obtener una aproximación del área total.

### 3.3.10.2. Creación de entidad para consumo de energía en kWh

Para la creación las entidades aprovechamos la sección de Ayudantes que se encuentra en el apartado de *Ajustes/Dispositivos y servicios* y creamos un ayudante tipo Integración – Sensor de suma integral de Riemann.

Figura 28. Vistazo de ayudante de sensor integral de suma de Riemann.

Home Assistant soporta varios métodos de suma de Riemann:

- Izquierda: Utiliza el valor inicial de cada intervalo de tiempo (método ideal para la aplicación).
- Derecha: Utiliza el valor final de cada intervalo de tiempo.
- Trapezoidal: Utiliza el promedio de los valores inicial y final de cada intervalo de tiempo, formando trapecios en lugar de rectángulos.

Y configuramos los parámetros clave:

- Nombre: El nombre del sensor.
- Sensor de entrada: El sensor de origen del cual se tomará la variable a integrar (sensor de potencia de los equipos inteligentes)

- Método de integración: El método de suma de Riemann a usar (left, right, trapezoidal).
- Prefijo métrico: Prefijo de la unidad (por ejemplo, k para kilo).
- Unidad de tiempo: Sirve para normalizar las lecturas de la variable medida en términos de tiempo (usaremos horas para la aplicación)

Figura 29. Configuraciones de ayudante de sensor integral de suma de Riemann.

Realizamos este procedimiento usando la entidad de potencia de los 5 equipos inteligentes vinculados.

### 3.3.10.3. Creación de contadores periódicos de energía en kWh

Para la creación de contadores de energía de diferentes periodos de tiempo (diarios, semanales y mensuales) se utilizó el tipo de ayudante “Contador” o “Utility meter”. Este ayudante permite crear sensores que acumulen el consumo medido por otros sensores a lo largo de intervalos de tiempo configurables. Esto es particularmente útil para monitorizar y analizar el uso de recursos como la electricidad o el agua y facilita la facturación y la optimización del consumo

Sus características principales son:

- Medición Periódica: Configura períodos de tiempo específicos (diario, semanal, mensual, anual) para el rastreo del consumo.

- **Reinicio Automático:** Reinicia automáticamente el contador al inicio de cada período configurado.
- **Tarifas:** Permite configurar tarifas para diferentes períodos de tiempo, útil para estructuras de precios variables como tarifas de electricidad según el horario.

Para los parámetros de configuración se tienen los siguientes: (Figura 30)

- **Sensor de entrada:** Es el sensor que proporciona los datos de consumo. Para este caso serán los sensores creados con el ayudante de sensor integral suma de Riemann.
- **Ciclo de reinicio del contador:** Define el ciclo de tiempo para el sensor de utilidad (diariamente, semanalmente, etc.)
- **Tarifas soportadas** Define las tarifas que pueden aplicarse en diferentes períodos de tiempo (opcional).

**Añadir contador** ✕

Crea un sensor que rastree el consumo de varios servicios públicos (p. ej., energía, gas, agua, calefacción) durante un período de tiempo configurado, generalmente mensual. El sensor del medidor de servicios admite opcionalmente dividir el consumo por tarifas, en ese caso se crea un sensor para cada tarifa, así como una entidad de selección para elegir la tarifa actual.

Nombre\*  
Consumo diario electrobomba

Sensor de entrada\*  
Acumulado electrobomba ✕ ▾

Ciclo de reinicio del contador\*  
Diariamente ▾

Compensación de reinicio del medidor\*  
0 days

Compensar el día de reinicio del medidor mensual.

0.97 ✕

Tarifas soportadas ▾

Figura 30. Configuraciones para ayudante tipo contador de energía.

Se crearon un total de 15 sensores utilizando este ayudante:

- **Consumo diario:** Electrobomba, lavadora, plancha, refrigerador y televisor.
- **Consumo semanal:** Electrobomba, lavadora, plancha, refrigerador y televisor.

- Consumo mensual: Electrobonbomba, lavadora, plancha, refrigerador y televisor.

### 3.3.10.4. Tarjetas de visualización

Para la visualización de las entidades que usaremos para monitorear el consumo de energía se usaron los siguientes tipos:

**Vistazo:** Esta tarjeta permite mostrar entidades de manera horizontal, permitiendo diferencia por nombre e ícono el parámetro correspondiente y su valor actual. Teniendo además las opciones de mostrar los nombres de las entidades, el estado y agregar un título, como se muestra en la Figura 31.

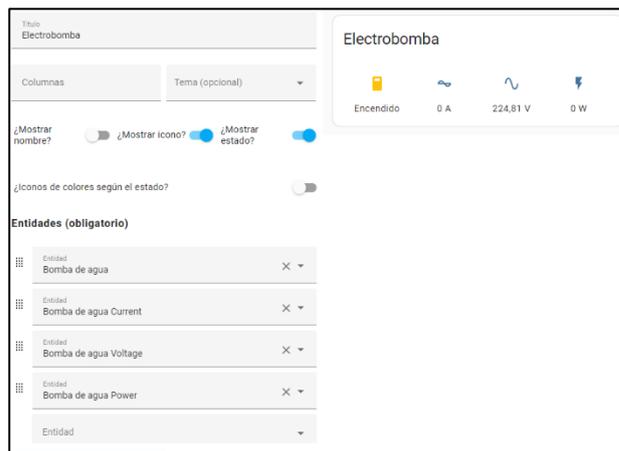


Figura 31. Tarjeta configurada en tipo vistazo.

**Gráfico histórico:** Esta tarjeta permite graficar el comportamiento de las entidades seleccionadas para visualizar las tendencias. Además, podemos seleccionar la cantidad de horas para mostrar, así como los límites máximo y mínimo del eje y de la gráfica, como se muestra en la Figura 32

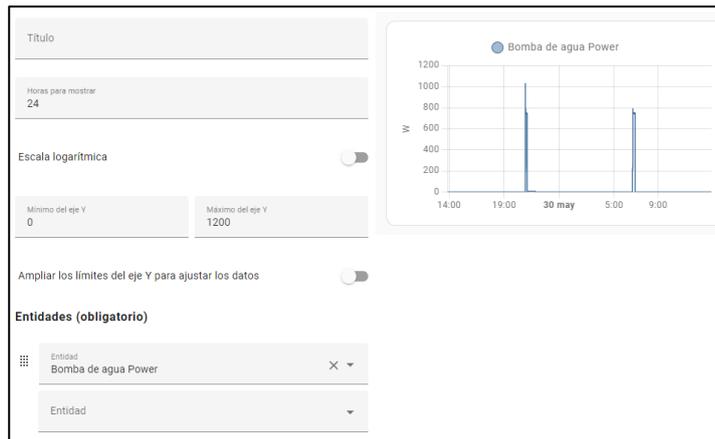


Figura 32. Tarjeta configurada en tipo gráfico histórico.

**Entidad:** Esta tarjeta permite mostrar contenido de entidades usando complementos como mini-graph-card (Figura 33). Para ello, debemos modificar la tarjeta en tipo editor de código. Usaremos los sensores creados con el ayudando “Contador” y de la configuración de periodo diario. Además, podremos configurar parámetros para mejorar la visualización con colores, rangos, cantidad de días para mostrar, etc. Todas las configuraciones del complemento se encuentran en el siguiente repositorio:

<https://github.com/kalkih/mini-graph-card>

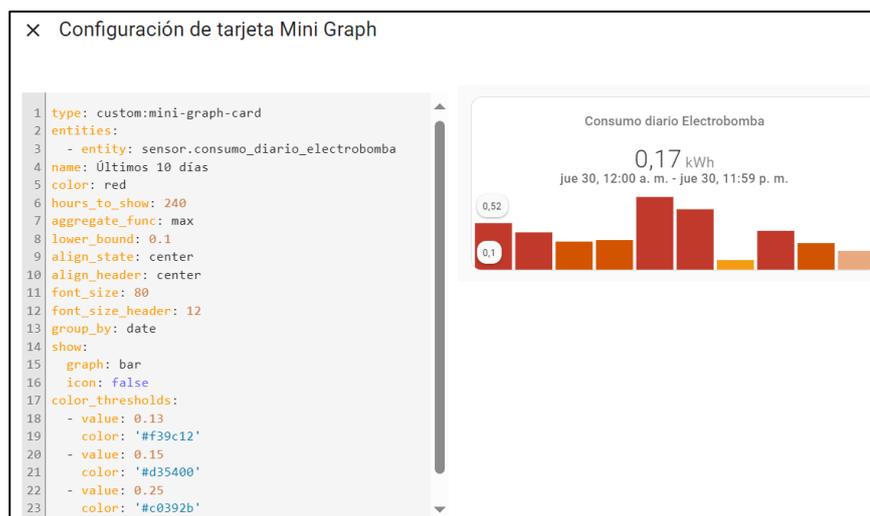


Figura 33. Tarjeta configurada usando visualización mini-grap-card.

Una vez creada las tarjetas de visualización se procedió a armar el panel de monitoreo con los principales indicadores de consumo de energía para los electrodomésticos siguiente la estructura: (Figura 34)

- Entidades de energía de los equipos inteligentes
- Gráfico de comportamiento/tendencia del consumo de energía.
- Gráfico de barras mostrando los últimos 10 días de consumo de energía diario.

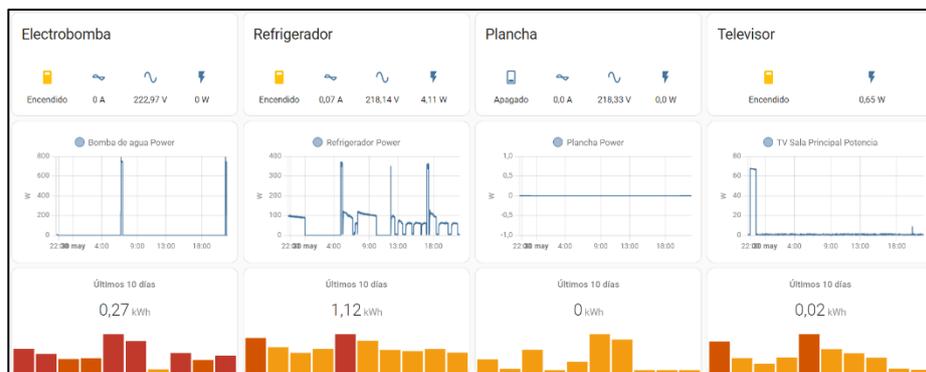


Figura 34. Panel de monitoreo creado para electrodomésticos.

### 3.3.11. Integración de MariaDB y phpMyAdmin para base de datos.

Para el almacenamiento, gestión y análisis de datos, se aprovechó la integración del software Home Assistant con MariaDB como servidor de base de datos SQL y phpMyAdmin como interfaz para administración de base de datos. Realizamos la búsqueda del complemento, instalamos y configuramos (Figura 37)

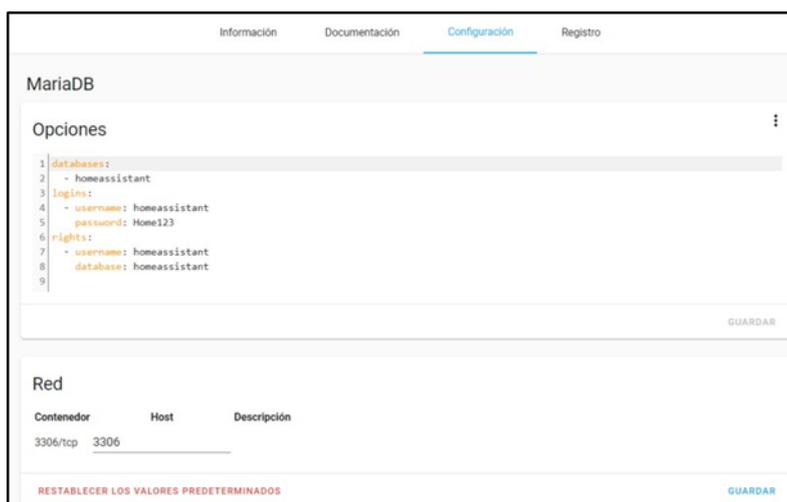


Figura 35. Configuraciones para integración de MariaDB

En la Figura 35, se muestra las líneas de código a modificar: el nombre de usuario (username), la contraseña (password) y el puerto

de Host (3306) para poder acceder como cliente externo de ser necesario.



Figura 36. Configuración para complemento phpMyadmin.

Como se muestra en la Figura 36, no fue necesario configuración alguna, bastó con descargar e instalar el complemento activando las opciones de inicio al arranque, vigilancia y mostrar en la barra lateral para tener acceso directo al consultar la base de datos.

Para declarar en el fichero de configuración de Home Assistant que el registro de los datos de los sensores los almacene en MariaDB, debemos agregar un par de líneas de código:

**recorder:**

**db\_url: mysql://homeassistant:password@core-mariadb/homeassistant?charset=utf8mb4**

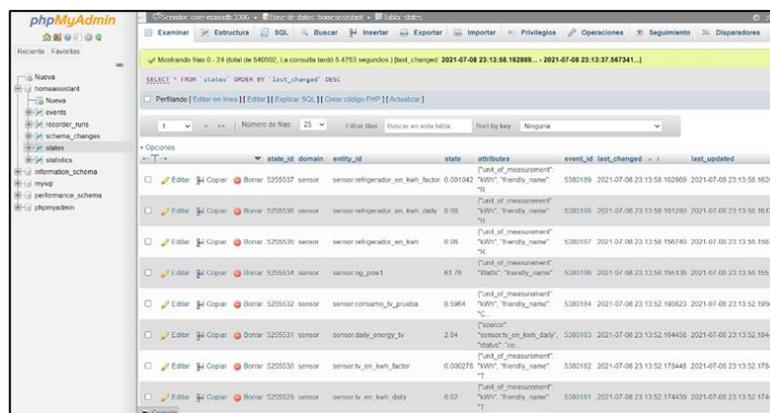


Figura 37. Vistazo de consultor de datos de SQL.

### 3.3.12. Integración de Home Assistant con WhatsApp como medio de notificaciones

El presente trabajo tiene como objetivo específico lograr interacción entre el/los usuarios de la vivienda unifamiliar y el comportamiento de consumo energético de sus dispositivos monitoreados. Para ello se configuró la integración de Home Assistant con un servicio gratuito de mensajería y voz multiplataforma mundialmente conocida: WhatsApp.

Esta integración permitirá recibir notificaciones en tiempo real sobre:

- Mediciones de consumo energético de dispositivos.
- Sugerencias de acciones previamente configuradas.
- Avisos de funcionamiento de dispositivos.
- Reportes consumo diario de dispositivos.

Además, para recibir estas notificaciones no es necesario estar conectado a la misma red de la Raspberry, lo que permitirá la interacción mencionada desde cualquier parte del mundo.

La integración se logra gracias a una API (interfaz de programación de aplicaciones) gratuita: CallMeBot. Esta interfaz ofrece un número limitado de envío de mensajes, luego de ello tiene un costo de 4 dólares anuales por dispositivo o número telefónico asociado, monto aceptable por tener los beneficios de recibir alertas, avisos, sugerencias del sistema de monitoreo energético realizado.

Proceso de integración:

(<https://www.callmebot.com/blog/whatsapp-text-messages-from-homeassistant/>)

Para el proceso de integración se realizaron los siguientes pasos:

- Agregar el número “+34644179464” en nuestros contactos con el nombre de libre elección.
- Enviar por WhatsApp el siguiente mensaje: “*I allow callmebot to send me messages*”

- Recibiremos un mensaje automático con un código llamado “*apikey*”, dicho código será necesario para la integración con Home Assistant.

En el fichero de configuración de Home Assistant se agregaron estas líneas de código:

```
- name: Nombre_libre_de_elección
  platform: rest
  resource: https://api.callmebot.com/whatsapp.php
  data:
    source: HA
    phone: #número de celular
    apikey: #código recibido
```

Figura 38. Líneas de código para integración de Whatsapp.

Donde se le asignó un nombre a la entidad que se creó, el tipo de plataforma “rest”, el recurso de la integración, la fuente que es HA (Home Assistant), el número telefónico asociado con el código de país “+51”, y el apikey recibido en los pasos mostrados anteriormente.

### 3.3.13. Automatizaciones en Home Assistant

El software de Home Assistant cuenta con un potente sistema de creación de automatizaciones, para lograr escenas o rutinas a partir de una acción desencadenante. Todas las automatizaciones se componen de un desencadenante y una acción. Con una condición de por medio si fuera necesaria. Por ejemplo, bajo el escenario de:

*“Cuando el sensor de potencia de la bomba de agua indique más de 100 Watts y la hora supere a las 11pm, enviar un mensaje por WhatsApp con el texto “La bomba se ha encendido muy tarde”*

La automatización se divide en:

- Cuando: Sensor de potencia de bomba de agua indica más de 100 Watts.
- Y si: Hora por encima de las 11pm.
- Entonces hacer: Enviar mensaje por WhatsApp: *“La bomba se ha encendido muy tarde”*

El panel de automatizaciones se encuentra en la opción de “Configuración” de la barra lateral izquierda de la pestaña de Home Assistant. (Figura 39)

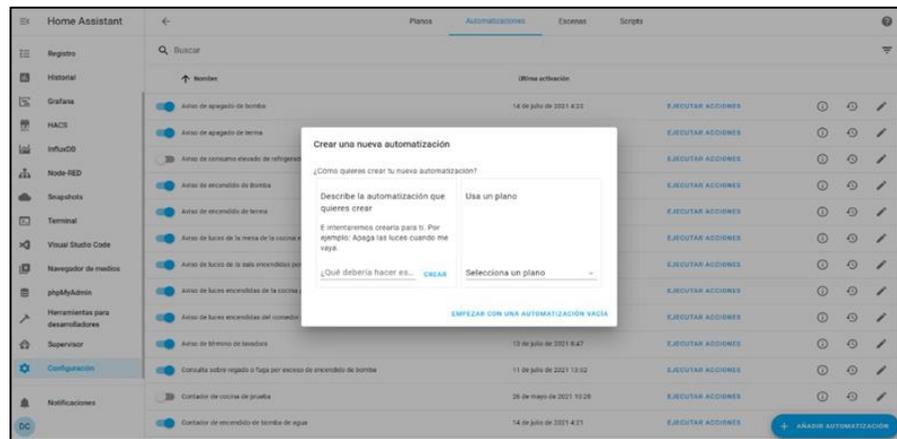


Figura 39. Creación de automatizaciones.



Figura 40. Apartado de creación de automatizaciones

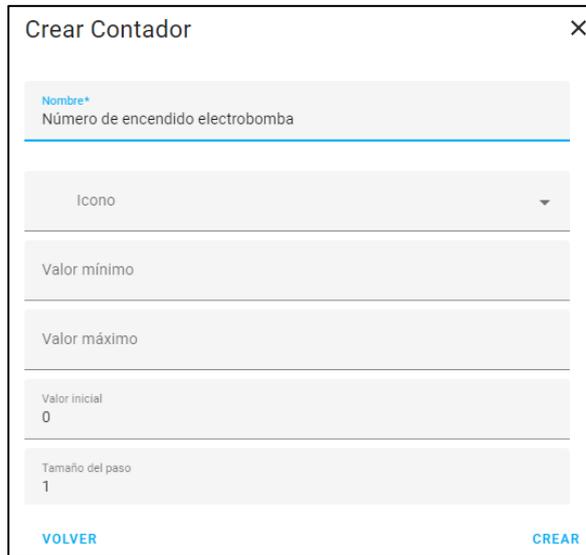
Las opciones de desencadenantes, condiciones y acciones a elegir para formar automatizaciones dependerán de los dispositivos vinculados a Home Assistant. (Figura 40)

### 3.3.14. Creación de automatizaciones para control de energía de dispositivos

#### 3.3.14.1. Número de veces de encendido

La creación de un contador capaz de mostrar las veces de encendido de un dispositivo aplica solo para equipos que tengan un comportamiento “on-off” con potencia constante, como una

bomba de agua o una terma eléctrica. Esta automatización se logra con la aplicación del ayudante tipo contador. (Figura 41)



Crear Contador

Nombre\*  
Número de encendido electrobomba

Icono

Valor mínimo

Valor máximo

Valor inicial  
0

Tamaño del paso  
1

VOLVER CREAR

Figura 41. Creación de contador para número de veces de encendido

Estos ayudantes fueron creados para los electrodomésticos: electrobomba, lavadora, plancha y televisor.

### 3.3.14.2. Aviso de estado de dispositivos

Al igual que la automatización anterior, este aviso es viable para equipos que tengan un funcionamiento “on-off” con un consumo de energía constante durante lapsos de tiempo. Para realizar esta automatización se tuvo en cuenta el sensor de potencia del dispositivo inteligente Sonoff Pow R2, ya que, al tratarse de una bomba de agua, al entrar en funcionamiento indicará el consumo por encima de 100 Watts (ejemplo de punto de referencia) y se mantendrá superior a ese valor durante unos minutos. Para el caso del apagado de bomba, se realizará la lógica inversa; cuando el sensor de potencia indique un valor por debajo de 100 Watts, significará que el motor de la bomba de agua ya se ha apagado.

En conclusión, podremos tener avisos de estados según el índice de consumo de energía brindado por los dispositivos inteligentes, teniendo así evidencias de funcionamiento grabadas en el chat de

WhatsApp, donde el registro de hora y fecha de los mensajes servirán para calcular, por tiempos, la duración de encendido de los equipos.

Para realizar dichas automatizaciones se agregaron estas líneas de código: (Figura 42, Figura 43)

```
alias: Aviso de apagado de bomba
description: ''
trigger:
- platform: numeric_state
  entity_id: sensor.bomba_potencia
  below: '100'
condition: []
action:
- service: notify.whatsapp_jd
  data:
    message: La bomba de agua se ha apagado.
```

Figura 42. Automatizaciones para notificaciones de WhatsApp (aviso de apagado de bomba).

```
alias: Aviso de encendido de Bomba
description: ''
trigger:
- platform: numeric_state
  entity_id: sensor.bomba_potencia
  above: '100'
condition: []
action:
- service: notify.whatsapp_jd
  data:
    message: La bomba de agua se ha encendido.
```

Figura 43. Automatizaciones para notificaciones de WhatsApp (aviso de encendido de bomba).

A partir de ellos, se lograron obtener notificaciones con la integración del API CallMebot.

La explicación de las líneas de código es la siguiente: el desencadenante de la automatización será el estado numérico del sensor de potencia del dispositivo que monitorea a la bomba de agua (Sonoff Pow R2), con la condición de que su valor esté por encima de los 100 Watts (valor de referencia) para enviar un aviso del encendido del dispositivo como acción. El mismo

procedimiento para el aviso del apagado cambiando la condición a que alerte cuando el valor esté por debajo de los 100 Watts.

### 3.3.14.3. Estado de los electrodomésticos

Para el análisis de datos de consumo de energía de los electrodomésticos fue necesario saber el estado actual de los equipos, es decir, en qué momento estaban encendidos y apagados durante el día. Para ello se crearon automatizaciones que, en base a la medición de potencia de los dispositivos, comande una entrada booleana en 'on' o en 'off'. Tal como se muestra en la Figura 44.

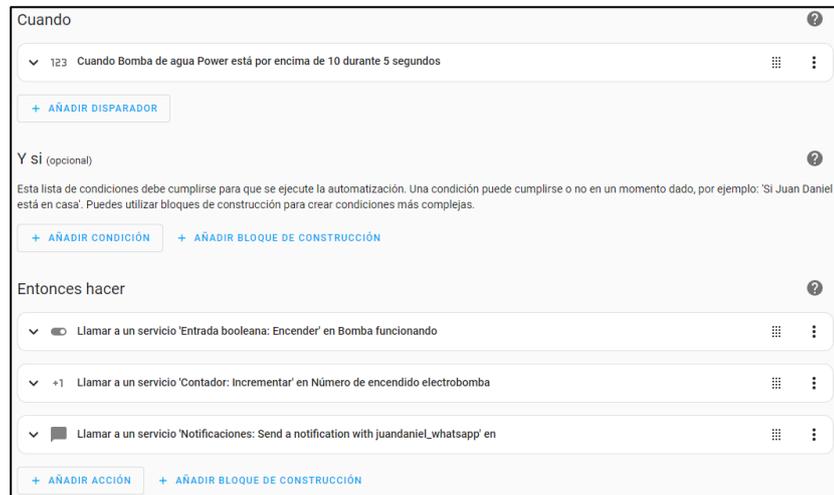


Figura 44. Automatización para saber estado de electrodoméstico (en uso o en no uso)

Este ejemplo se explica de la siguiente manera: Cuando el medidor de energía de la electrobomba tenga un valor numérico por encima de 10 watts al menos por 5 segundos (para no leer falsos picos), configurará en 'on' (o Encender) una entrada booleana llamada "Bomba funcionando". Además, incrementará en una unidad el contador llamado "Número de encendido eletrobomba" y adicionalmente enviará una notificación de WhatsApp cuando se encienda para saber la hora de encendido y funcionamiento.

### 3.3.14.4. Datos estadísticos de tiempo de funcionamiento

En los electrodomésticos como: electrobomba, lavadora, plancha y televisor se crearon sensores para medir el tiempo de

funcionamiento para obtener el indicador de tiempo de uso y detectar posibles fallas o alertar ante consumos de energía excesivo en función del tiempo.

Para la creación de estos sensores se utilizó la plataforma `history_stats` en Home Assistant, que es una herramienta que permite crear sensores que calculan estadísticas basadas en el historial de estados de otras entidades. Estos sensores pueden medir el tiempo que una entidad ha estado en un determinado estado, contar cuántas veces ha cambiado de estado, o calcular el tiempo transcurrido entre dos eventos.

La plataforma `history_stats` soporta el uso de plantillas de Jinja (motor de plantillas para Python, que permite incorporar lógica en las plantillas y generar contenido dinámicamente) para definir los períodos de tiempo. Esto permite una gran flexibilidad para crear sensores que se ajusten a necesidades específicas. Los casos más comunes para usar estas plantillas son:

- **Monitoreo de Energía:** Medir cuánto tiempo ha estado encendido un dispositivo eléctrico para calcular su consumo energético.
- **Seguridad:** Monitorear cuánto tiempo ha estado abierta una puerta o ventana.
- **Automatización del Hogar:** Crear automatizaciones basadas en el tiempo de uso de dispositivos (por ejemplo, apagar las luces automáticamente si han estado encendidas demasiado tiempo).
- **Rastreo de Comportamiento:** Medir el tiempo de actividad de dispositivos de entretenimiento como televisores o consolas de juegos.

Para la creación de los sensores de tiempo de funcionamiento durante el día se utilizaron las siguientes líneas de código:

```

- platform: history_stats
  name: Bomba funcionando hoy
  entity_id: input_boolean.bomba_funcionando
  state: "on"
  type: time
  start: "{{ now().replace(hour=0).replace(minute=0).replace(second=0) }}"
  end: "{{ now() }}"

```

Figura 45. Líneas de código para tiempo de funcionamiento diario de un electrodoméstico

En donde se sigue la siguiente estructura:

- *platform*: Define que se está utilizando la plataforma `history_stats` para crear este sensor.
- *name*: Nombre del nuevo sensor.
- *entity\_id*: Especifica la entidad de la cual se quiere obtener las estadísticas. En este caso, es la entrada booleana creada anteriormente.
- *state*: Define el estado de interés para la entidad. El sensor calculará cuánto tiempo ha estado la entidad en el estado "on".
- *type*: Define el tipo de estadística que se está calculando. `time` indica que se medirá el tiempo total que la entidad ha estado en el estado especificado.
- *start*: Define el inicio del período de tiempo para el cálculo. Este valor utiliza una plantilla de Jinja para establecer la hora de inicio en la medianoche de hoy (00:00:00).
- *end*: Define el final del período de tiempo para el cálculo. Este valor utiliza una plantilla de Jinja para establecer la hora de fin en el momento actual.

Para la creación de sensores de tiempo de funcionamiento durante el mes, se utilizaron las siguientes líneas de código:

```

- platform: history_stats
  name: Bomba funcionando este mes
  entity_id: input_boolean.bomba_funcionando
  state: "on"
  type: time
  end: "{{ now() }}"
  duration:
    days: 30

```

Figura 46. Líneas de código para tiempo de funcionamiento en el mes.

Estos sensores diarios y mensuales fueron creados para los electrodomésticos: electrobomba, lavadora, plancha y televisor.

### 3.3.14.5. Reportes de consumados energéticos de dispositivos

Con la creación de los sensores en los puntos anteriores se configuró una notificación como reporte para enviar por WhatsApp el resumen de los indicadores de energía de los electrodomésticos. Para ello se emplearon las siguientes líneas de código:

```
alias: Reporte de consumo energético diario
description: ''
trigger:
- platform: time
  at: '23:59:00'
condition: []
action:
- service: notify.juandaniel_whatsapp
  data:
  message: ""Reporte de consumo energético diario*\n*|00:00h - 23:59h| Tarifa
  de 0.97 Soles/kWh*\n*\n- Consumo de energía total: *{{states("sensor.consumo_diario_general")}}
  kWh*\n- Consumo de energía mensual: *{{states("sensor.consumo_mensual_general")}}
  kWh*\n*\nPrincipales equipos de consumo energético en casa:\n[Consumo|Nº
  de encendido|Tiempo funcionando|Costo]*\n*\n-Electrobomba:* |{{states("sensor.consumo_diario_electrobomba")}}
  kWh|{{states("counter.numero_de_encendido_electrobomba")}} veces|{{states("sensor.bomba_funcionando_hoy")}}
  kWh| - | - |\n*-Refrigerador:* |{{states("sensor.consumo_diario_refrigerador")}}
  kWh| - | - |\n*-TV Sala:* |{{states("sensor.consumo_diario_tv_sala_principal")}}
  kWh| - |{{states("sensor.tv_principal_funcionando_hoy")}} |\n*-Plancha:*
  |{{states("sensor.consumo_diario_plancha")}} kWh| - |{{states("sensor.plancha_funcionando_hoy")}}
  kWh| - |\n*-Lavadora:* |{{states("sensor.consumo_diario_lavadora")}} kWh| -
  |{{states("sensor.lavadora_funcionando_hoy")}} |"
- service: counter.reset
  data: {}
  target:
  entity_id:
  - counter.numero_de_encendido_electrobomba
  - counter.numero_de_encendido_terma
  - counter.numero_de_encendido_plancha
  - counter.numero_de_encendido_televisor
  - counter.numero_de_encendido_lavadora
enabled: true
```

Figura 47. Código para enviar notificación de reporte de energía de electrodomésticos.

La explicación es la siguiente: Todos los días a las 11:59pm llegará un mensaje de WhatsApp de encabezado “Reporte de consumo energético diario” con la estructura que se muestra en la Figura 48:

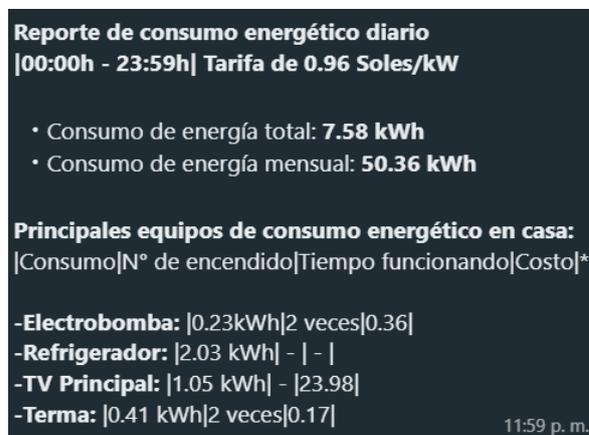


Figura 48. Vista de notificación de WhatsApp recibida.

Además, al recibir este mensaje finalizando el día se reiniciaron los contadores de encendido de los electrodomésticos.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de investigación**

#### **3.4.1. Observación / Guía de observación**

Consistió en una tabla que registró los resultados de la medición del consumo energético del tablero de eléctrico de un hogar unifamiliar antes y después de la implementación del sistema desarrollado.

#### **3.4.2. Medidores de energía**

Medidores de energía instalados en los principales focos de consumo energético (iluminación y electrodomésticos) para obtener los indicadores y datos necesarios.

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

Se comparó el consumo diario de energía en kWh de los meses de adquisición de datos (enero y febrero) con los meses que contaban con el sistema de automatizaciones, notificaciones y reportes en funcionamiento completo (abril y mayo). El mes de marzo no se tomó en cuenta ya que fue el mes de puesta en marcha de automatizaciones y se hicieron ajustes según experiencias de usuario.

Del mismo modo se comparó la desviación estándar muestral de los meses de control (enero y febrero) y los posteriores (abril y mayo) a la implementación de equipamiento, automatizaciones, etc. Esto con el fin de validar la coherencia y qué tan dispersos están los datos. Además, para calcular la misma cantidad de días, en base a los meses de control, se tomarán 60 días de abril y mayo.

Se seguirá el siguiente procedimiento:

Fórmulas:

$$\frac{\sum P + \sum T + \sum R + \sum E + \sum L}{n1} = x \text{ kWh/día}$$

*P: Consumo de la plancha en un día*

*T: Consumo del televisor en un día*

*R: Consumo de la refrigeradora en un día*

*E: Consumo de la electrobomba en un día*

*L: Consumo de la lavadora en un día*

*n1: Cantidad de días de los meses de enero y febrero*

*x: Consumo promedio al día en kWh/día de todos los dispositivos*

$$\frac{\sum P + \sum T + \sum R + \sum E + \sum L}{n2} = y \text{ kWh/día}$$

*P: Consumo energético de la plancha en un día*

*T: Consumo energético del televisor en un día*

*R: Consumo energético de la refrigeradora en un día*

*E: Consumo energético de la electrobomba en un día*

*L: Consumo energético de la lavadora en un día*

*n2: Cantidad de días de los meses de abril y mayo*

*y: Consumo promedio al día en kWh/día de todos los dispositivos*

Fórmula para el cálculo de la desviación estándar muestral:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

*x<sub>i</sub> = Consumo de energético total de electrodomésticos*

*$\bar{x}$  = Promedio de consumo de energético total de electrodomésticos*

*n = Cantidad de días de los meses*

Para calcular la variación en la desviación estándar muestral de ambos periodos se usará la siguiente fórmula:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \times 100\% = \Delta\sigma\%$$

Para calcular la variación porcentual obtenida se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{x - y}{x} \times 100\% = z\%$$

## IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis e interpretación de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los medidores de energía de los electrodomésticos durante los 5 meses de obtención de datos.

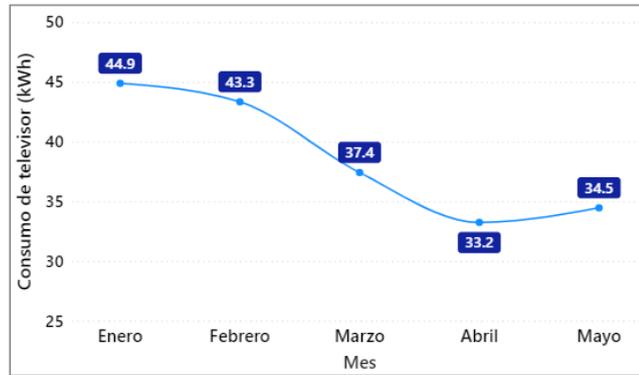


Figura 49. Consumo mensual de energía en kWh de televisor



Figura 50. Consumo mensual de energía en kWh de refrigerador

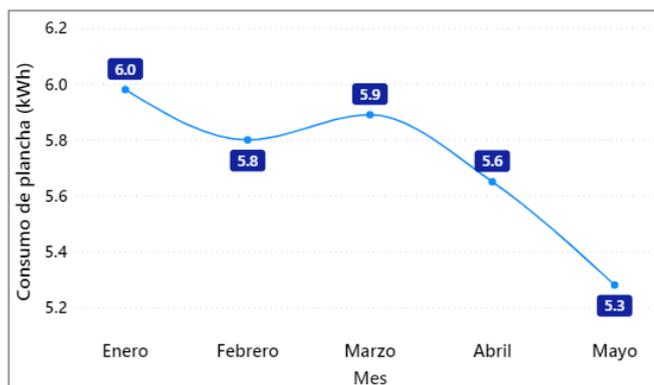


Figura 51. Consumo mensual de energía en kWh de plancha



Figura 52. Consumo mensual de energía en kWh de lavadora

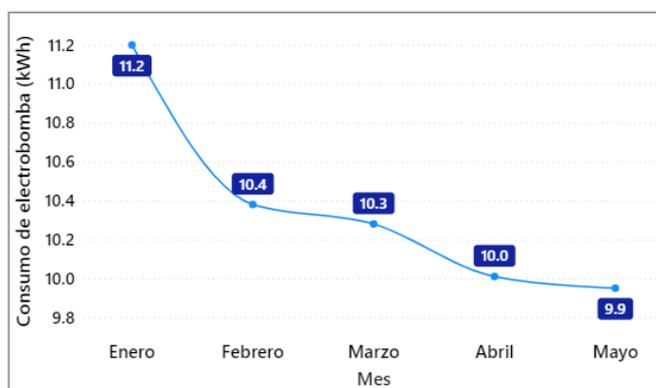


Figura 53. Consumo mensual de energía en kWh de electrobomba

| Mes     | Plancha (kWh) | Lavadora (kWh) | Refrigerador (kWh) | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) |
|---------|---------------|----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Enero   | 6.02          | 2.88           | 70.07              | 44.49           | 11.20              |
| Febrero | 5.80          | 2.13           | 73.35              | 43.74           | 10.38              |
| Total   | 11.82         | 5.01           | 143.42             | 88.23           | 21.58              |

Tabla 2. Consumo total de energía en kWh de los meses enero y febrero por electrodoméstico  
 Empleando la fórmula para obtener el consumo promedio por día de los meses enero y febrero:

$$\frac{(11.82 + 5.01 + 143.42 + 88.23 + 21.58)kWh}{(29 + 31)días} = \frac{270.1kWh}{60días} = 4.50kWh/día$$

Calculando la desviación estándar muestral con las tablas de datos de los anexos 9.8 al 9.12:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum_i^{60} (x_i - 4.5)^2}{60 - 1}} = \sqrt{\frac{31.96}{59}} = 0.74$$

| Mes   | Plancha (kWh) | Lavadora (kWh) | Refrigerador (kWh) | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) |
|-------|---------------|----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Abril | 5.65          | 2.46           | 70.89              | 33.24           | 10.01              |
| Mayo  | 5.24          | 2.34           | 68.18              | 34.46           | 9.95               |
| Total | 10.89         | 4.80           | 139.07             | 67.70           | 19.96              |

Tabla 2. Consumo total de energía en kWh de los meses abril y mayo (60 días) por electrodoméstico  
 Empleando la fórmula para obtener el consumo promedio por día de los meses enero y febrero:

$$\frac{(10.89 + 4.8 + 139.07 + 67.70 + 19.96)kWh}{(30 + 30)días} = \frac{242.4kWh}{60días} = 4.04kWh/día$$

Calculando la desviación estándar muestral con las tablas de datos de los anexos del 9.8 al 9.12:

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum_i^{60}(x_i - 4.5)^2}{60 - 1}} = \sqrt{\frac{29.69}{59}} = 0.71$$

Calculando la variación en la desviación estándar muestral de ambos periodos:

$$\frac{0.74 - 0.71}{0.74} \times 100\% = 4\%$$

Calculando la variación porcentual del promedio del consumo energético entre los meses de control (enero y febrero) y los meses de implementación (abril y mayo):

$$\frac{4.50 - 4.04}{4.50} \times 100\% = 10,2\%$$

Se obtuvo una variación del 10.2% (disminución) en el consumo promedio de energía diario en los meses de implementación.

## 4.2. Prueba de hipótesis

Para la comprobación fiabilidad de resultados se utilizó el software IBM SPSS para el análisis estadístico de los valores obtenidos de la medición de sensores:

Se realizó el análisis estadístico descriptivo del total de consumo energético de los electrodomésticos durante los 60 días (total de días de enero y febrero), y los 60 días (total de días de abril y mayo usando los 30 primeros días), como se muestra en la figura 54:

| Estadísticos descriptivos |    |        |        |        |                |
|---------------------------|----|--------|--------|--------|----------------|
|                           | N  | Mínimo | Máximo | Media  | Desv. estándar |
| Ene_Feb                   | 60 | 2.47   | 5.83   | 4.4993 | .73785         |
| Abr_May                   | 60 | 3.01   | 6.21   | 4.0410 | .70930         |
| N válido (por lista)      | 60 |        |        |        |                |

Figura 54. Análisis estadístico descriptivo de los datos

Fuente: IBM SPSS Statistics

Con el resultado obtenido, se demuestra estadísticamente los cálculos de desviación estándar planteados en el apartado 4.1.

Para la realización del análisis de estadístico se procedió a evaluar la distribución de los datos obtenidos. En tal sentido, se analizó si la muestra se ajustaba a una distribución normal, para lo cual se consideró la prueba Kolmogorov-Smirnov debido a que el tamaño de la muestra fue 60 valores.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov nos dice que:

- Si el p-value es mayor a 0.05 entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna
- Si el p-value es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna

Teniendo en cuenta que las hipótesis se definen de la siguiente manera:

$H_0 =$  Los datos siguen una distribución normal

$H_a =$  Los datos no siguen una distribución normal

| Pruebas de normalidad |                                 |    |       |              |    |      |
|-----------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                       | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                       | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| Ene_Feb               | .084                            | 60 | .200* | .970         | 60 | .150 |
| Abr_May               | .111                            | 60 | .062  | .947         | 60 | .012 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 55. Pruebas de normalidad

Fuente: IBM SPSS Statistics

Interpretando los resultados obtenidos en la figura 55:

- Al ser en ambos casos el p-value (significancia) mayor a 0.05, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna; es decir, los valores analizados presentan una distribución normal.

Teniendo en cuenta que nuestros datos se ajustan a una distribución normal, se realizó la prueba T de muestras emparejadas (T-student) para hallar el intervalo de confianza, tamaño de efecto y diferencia de medias, obteniendo los siguientes resultados del software IBM Statistics:

| Estadísticas de muestras emparejadas |         |        |    |                |                         |
|--------------------------------------|---------|--------|----|----------------|-------------------------|
|                                      |         | Media  | N  | Desv. estándar | Media de error estándar |
| Par 1                                | Ene_Feb | 4.4993 | 60 | .73785         | .09526                  |
|                                      | Abr_May | 4.0410 | 60 | .70930         | .09157                  |

| Correlaciones de muestras emparejadas |                   |    |             |                |                   |
|---------------------------------------|-------------------|----|-------------|----------------|-------------------|
|                                       |                   | N  | Correlación | Significación  |                   |
|                                       |                   |    |             | P de un factor | P de dos factores |
| Par 1                                 | Ene_Feb & Abr_May | 60 | -.198       | .064           | .128              |

Figura 56. Estadísticas y correlaciones de muestras emparejadas

| Prueba de muestras emparejadas            |                   |                           |                      |                               |  |          |               |    |                |                   |
|---|-------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------------|--|----------|---------------|----|----------------|-------------------|
|   |                   | Diferencias emparejadas   |                      |                               |  |          | Significación |    |                |                   |
|   |                   | Media                     | Desv. estándar       | Media de error estándar       | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          | t             | gl | P de un factor | P de dos factores |
|   |                   |                           |                      |                               | Inferior                                       | Superior |               |    |                |                   |
| Par 1                                     | Ene_Feb - Abr_May | .45833                    | 1.12040              | .14464                        | .16890   | .74776   | 3.169         | 59 | .001           | .002              |
| Tamaños de efecto de muestras emparejadas |                   |                           |                      |                               |  |          |               |    |                |                   |
|   |                   | Standardizer <sup>a</sup> | Estimación de puntos | Intervalo de confianza al 95% |  |          |               |    |                |                   |
|   |                   |                           |                      | Inferior                      | Superior                                       |          |               |    |                |                   |
| Par 1                                     | Ene_Feb - Abr_May | d de Cohen                | 1.12040              | .409                          | .144   | .671     |               |    |                |                   |
|   |                   | corrección de Hedges      | 1.13490              | .404                          | .142   | .662     |               |    |                |                   |

Figura 57. Prueba y tamaños de efecto de muestras emparejadas

La interpretación de las figuras 56 y 57 se presenta a continuación:

- Existe una diferencia significativa entre las medias de los periodos de enero – febrero y abril – mayo, ya que el p-value (P de dos factores) tiene un valor menor a 0.05 (el valor obtenido fue de 0.002).
- La media de la diferencia de periodos fue de 0.45833, lo que indica que, en promedio, los valores en enero - febrero son mayores que en abril - mayo.
- El tamaño del efecto calculado mediante d de Cohen fue de 1.12040. Esto indica que la diferencia entre los dos periodos analizados es considerable.
- El intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias (0.16890 y 0.74776) no incluye cero, lo que respalda la significancia estadística de la diferencia observada.

Habiendo demostrado estadísticamente la normalidad de los datos, a continuación, se detalla el consumo de energía total de electrodomésticos en los meses de enero y febrero, adicionalmente se calcula el tiempo en promedio de funcionamiento (horas) de cada electrodoméstico:

| Mes  | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) | Lavadora (kWh) | Plancha (kWh) | Refrigerador (kWh) | Suma (kWh)    |
|--|-----------------|--------------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|
| Enero  | 44.89           | 11.20              | 2.79           | 5.98          | 70.07              | 134.93        |
| Febrero  | 43.34           | 10.38              | 2.16           | 5.80          | 73.35              | 135.03        |
| <b>Total</b>   | <b>88.23</b>    | <b>21.58</b>       | <b>4.95</b>    | <b>11.78</b>  | <b>143.42</b>      | <b>269.96</b> |
| Consumo en kilowatt por cada hora de funcionamiento: |                 |                    |                |               |                    |               |
| <b>A</b>   | 0.19 kW         | 0.6 kW             | 0.2 kW         | 0.8 kW        | 0.1 kW             |               |

|  |         |        |        |        |          |  |
|--|---------|--------|--------|--------|----------|--|
| Obteniendo el promedio en horas (h) de funcionamiento al mes:                  |         |        |        |        |          |  |
| <b>Total / A</b>   |         |        |        |        |          |  |
| <b>B</b>   | 464.4 h | 35.9 h | 24.7 h | 14.7 h | 1434.2 h |  |
| Obteniendo el promedio de horas de funcionamiento al día por electrodoméstico: |         |        |        |        |          |  |
| <b>B / 60 (Total de días de los meses enero y febrero)</b>                     |         |        |        |        |          |  |
| <b>C</b>   | 7.7 h   | 0.6 h  | 0.41 h | 0.25 h | 23.9 h   |  |

Tabla 3. Consumo total de energía en kWh de los meses enero y febrero por electrodoméstico y calculo promedio en horas de uso.

De la misma manera se realiza el mismo procedimiento para los meses de abril y mayo.

| Mes  | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) | Lavadora (kWh) | Plancha (kWh) | Refrigerador (kWh) | Suma (kWh)    |
|--|-----------------|--------------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|
| Abril  | 33.24           | 10.01              | 2.46           | 5.65          | 71.73              | 123.09        |
| Mayo   | 34.46           | 9.95               | 2.34           | 5.28          | 69.83              | 121.86        |
| <b>Total</b>   | <b>67.70</b>    | <b>19.96</b>       | <b>4.80</b>    | <b>10.93</b>  | <b>141.57</b>      | <b>244.95</b> |
| Consumo en kilowatt por cada hora de funcionamiento:                           |                 |                    |                |               |                    |               |
| <b>A</b>   | 0.19 kW         | 0.6 kW             | 0.2 kW         | 0.8 kW        | 0.1 kW             |               |
| Obteniendo el promedio en horas (h) de funcionamiento al mes:                  |                 |                    |                |               |                    |               |
| <b>Total / A</b>   |                 |                    |                |               |                    |               |
| <b>B</b>   | 356.32 h        | 33.27 h            | 24 h           | 13.66 h       | 1415.7 h           |               |
| Obteniendo el promedio de horas de funcionamiento al día por electrodoméstico: |                 |                    |                |               |                    |               |
| <b>B / 60 (Total de días de los meses enero y febrero)</b>                     |                 |                    |                |               |                    |               |
| <b>C</b>   | 5.94 h          | 0.55 h             | 0.4 h          | 0.23 h        | 23.6 h             |               |

Tabla 4. Consumo total de energía en kWh de los meses marzo, abril y mayo por electrodoméstico y calculo promedio en horas de uso.

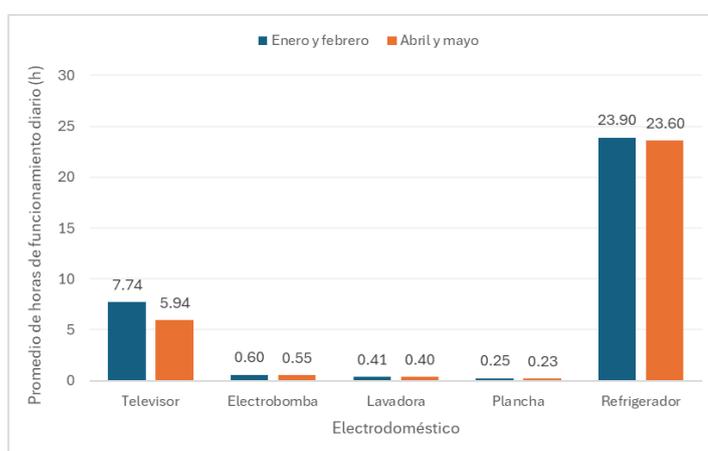


Figura 58. Comparación de promedio de horas de funcionamiento diario por electrodoméstico

En la Figura 58 realizamos la comparación de promedio de tiempo de funcionamiento diario (en horas), siendo la variación más significativa el uso del televisor notando una disminución del 23% frente a variaciones entre 8 y 11% de los electrodomésticos restantes.

## **V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En base a la data recolectada se crearon automatizaciones para cada electrodoméstico que se detallan en el anexo 7, estas fueron fundamentales ya que, mediante las notificaciones y reportes al usuario, indujeron a una racionalización de consumo energético diario y mensual. Esto fue importante debido a la información de valor resumida que se le brindó al usuario, no solo para tomar medidas correspondientes, sino también para dar paso a una cultura de eficiencia energética teniendo indicadores de energía como respaldo.

Es preciso comentar adicionalmente que, para el desarrollo del proyecto, el estilo de vida de los usuarios del hogar unifamiliar no se ha visto afectada o condicionada en su día a día. Asimismo, el alcance de un cambio en el consumo energético de electrodomésticos se verá reflejado en el actuar de los usuarios frente la interacción del sistema de análisis que se desarrolló.

Según la comparación mostrada en la Figura 58, podemos identificar que el electrodoméstico de mayor impacto en la implementación del sistema de análisis de tendencias de consumo de energía fue el televisor, esto debido a que depende de la necesidad de uso de los usuarios. Sin embargo, en los electrodomésticos restantes, la reducción es mínima ya que su uso afectaría al confort de las rutinas diarias, y más que privar de su uso, es un propósito de obtener una eficiencia en el consumo de energía frente a situaciones.

## **VI. CONCLUSIONES**

El comportamiento del consumo energético en un hogar unifamiliar en la región Áncash al incorporar el software de automatización e integración de dispositivos inteligentes Home Assistant para el control de dispositivos, obtención de tendencias e irregularidades, y reportes diarios de consumo redujo en 10.2% posterior a instalar los equipos inteligentes, la implementación de automatizaciones y generación reportes.

Se logró la integración y obtención de datos de los dispositivos inteligentes (Sonoff POW R2, Enchufe Broadlink) en el software de automatización Home Assistant gracias a una de sus principales ventajas frente a otros softwares, como es la amplia gama de admisión de tecnologías domóticas de fabricantes terceros, y que periódicamente va incrementando su soporte.

Se analizaron los datos obtenidos de las mediciones de los dispositivos inteligentes; esto permitió tomar acciones para la reducción del consumo energético y la toma de acción en las fugas de energía.

El desarrollo de un sistema de alerta mediante mensajería instantánea jugó un rol importante al ser incorporado en el sistema, ya que permitió una comunicación más sencilla y directa a nivel de usuario usando la plataforma de mensajería WhatsApp, logrando incluso recibir mensajes fuera de la red local donde estuvo conectada la Raspberry Pi. Estos mensajes configurados permitieron también sugerir acciones bajo circunstancias específicas con la finalidad de reducir el consumo energético en el hogar unifamiliar.

El sistema de reportes de consumo energético diario de electrodomésticos involucra incertidumbre sobre las tendencias semanales y mensuales de los mismos, ya que, al mantener cierta interactividad con su comportamiento y recibir mensajes programados con sugerencias de acciones, es un indicador de la inducción de hábitos de racionalización de energía. Donde se reitera que este trabajo sirve como una base para el estudio de sistemas que cuenten con un software de automatización frente a la reducción del consumo de energía.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda para futuros análisis o investigaciones que tomen como base lo presentado, evaluar factores como: estaciones del año, situación económica de los usuarios, y análisis de tiempo basados en días de semana; ya que estas condiciones pueden alterar los resultados y las tendencias de consumo energético. Este trabajo se basó en la comparación de 2 meses calendario versus 2 meses calendario posteriores.

Para el monitoreo y registro de datos ininterrumpidos de los valores obtenidos de los dispositivos inteligentes con medidores de energía es imprescindible

contar con una alimentación eléctrica continua del sistema, es decir, tener planes de contingencia ante cortes inesperados de energía eléctrica domiciliaria, tales como sistemas UPS o grupos electrógenos.

El sistema también es dependiente de una conexión a internet estable y de al menos una velocidad de al menos 30 Mbps (megabits por segundo), para no tener pérdida de datos frente a inestabilidades de la red Wifi y capturar consumados erróneos.

Para estudios con necesidades de contar con base de datos capaces de albergar registros mayores a 6 meses, se recomienda la instalación del software de automatización Home Assistant en una unidad de almacenamiento SSD de al menos 128GB para evitar conflictos con sobrecarga de datos y posibles averías del sistema de monitoreo y gestión de dispositivos inteligentes, así como de la Raspberry. De la misma manera, la instalación de más integraciones o addons según sea necesario demandará un espacio de mayor almacenamiento.

Antes de iniciar un estudio de consumo energético con dispositivos inteligentes se recomienda tener en cuenta los tipos de dispositivos a monitorear, así como las características relevantes para el estudio, tales como potencia de consumo, tecnología de ahorro de energía, marca de procedencia, etc. Esto debido a que no todas las tecnologías domóticas son compatibles, sin embargo, las integraciones para Home Assistant están en constante desarrollo y compatibilidad.

## **VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Camó Cojón, H. W. (2015). *SISTEMA DOMÓTICO COMO APLICACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA GESTIONAR EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS HOGARES*. Guatemala.

González, B., Herazo, J., & Samaniego González, E. (2018). *CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA EL MONITOREO*

*DEL CONSUMO ELÉCTRICO VÍA WEB MEDIANTE UNA APLICACIÓN ANDROID Y LA TECNOLOGÍA RASPBERRY.* Panamá.

González, D. M. (17 de Julio de 2019). *No Country for Geeks*. Obtenido de No Country for Geeks: <https://www.nocountryforgeeks.com/domotizando-nuestra-casa-con-home-assistant/>

*Home Assistant*. (2023). Obtenido de Home Assistant: <https://www.home-assistant.io/>

Huidobro Moya, J. M., & Millán Tejedor, R. J. (2010). *MANUAL DE DOMÓTICA*. España: Creaciones Copyright, S.L.

Jacobi Bueno, A. F., Miranda Sánchez, M. A., & Suarez Huaman, O. C. (2023). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN LOS HOGARES DE LAS ZONAS URBANAS DE ICA, PERÚ 2022*. Callao.

LUZ DEL SUR. (s.f.). *Luz del Sur*. Obtenido de Luz del Sur: <https://www.luzdelsur.com.pe/servicios/acerca-de-su-medidor.html>

openHAB. (2021). *openHAB*. Obtenido de openHAB: <https://www.openhab.org/>

Ruiz Roldán, K. J., & Mimbela Jiménez, M. A. (2021). *Análisis del sector de energía eléctrica en el Perú*. Lima. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5092/MDE\\_2107.pdf?sequence=2](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5092/MDE_2107.pdf?sequence=2)

Selectra. (31 de Agosto de 2020). *Tarifaluzhora*. Obtenido de Tarifaluzhora: <https://tarifaluzhora.es/info/calcular-consumo-electrico-casa#:~:text=Para%20poder%20contabilizar%20la%20cantidad,Tiempo%20de%20utilizaci%C3%B3n%20%3D%20Energ%C3%ADa%20consumida.>

SMARTGRIDSINFO. (17 de Diciembre de 2020). *SMARTGRIDSINFO*. Obtenido de SMARTGRIDSINFO: <https://www.smartgridsinfo.es/consumo-energia-electrica>

Tamayo, J., & Salvador, J. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico*. (A. Vásquez, & C. Vilches, Edits.) Lima, Perú. Obtenido de La Industria de la Electricidad en Perú:

## IX. ANEXOS

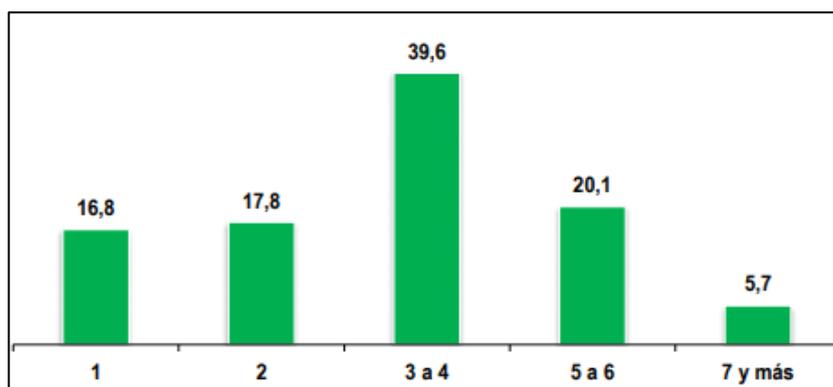
### 9.1. Anexo 1: Viviendas particulares con ocupantes presentes, según área de residencia y número de hogares, 2007 y 2017 en Perú

| Área de residencia / Número de hogares | Censo 2007       | Censo 2017       | Variación intercensal 2007 - 2017 |             | Incremento promedio anual | Tasa de crecimiento promedio anual |
|--|------------------|------------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------------|
|  |                  |                  | Absoluto                          | %           |                           |                                    |
| <b>Urbana</b>                          | <b>4 544 146</b> | <b>5 884 013</b> | <b>1 339 867</b>                  | <b>29.5</b> | <b>133 950</b>            | <b>2.6</b>                         |
| Con 1 hogar                            | 4 280 600        | 5 511 275        | 1 230 675                         | 28.8        | 123 034                   | 2.6                                |
| Con 2 hogares                          | 205 487          | 271 092          | 65 605                            | 31.9        | 6 559                     | 2.8                                |
| Con 3 hogares                          | 46 402           | 71 664           | 25 262                            | 54.4        | 2 526                     | 4.4                                |
| Con 4 hogares                          | 9 957            | 20 389           | 10 432                            | 104.8       | 1 043                     | 7.4                                |
| Con 5 y más                            | 1 700            | 9 593            | 7 893                             | 464.3       | 789                       | 18.9                               |
| <b>Rural</b>                           | <b>1 855 985</b> | <b>1 814 887</b> | <b>- 41 098</b>                   | <b>-2.2</b> | <b>- 4 109</b>            | <b>-0.2</b>                        |
| Con 1 hogar                            | 1 839 094        | 1 785 063        | - 54 031                          | -2.9        | - 5 402                   | -0.3                               |
| Con 2 hogares                          | 15 079           | 25 651           | 10 572                            | 70.1        | 1 057                     | 5.5                                |
| Con 3 hogares                          | 1 569            | 3 403            | 1 834                             | 116.9       | 183                       | 8.0                                |
| Con 4 hogares                          | 208              | 596              | 388                               | 186.5       | 39                        | 11.1                               |
| Con 5 y más                            | 35               | 174              | 139                               | 397.1       | 14                        | 17.4                               |

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017

### 9.2. Anexo 2: Hogares en Perú, según número de miembros del hogar, 2017.



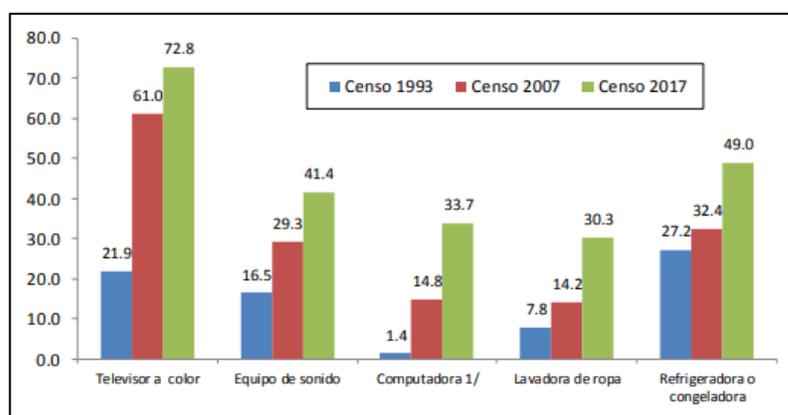
Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017

**9.3. Anexo 3: Electrodomésticos en viviendas particulares en Perú con ocupantes presentes, según tenencia de artefactos y equipos, 1993, 2007 y 2017**

| Artefacto / equipo          | Censo 1993 |      | Censo 2007 |      | Censo 2017 |      | Variación intercensal 2007/2017 |       |
|-----------------------------|------------|------|------------|------|------------|------|---------------------------------|-------|
|                             | Absoluto   | %    | Absoluto   | %    | Absoluto   | %    | Absoluto                        | %     |
| Televisor a color           | 1 043 960  | 21.9 | 4 116 857  | 61.0 | 6 006 147  | 72.8 | 1 889 290                       | 45.9  |
| Equipo de sonido            | 785 137    | 16.5 | 1 978 281  | 29.3 | 3 417 319  | 41.4 | 1 439 038                       | 72.7  |
| Computadora 1/              | 68 175     | 1.4  | 998 222    | 14.8 | 2 784 399  | 33.7 | 1 786 177                       | 178.9 |
| Lavadora de ropa            | 372 210    | 7.8  | 957 125    | 14.2 | 2 497 117  | 30.3 | 1 539 992                       | 160.9 |
| Refrigeradora o congeladora | 1 297 006  | 27.2 | 2 191 585  | 32.4 | 4 040 009  | 49.0 | 1 848 424                       | 84.3  |
| Cocina a gas                | -          | -    | -          | -    | 6 465 470  | 78.3 | -                               | -     |
| Horno microondas            | -          | -    | -          | -    | 1 960 167  | 23.8 | -                               | -     |
| Licuada                     | -          | -    | -          | -    | 4 789 981  | 58.0 | -                               | -     |
| Plancha eléctrica           | -          | -    | -          | -    | 4 353 700  | 52.8 | -                               | -     |
| Automóvil, camioneta        | -          | -    | -          | -    | 1 089 615  | 13.2 | -                               | -     |
| Motocicleta                 | -          | -    | -          | -    | 872 326    | 10.6 | -                               | -     |
| Lancha 2/                   | -          | -    | -          | -    | 91 515     | 1.1  | -                               | -     |

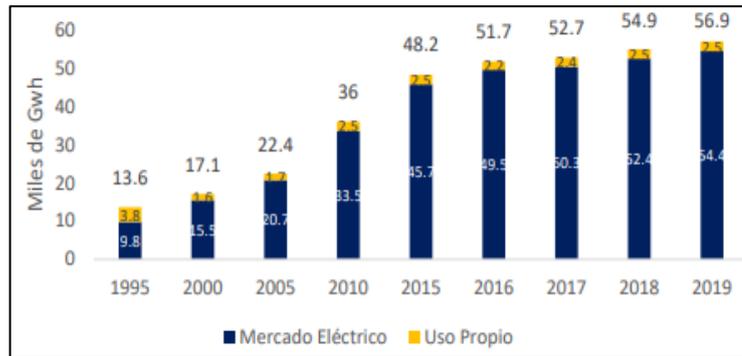
Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017

**9.4. Anexo 4: Electrodomésticos en viviendas particulares en Perú con ocupantes presentes, según tenencia de artefactos y equipos, 1993, 2007 y 2017 (porcentaje)**



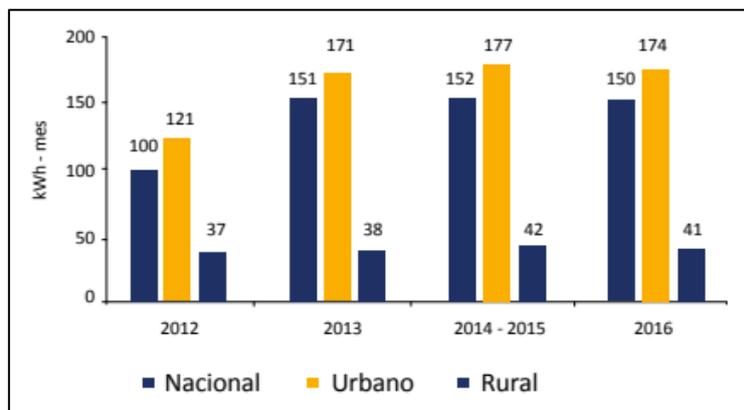
Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017

**9.5. Anexo 5: Evolución del consumo nacional de electricidad según tipo de servicio**



Fuente: Análisis del sector de energía eléctrica en el Perú

**9.6. Anexo 6: Evolución del consumo de electricidad por hogares en Perú**



Fuente: La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico

**9.7. Anexo 7: Acciones configuradas por electrodomésticos posterior a la recaudación y análisis de datos de enero y febrero.**

|   |
|---|
| Acciones para el televisor:   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagado automático de enchufe inteligente de 12:00 pm a 05:00am (horario en que se identificó que no se usaba).</li> <li>• Agregar el consumo diario y veces de encendido en reporte de energía diario.</li> </ul>   |
| Acciones para la plancha:   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se agregaron notificaciones para conocimiento de consumo de energía en el uso y tiempo de funcionamiento en reporte de energía diario.</li> <li>• Adecuación de rutina para uso de plancha en tiempos más amplios (agrupando cantidad de prendas)</li> </ul> |
| Acciones para el refrigerador:  |

|   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se agregaron notificaciones para conocimiento de consumo de energía en el uso para reporte de energía diario.</li> </ul>   |
| Acciones de electrobomba  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se agregaron notificaciones para saber en qué momento del día y cuánto tiempo entraba en funcionamiento.</li> <li>• Se creó un contador de ciclos para agregar al reporte de consumo de energía diario.</li> <li>• Se agregaron notificaciones de alerta en caso se cumpla un ciclo de funcionamiento fuera del horario de uso, para identificación de fugas de agua.</li> </ul> |
| Acciones para lavadora:   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se agregaron notificaciones para conocimiento de consumo de energía en el uso para reporte de energía diario.</li> <li>• Adecuación de uso de lavadora en su máxima capacidad para reducir el número de ciclos de lavado al mes.</li> </ul>  |

## 9.8. Datos recopilados de los medidores de energía de enero 2024

| Fecha      | Refrigerador (kWh) | Plancha (kWh) | Lavadora (kWh) | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) | Suma diaria (kWh) |
|------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| 1/01/2024  | 1.91               | 0.02          | 0.00           | 1.45            | 0.25               | 3.63              |
| 2/01/2024  | 2.57               | 0.07          | 0.00           | 2.28            | 0.42               | 5.34              |
| 3/01/2024  | 2.09               | 0.00          | 0.12           | 2.12            | 0.24               | 4.57              |
| 4/01/2024  | 2.08               | 0.00          | 0.15           | 2.06            | 0.54               | 4.83              |
| 5/01/2024  | 2.02               | 1.24          | 0.21           | 0.94            | 0.24               | 4.65              |
| 6/01/2024  | 2.11               | 0.00          | 0.00           | 2.01            | 0.23               | 4.35              |
| 7/01/2024  | 1.83               | 0.00          | 0.00           | 0.41            | 0.23               | 2.47              |
| 8/01/2024  | 1.71               | 0.86          | 0.27           | 1.27            | 0.57               | 4.68              |
| 9/01/2024  | 2.48               | 0.03          | 0.15           | 1.76            | 0.24               | 4.66              |
| 10/01/2024 | 2.23               | 0.46          | 0.00           | 1.39            | 0.44               | 4.52              |
| 11/01/2024 | 1.93               | 0.33          | 0.00           | 1.52            | 0.23               | 4.01              |
| 12/01/2024 | 1.77               | 0.02          | 0.33           | 1.02            | 0.55               | 3.69              |
| 13/01/2024 | 2.64               | 0.00          | 0.12           | 1.63            | 0.24               | 4.63              |
| 14/01/2024 | 1.88               | 0.00          | 0.00           | 1.58            | 0.36               | 3.82              |
| 15/01/2024 | 2.00               | 0.05          | 0.00           | 0.96            | 0.43               | 3.44              |
| 16/01/2024 | 2.63               | 0.00          | 0.00           | 1.37            | 0.35               | 4.35              |
| 17/01/2024 | 1.94               | 0.00          | 0.15           | 1.03            | 0.42               | 3.54              |
| 18/01/2024 | 1.74               | 0.02          | 0.09           | 1.20            | 0.12               | 3.17              |
| 19/01/2024 | 1.93               | 0.00          | 0.00           | 1.41            | 0.13               | 3.47              |
| 20/01/2024 | 2.29               | 0.00          | 0.12           | 1.01            | 0.37               | 3.79              |
| 21/01/2024 | 2.29               | 0.31          | 0.00           | 2.44            | 0.24               | 5.28              |
| 22/01/2024 | 2.55               | 0.00          | 0.00           | 1.58            | 0.53               | 4.66              |
| 23/01/2024 | 2.99               | 0.09          | 0.00           | 1.44            | 0.47               | 4.99              |
| 24/01/2024 | 2.77               | 0.81          | 0.36           | 1.02            | 0.55               | 5.51              |
| 25/01/2024 | 2.66               | 0.54          | 0.30           | 0.88            | 0.37               | 4.75              |

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 26/01/2024 | 2.67 | 0.00 | 0.03 | 1.05 | 0.40 | 4.15 |
| 27/01/2024 | 2.46 | 0.88 | 0.12 | 1.37 | 0.48 | 5.31 |
| 28/01/2024 | 2.35 | 0.23 | 0.27 | 1.68 | 0.48 | 5.01 |
| 29/01/2024 | 2.35 | 0.00 | 0.00 | 1.80 | 0.43 | 4.58 |
| 30/01/2024 | 2.54 | 0.00 | 0.00 | 1.53 | 0.25 | 4.32 |

### 9.9. Datos recopilados de los medidores de energía de febrero 2024

| Fecha      | Refrigerador (kWh) | Plancha (kWh) | Lavadora (kWh) | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) | Suma diaria (kWh) |
|------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| 1/02/2024  | 2.62               | 0.87          | 0.00           | 1.63            | 0.36               | 5.48              |
| 2/02/2024  | 2.29               | 0.00          | 0.00           | 1.66            | 0.34               | 4.29              |
| 3/02/2024  | 2.39               | 0.00          | 0.00           | 2.33            | 0.25               | 4.97              |
| 4/02/2024  | 2.02               | 0.00          | 0.09           | 0.93            | 0.33               | 3.37              |
| 5/02/2024  | 2.70               | 0.53          | 0.15           | 1.23            | 0.23               | 4.84              |
| 6/02/2024  | 2.95               | 0.00          | 0.33           | 1.72            | 0.38               | 5.38              |
| 7/02/2024  | 2.59               | 1.17          | 0.06           | 1.29            | 0.33               | 5.44              |
| 8/02/2024  | 2.69               | 0.00          | 0.00           | 1.48            | 0.34               | 4.51              |
| 9/02/2024  | 2.81               | 0.08          | 0.00           | 1.40            | 0.48               | 4.77              |
| 10/02/2024 | 2.92               | 0.02          | 0.24           | 2.14            | 0.51               | 5.83              |
| 11/02/2024 | 2.32               | 0.00          | 0.00           | 1.10            | 0.25               | 3.67              |
| 12/02/2024 | 2.88               | 0.56          | 0.18           | 1.54            | 0.43               | 5.59              |
| 13/02/2024 | 2.37               | 0.00          | 0.00           | 1.05            | 0.23               | 3.65              |
| 14/02/2024 | 2.86               | 0.00          | 0.03           | 1.64            | 0.58               | 5.11              |
| 15/02/2024 | 2.57               | 0.23          | 0.00           | 1.14            | 0.23               | 4.17              |
| 16/02/2024 | 2.82               | 0.11          | 0.12           | 1.85            | 0.40               | 5.3               |
| 17/02/2024 | 2.24               | 0.00          | 0.00           | 0.53            | 0.34               | 3.11              |
| 18/02/2024 | 2.02               | 0.00          | 0.00           | 1.07            | 0.33               | 3.42              |
| 19/02/2024 | 1.75               | 0.00          | 0.36           | 2.16            | 0.65               | 4.92              |
| 20/02/2024 | 2.96               | 0.07          | 0.00           | 1.28            | 0.24               | 4.55              |
| 21/02/2024 | 2.64               | 0.47          | 0.00           | 1.96            | 0.41               | 5.48              |
| 22/02/2024 | 2.23               | 0.13          | 0.18           | 1.30            | 0.35               | 4.19              |
| 23/02/2024 | 2.56               | 0.00          | 0.15           | 2.33            | 0.42               | 5.46              |
| 24/02/2024 | 2.79               | 0.00          | 0.09           | 1.31            | 0.23               | 4.42              |
| 25/02/2024 | 1.93               | 0.55          | 0.00           | 1.13            | 0.35               | 3.96              |
| 26/02/2024 | 2.93               | 0.00          | 0.12           | 1.09            | 0.53               | 4.67              |
| 27/02/2024 | 2.49               | 0.00          | 0.00           | 1.77            | 0.24               | 4.5               |
| 28/02/2024 | 2.68               | 1.01          | 0.06           | 1.37            | 0.39               | 5.51              |
| 29/02/2024 | 2.33               | 0.00          | 0.00           | 1.91            | 0.23               | 4.47              |

### 9.10. Datos recopilados de los medidores de energía de marzo 2024

| Fecha | Refrigerador (kWh) | Plancha (kWh) | Lavadora (kWh) | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) | Suma diaria (kWh) |
|-------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
|-------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 1/03/2024  | 2.38 | 0.00 | 0.15 | 1.26 | 0.41 | 4.2  |
| 2/03/2024  | 2.49 | 0.00 | 0.09 | 1.85 | 0.24 | 4.67 |
| 3/03/2024  | 1.79 | 0.07 | 0.00 | 0.72 | 0.22 | 2.8  |
| 4/03/2024  | 2.71 | 0.00 | 0.33 | 1.60 | 0.37 | 5.01 |
| 5/03/2024  | 2.49 | 0.00 | 0.12 | 1.50 | 0.54 | 4.65 |
| 6/03/2024  | 2.74 | 0.00 | 0.03 | 0.47 | 0.47 | 3.71 |
| 7/03/2024  | 2.49 | 0.04 | 0.00 | 2.05 | 0.41 | 4.99 |
| 8/03/2024  | 2.74 | 0.00 | 0.12 | 0.58 | 0.35 | 3.79 |
| 9/03/2024  | 1.76 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.23 | 2.17 |
| 10/03/2024 | 1.98 | 0.00 | 0.00 | 0.55 | 0.23 | 2.76 |
| 11/03/2024 | 2.64 | 0.03 | 0.00 | 1.05 | 0.25 | 3.97 |
| 12/03/2024 | 2.35 | 0.34 | 0.12 | 1.76 | 0.36 | 4.93 |
| 13/03/2024 | 1.83 | 1.53 | 0.12 | 1.07 | 0.33 | 4.88 |
| 14/03/2024 | 2.10 | 0.00 | 0.00 | 0.41 | 0.24 | 2.75 |
| 15/03/2024 | 2.12 | 0.00 | 0.09 | 0.61 | 0.24 | 3.06 |
| 16/03/2024 | 1.95 | 0.17 | 0.15 | 1.95 | 0.35 | 4.57 |
| 17/03/2024 | 2.57 | 0.36 | 0.00 | 1.50 | 0.36 | 4.79 |
| 18/03/2024 | 2.55 | 1.37 | 0.00 | 1.76 | 0.24 | 5.92 |
| 19/03/2024 | 2.35 | 0.08 | 0.00 | 0.64 | 0.23 | 3.3  |
| 20/03/2024 | 2.66 | 0.00 | 0.24 | 1.82 | 0.35 | 5.07 |
| 21/03/2024 | 2.47 | 0.06 | 0.00 | 0.92 | 0.28 | 3.73 |
| 22/03/2024 | 2.51 | 0.02 | 0.15 | 1.60 | 0.35 | 4.63 |
| 23/03/2024 | 2.38 | 0.02 | 0.12 | 1.73 | 0.36 | 4.61 |
| 24/03/2024 | 2.34 | 0.29 | 0.00 | 1.64 | 0.36 | 4.63 |
| 25/03/2024 | 2.55 | 0.00 | 0.03 | 1.18 | 0.29 | 4.05 |
| 26/03/2024 | 2.19 | 0.03 | 0.06 | 1.35 | 0.24 | 3.87 |
| 27/03/2024 | 2.22 | 0.48 | 0.00 | 1.16 | 0.34 | 4.2  |
| 28/03/2024 | 1.89 | 0.00 | 0.18 | 1.52 | 0.24 | 3.83 |
| 29/03/2024 | 2.37 | 0.12 | 0.24 | 0.76 | 0.76 | 4.25 |
| 30/03/2024 | 2.20 | 0.05 | 0.06 | 0.66 | 0.42 | 3.39 |
| 31/03/2024 | 2.25 | 0.83 | 0.00 | 1.57 | 0.22 | 4.87 |

### 9.11. Datos recopilados de los medidores de energía de abril 2024

| Fecha     | Refrigerador (kWh) | Plancha (kWh) | Lavadora (kWh) | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) | Suma diaria (kWh) |
|-----------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| 1/04/2024 | 2.47               | 0.00          | 0.00           | 1.22            | 0.39               | 4.05              |
| 2/04/2024 | 2.30               | 0.00          | 0.00           | 1.45            | 0.24               | 3.96              |
| 3/04/2024 | 2.24               | 0.04          | 0.00           | 1.30            | 0.28               | 3.83              |
| 4/04/2024 | 2.39               | 0.00          | 0.12           | 0.83            | 0.23               | 3.54              |
| 5/04/2024 | 2.28               | 0.64          | 0.00           | 1.54            | 0.33               | 4.76              |
| 6/04/2024 | 2.27               | 0.00          | 0.03           | 1.33            | 0.51               | 4.11              |
| 7/04/2024 | 2.38               | 0.00          | 0.18           | 0.66            | 0.25               | 3.44              |
| 8/04/2024 | 2.26               | 0.12          | 0.00           | 0.36            | 0.39               | 3.01              |

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 9/04/2024  | 2.39 | 0.02 | 0.00 | 1.03 | 0.22 | 3.63 |
| 10/04/2024 | 2.43 | 0.00 | 0.00 | 0.87 | 0.23 | 3.51 |
| 11/04/2024 | 2.31 | 0.13 | 0.00 | 0.87 | 0.41 | 3.69 |
| 12/04/2024 | 2.54 | 0.06 | 0.00 | 0.60 | 0.35 | 3.52 |
| 13/04/2024 | 2.18 | 0.00 | 0.27 | 0.97 | 0.36 | 3.75 |
| 14/04/2024 | 2.23 | 1.31 | 0.33 | 1.42 | 0.35 | 5.62 |
| 15/04/2024 | 2.41 | 0.12 | 0.09 | 1.21 | 0.24 | 4.04 |
| 16/04/2024 | 2.27 | 0.07 | 0.03 | 1.12 | 0.33 | 3.79 |
| 17/04/2024 | 2.59 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.59 | 4.15 |
| 18/04/2024 | 2.45 | 0.00 | 0.03 | 1.28 | 0.32 | 4.05 |
| 19/04/2024 | 2.54 | 0.00 | 0.00 | 1.59 | 0.39 | 4.49 |
| 20/04/2024 | 2.45 | 0.31 | 0.51 | 1.79 | 0.49 | 5.52 |
| 21/04/2024 | 2.32 | 0.00 | 0.15 | 1.67 | 0.24 | 4.35 |
| 22/04/2024 | 2.47 | 0.23 | 0.00 | 0.76 | 0.36 | 3.79 |
| 23/04/2024 | 2.62 | 0.96 | 0.00 | 1.24 | 0.22 | 5.01 |
| 24/04/2024 | 2.51 | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 0.45 | 3.31 |
| 25/04/2024 | 2.33 | 0.00 | 0.00 | 1.05 | 0.23 | 3.58 |
| 26/04/2024 | 2.42 | 0.02 | 0.00 | 1.33 | 0.28 | 4.02 |
| 27/04/2024 | 2.24 | 1.14 | 0.30 | 1.97 | 0.25 | 5.87 |
| 28/04/2024 | 2.34 | 0.48 | 0.21 | 1.08 | 0.34 | 4.42 |
| 29/04/2024 | 2.57 | 0.00 | 0.00 | 0.46 | 0.39 | 3.39 |
| 30/04/2024 | 2.66 | 0.00 | 0.21 | 0.86 | 0.35 | 4.05 |

## 9.12. Datos recopilados de los medidores de energía de mayo 2024

| Fecha      | Refrigerador (kWh) | Plancha (kWh) | Lavadora (kWh) | Televisor (kWh) | Electrobomba (kWh) | Suma diaria (kWh) |
|------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| 1/05/2024  | 2.47               | 0.00          | 0.00           | 1.61            | 0.35               | 4.37              |
| 2/05/2024  | 2.32               | 0.00          | 0.03           | 1.05            | 0.59               | 3.93              |
| 3/05/2024  | 2.23               | 0.33          | 0.00           | 1.81            | 0.30               | 4.61              |
| 4/05/2024  | 2.31               | 0.00          | 0.39           | 0.35            | 0.24               | 3.23              |
| 5/05/2024  | 2.37               | 0.93          | 0.12           | 2.51            | 0.34               | 6.21              |
| 6/05/2024  | 2.44               | 0.00          | 0.00           | 1.09            | 0.23               | 3.7               |
| 7/05/2024  | 2.23               | 0.00          | 0.12           | 0.80            | 0.41               | 3.5               |
| 8/05/2024  | 2.38               | 0.00          | 0.00           | 1.03            | 0.24               | 3.59              |
| 9/05/2024  | 2.30               | 0.00          | 0.12           | 1.55            | 0.35               | 4.26              |
| 10/05/2024 | 2.26               | 0.65          | 0.00           | 0.76            | 0.34               | 3.95              |
| 11/05/2024 | 2.35               | 0.00          | 0.21           | 2.04            | 0.35               | 4.89              |
| 12/05/2024 | 2.47               | 0.00          | 0.00           | 0.90            | 0.35               | 3.66              |
| 13/05/2024 | 2.24               | 0.09          | 0.12           | 2.06            | 0.34               | 4.79              |
| 14/05/2024 | 2.30               | 0.08          | 0.15           | 1.27            | 0.24               | 3.98              |
| 15/05/2024 | 2.38               | 0.00          | 0.03           | 1.51            | 0.58               | 4.44              |
| 16/05/2024 | 2.40               | 0.00          | 0.00           | 1.14            | 0.23               | 3.71              |
| 17/05/2024 | 2.14               | 0.00          | 0.00           | 0.85            | 0.28               | 3.21              |

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 18/05/2024 | 2.42 | 0.05 | 0.18 | 1.37 | 0.43 | 4.39 |
| 19/05/2024 | 2.31 | 1.04 | 0.27 | 0.92 | 0.39 | 4.87 |
| 20/05/2024 | 2.30 | 0.23 | 0.00 | 0.83 | 0.40 | 3.7  |
| 21/05/2024 | 2.26 | 0.18 | 0.09 | 1.59 | 0.35 | 4.41 |
| 22/05/2024 | 2.38 | 0.00 | 0.00 | 0.69 | 0.29 | 3.3  |
| 23/05/2024 | 2.42 | 0.34 | 0.00 | 0.39 | 0.23 | 3.32 |
| 24/05/2024 | 2.27 | 0.00 | 0.00 | 0.73 | 0.24 | 3.18 |
| 25/05/2024 | 2.30 | 0.14 | 0.27 | 1.78 | 0.52 | 4.95 |
| 26/05/2024 | 2.38 | 0.71 | 0.21 | 1.17 | 0.44 | 4.85 |
| 27/05/2024 | 2.32 | 0.51 | 0.00 | 0.95 | 0.11 | 3.83 |
| 28/05/2024 | 2.27 | 0.00 | 0.00 | 0.71 | 0.30 | 3.22 |
| 29/05/2024 | 2.43 | 0.00 | 0.03 | 0.52 | 0.22 | 3.14 |
| 30/05/2024 | 2.33 | 0.00 | 0.00 | 0.48 | 0.27 | 3.02 |
| 31/05/2024 | 2.45 | 0.29 | 0.00 | 0.71 | 0.11 | 3.5  |