

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

Prototipo de un sistema de medición de consumo eléctrico con protocolos IoT mediante módulos ESP8285 y ESP8266

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la
obtención del título de grado de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

Autor:

Reina Estefanía Borrallós Díaz

Tutor:

Ing. Francisco Roberto Naranjo Cobo, MSc

Ibarra – Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1004816540	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Borrillos Díaz Reina Estefanía	
DIRECCIÓN:		Ibarra	
EMAIL:		reborrallosd@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	062530131	TELÉFONO MÓVIL:	0988869364

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Prototipo de un sistema de medición de consumo eléctrico con protocolos IoT mediante módulos ESP8285 y ESP8266
AUTOR (ES):	Borrillos Díaz Reina Estefanía
FECHA: DD/MM/AAAA	13/12/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Naranjo Cobo Francisco Roberto MSc.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 21 días del mes de marzo de 2023

EL AUTOR: 
Firma: _____

Nombre: Borrallos Díaz Reina Estefanía

C.C: 1004816540



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

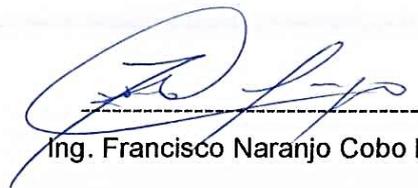
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Francisco Naranjo Cobo MSc.

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por la señorita estudiante: Reina Estefanía Borrallas Díaz, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO CON PROTOCOLOS IOT MEDIANTE MÓDULOS ESP8285 Y ESP8266"** para la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "F. Naranjo", is written over a horizontal dashed line.

Ing. Francisco Naranjo Cobo MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, quién me brindo fuerzas para seguir adelante y no decaer ante las adversidades que se presentan y por tal razón haberme permitido llegar hasta este momento importante de mi formación profesional.

De manera especial a mis padres, por ser los principales promotores de este sueño hecho realidad, quienes, con su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, estuvieron apoyándome incondicionalmente en toda la etapa de estudio.

A mi hijo, por ser mi motor y motivo, gracias por ser mi inspiración y fortaleza. Una sonrisa tuya ilumina mi mundo y me da las fuerzas necesarias para conseguir mis metas.

A mis hermanos, quienes son mis mejores amigos, por apoyarme incondicionalmente durante todo este trayecto y por estar conmigo en todo momento.

Agradecimiento

Le agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de culminar con éxito mis estudios, por haberme acompañado y guiado en toda mi carrera y por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

Gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por todos los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida

También agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctico de la Universidad Técnica del Norte, por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación profesional, de igual manera a mi director de tesis Ing. Naranjo Cobo Francisco Roberto MSc, por la orientación, apoyo y la ayuda brindada para el desarrollo de esta tesis.

Tabla de contenido

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	II
CONSTANCIA	III
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Tabla de contenido	VII
Índice de figuras.....	XI
Índice de tablas.....	XIII
Resumen	XIV
Abstract.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
A1. Contextualización.....	XVI
A2. Problema.....	XVIII
A3. Objetivo General	XIX
A4. Objetivos Específicos.....	XIX
A5. Justificación	XIX
A6. Alcance	XXI
CAPITULO I.....	1
Métodos de medición de consumo eléctrico.....	1
1.1. Definición de términos eléctricos.....	1
1.2. Medidores de consumo eléctrico usuales	4
1.2.1. Clasificación de medidores de energía eléctrica	4
1.2.1.1. Medidores convencionales	6
1.2.1.2. Medidores digitales.....	8
1.2.1.3. Medidores electrónicos.....	9
1.2.1.4. Medición individual	9
1.3. Categorías de tensión eléctrica ecuatoriana	12

1.4.	Tipos de cargas	13
1.4.1.	Carga inductiva.....	13
1.4.2.	Carga capacitiva	14
1.4.3.	Carga resistiva.....	16
1.5.	Microcontroladores	17
1.5.1.	Características de los microcontroladores	18
1.5.2.	Tipos de microcontroladores.....	18
1.5.2.1.	NodeMCU.....	19
1.5.2.2.	ESP8266	20
1.5.2.3.	ESP8285	21
1.6.	Sensores de medición	22
1.7.	Raspberry Pi.....	23
1.8.	Internet de las cosas IoT.....	24
1.8.1.	Arquitectura del IoT.....	24
1.8.2.	Tecnologías IoT	26
1.8.3.	Protocolos IoT.....	26
1.8.4.	Tipos de protocolos.....	27
1.9.	Consumo eléctrico residencial	28
1.9.1.	Consumo promedio de energía eléctrica por cliente final.....	28
CAPITULO II.....		30
Diseño del sistema de medición de consumo eléctrico con tecnologías IoT.....		30
1.1.	Metodología	30
2.1.1	Determinación de características técnicas del medidor de consumo eléctrico	30
2.1.2	Matriz de requerimientos y características técnicas del medidor de consumo eléctrico	31
2.1.3	Proceso de diseño del sistema de medición de consumo eléctrico	33
2.1.4	Arquitectura del sistema IoT	34
2.1.5	Diagrama de bloques del sistema	35
2.1.6	Diagrama de Interconexión	36

2.1.7	Diseño del prototipo	37
2.1.8	Diseño del circuito del medidor de consumo eléctrico.....	38
2.2.	Selección de los componentes electrónicos.....	41
2.2.1.	Sensor de corriente.....	43
2.2.2.	Microprocesadores	44
2.3.	Diseño electrónico del medidor de consumo eléctrico.....	44
2.4.	Cotización de los elementos	47
2.5.	Software utilizado	48
2.5.1.	Arduino	48
2.5.2.	Python	48
2.5.3.	MySQL.....	49
2.5.4.	FIREBASE REALTIME	49
2.5.5.	HTML.....	49
CAPITULO III.....		50
Implementar un prototipo de medición de consumo eléctrico con protocolos IoT usando el ESP8266 y ESP8285		50
3.1.	Metodología.....	50
3.2.	Montaje de un servidor	50
3.3.	Adquisición de datos mediante los ESP8266, ESP8285	51
3.4.	Programación del ESP8266, ESP8285 para la adquisición de datos	52
3.5.	Flujograma de lectura de variables del ESP8266 y 8285 desde Python en Raspberry Pi4	53
3.6.	Comunicación ESP8266, ESP8285 con Raspberry Pi4	55
3.7.	Comunicación Raspberry Pi4 – My SQL Local.....	55
3.8.	Comunicación Raspberry Pi4 con Firebase Realtime Data base	56
3.9.	Comunicación de Firebase con página web.....	57
3.10.	Creación de una página Web HTML.....	60
3.11.	Construcción del prototipo.....	61
3.12.	Montaje del prototipo	61
3.13.	Ensamblaje del prototipo final.....	62

3.14.	Pruebas y análisis de datos obtenidos	63
3.1.1	Prueba 1 de la casa	63
3.2.	Análisis de datos obtenidos	64
3.1.2.	Circuito de iluminación.....	65
3.1.3.	Circuito de tomas de corriente	68
3.1.4.	Circuito de Bomba	71
3.1.4.1.	Circuito bifásico de la cocina de inducción.....	75
3.2.	Prueba 2 del laboratorio.....	79
3.2.1.	Montaje de la página web en un servidor local.....	79
3.2.2.	Manejo de IP v4.....	80
3.2.3.	Direcciones IP estáticas.....	81
3.2.4.	Aplicación FING.....	81
3.3.	Acoplamiento del dispositivo para el laboratorio	83
3.4.	Discusión	85
	Conclusiones	86
	Recomendaciones	87
	Referencias.....	88
	Anexos.....	93
	Anexo A: Datos de los módulos ESP8266 y ESP8285	93
	Anexo B: Datasheet RSPBERRY Pi4	95
	Anexo C: Hoja de datos de SCT013.....	97
	Anexo D: Hoja de datos PZEM 004T	98
	Anexo E: Prototipo de un Sistema de medición de consumo eléctrico con módulos ESP 8266 Y 8285 con protocolos Iot.	100
	Anexo F: Aplicación FING, visualización de IP dispositivos	101
	Anexo G: Código de Python	102

Índice de figuras

Figura 1. Voltaje en un circuito eléctrico.....	2
Figura 2. Triangulo de potencias.....	4
Figura 3. Medidor electromecánico.....	6
Figura 4. Partes del medidor electromecánico.....	7
Figura 5. Conexión con Norma Americana.....	7
Figura 6. Conexión con norma europea.....	8
Figura 7. Medidor digital.....	8
Figura 8. Medidor electrónico Efergy.....	9
Figura 9. Tipos de medidores de consumo eléctrico.....	10
Figura 10. Medidor sin monitorización de energía.....	10
Figura 11. Medidor con monitorización de energía.....	11
Figura 12. Medición en el cuadro eléctrico.....	11
Figura 13. Diagrama fasorial de un circuito inductivo.....	14
Figura 14. Grafica sinusoidal en función del tiempo con desfase de 90°.....	14
Figura 15. Diagrama fasorial de un circuito capacitivo.....	15
Figura 16. Onda sinusoidal de corriente adelantada 90° respecto al voltaje.....	15
Figura 17. Diagrama fasorial de carga resistiva.....	16
Figura 18. Onda sinusoidal de corriente y voltaje en fase.....	16
Figura 19. Estructura de placa (NodeMCU).....	19
Figura 20. Módulo NodeMCU.....	19
Figura 21. Módulo ESP8266.....	20
Figura 22. Módulo ESP8285.....	21
Figura 23. Medición del sensor de voltaje.....	23
Figura 24. Placa Raspberry Pi4.....	24
Figura 25. Arquitectura modelo de tres capas IoT.....	25
Figura 26. Tecnologías IoT.....	26
Figura 27. Consumo promedio mensual periodo 2011-2020 (kWh/cliente).....	28
Figura 28. Consumo promedio mensual de clientes residenciales, 2020.....	29
Figura 29. Diagrama de flujo de proceso de diseño del prototipo.....	34
Figura 30. Arquitectura del Sistema IoT.....	35
Figura 31. Diagrama de bloques del sistema.....	36
Figura 32. Topología estrella extendida.....	36
Figura 33. Diagrama de interconexión.....	37
Figura 34. Diseño del prototipo fijo y móvil.....	38

Figura 35. Circuito del medidor de consumo eléctrico bifásico y monofásico	39
Figura 36. Diseño del circuito móvil.....	40
Figura 37. Diseño electrónico del medidor de consumo eléctrico.	45
Figura 38. Diseño eléctrico del medidor de consumo eléctrico.	46
Figura 39. Diseño de la placa del medidor de consumo eléctrico	46
Figura 40. Montaje del servidor en línea.....	51
Figura 41. Diagrama de bloques funcional	51
Figura 42. Diagrama de flujo lectura de sensores PZEM-04t-V3.0 desde el ESP	52
Figura 43. Adquisición de datos mediante los ESP 8266 y ESP 8285.....	53
Figura 44. Lectura de variables del ESP 8266 y 8285 desde Python en Raspberry Pi4	54
Figura 45. Comunicación de los ESP con la Raspberry Pi4	55
Figura 46. Comunicación Raspberry – MySQL local.	56
Figura 47. Comunicación Raspberry Pi4 con Firebase Realtime Data base.....	57
Figura 48. Comunicación Raspberry Pi4 con la página Web	58
Figura 49 Adquisición de datos en la página Web.....	59
Figura 50. Página web en HTML creada.	60
Figura 51. Construcción de la PCB.	61
Figura 52. Montaje del Prototipo	62
Figura 53. Prototipo final instalado en campo.....	62
Figura 54. Prueba 1.0.....	63
Figura 55. Prototipo instalado en el domicilio	64
Figura 56. Tabla de resultado de voltaje monofásico.....	66
Figura 57. Gráfica de corriente en el circuito monofásico de iluminación.....	66
Figura 58. Tramo de corriente en horas.	67
Figura 59. Gráfica de la potencia en el circuito monofásico.....	67
Figura 60. Gráfico de frecuencia del circuito monofásico	68
Figura 61. Gráfico del circuito de tomas corrientes monofásico.....	68
Figura 62. Gráfico de corriente monofásico de tomacorrientes.....	69
Figura 63 Gráfico de un tramo de corriente del circuito de tomacorriente monofásico.....	69
Figura 64. Gráfico de potencia del circuito monofásico de tomacorrientes	70
Figura 65. Gráfico de frecuencia en el circuito monofásico de tomacorrientes	70
Figura 66. Gráfico de voltaje del sistema bifásico de la bomba	71
Figura 67. Gráfico de corriente del circuito de la bomba.....	71
Figura 68. Gráfico de corriente del sistema bifásico en un tramo en horas.....	72
Figura 69. Gráfico de la potencia del circuito bifásico.....	72
Figura 70. Gráfico de un tramo de potencia del circuito bifásico.....	73
Figura 71. Gráfico de la frecuencia del sistema bifásico.....	73

Figura 72. Gráfico de factor de potencia del sistema bifásico	74
Figura 73. Gráfico de un tramo de factor de potencia en el sistema bifásico	74
Figura 74. Gráfico del voltaje en el sistema bifásico de la cocina de inducción	75
Figura 75. Gráfico de corriente del circuito bifásico de la cocina de inducción	76
Figura 76. Gráfico de un tramo de corriente del circuito bifásico de la cocina de inducción	76
Figura 77. Gráfico de potencia del sistema bifásico de una cocina de inducción.....	77
Figura 78. Gráfico de la potencia medida en el sistema bifásico de la cocina de inducción	77
Figura 79. Gráfico de frecuencia del sistema bifásico de la cocina de inducción	78
Figura 80. Gráfico de factor de potencia del sistema bifásico de la cocina de inducción	78
Figura 81. Prototipo instalado en el laboratorio de la carrera de Electricidad	79
Figura 82. Página web montada en el servidor local	80
Figura 83. Aplicación FING	82
Figura 84. Servidor local	82
Figura 85. Prototipo instalado en el laboratorio de control y automatización	83
Figura 86. Dispositivo móvil.....	84

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación de medidores eléctricos	5
Tabla 2 Características principales módulo ESP8266.....	20
Tabla 3 Características del módulo ESP8285.....	21
Tabla 4 Parámetros técnicos del medidor de consumo eléctrico	30
Tabla 5 Lista de circuitos a medir el prototipo de medición de consumo eléctrico.....	41
Tabla 6 Aparatos eléctricos conectados a los circuitos.	42
Tabla 7 Valores comerciales de sensores	42
Tabla 8 Características principales de sensores.....	43
Tabla 9 Características de los diferentes microprocesadores.	44
Tabla 10 Cotización de materiales del medidor de consumo eléctrico.	47

Resumen

En el Ecuador aproximadamente un 93.2% de las viviendas cuentan con el servicio eléctrico, pero uno de los problemas que aqueja al ser humano es la deficiente utilización de la energía eléctrica, actualmente no se puede tener un registro de consumo individual para cada circuito eléctrico. El objetivo de esta investigación es la implementación de un sistema de medición de consumo eléctrico con protocolos IoT mediante módulos ESP8285 y ESP8266, utilizando la metodología del diseño de la función de calidad la cual permite la selección de materiales de acuerdo a las necesidades requeridas por el usuario, con el fin de realizar un diseño electrónico que da lugar a la implementación, así realizando pruebas y ajustes de funcionalidad en donde se obtiene que, el método de medición electrónico utilizado en nuestro proyecto es viable gracias a las tecnologías IoT que permiten el desarrollo de nuevos equipos y dispositivos utilizados para el monitoreo de variables de medición de voltaje, corriente, potencia, consumo eléctrico, frecuencia y factor de potencia, ya que acorde al diseño y requerimientos del prototipo el sistema de medición de consumo eléctrico cuenta con tecnologías IoT mediante conexión WiFi, obteniendo información basada en datos la misma que aumenta la productividad y reduce el riesgo de fallas técnicas, de igual manera permitiendo conectar varios dispositivos cotidianos al internet, los datos obtenidos durante el monitoreo se transmiten por un canal de protocolo MQTT hacia una estación principal la cual es la Raspberry-Pi en donde se procesa y envía la información a un servidor en línea y de manera local, para luego verificar en la página Web remota y local, la cual utiliza certificados y contraseñas que ayudan a la autenticación y autorización de los usuarios.

Palabras clave: Sistema de medición eléctrica, IoT, ESP8285, ESP8266, Raspberry Pi.

Abstract

In Ecuador, approximately 93.2% of homes have electrical service, but one of the problems that afflicts human beings is the misuse of electrical energy. Currently, it is not possible to have an individual consumption record for each electrical circuit. The objective of this research is the implementation of an electrical consumption measurement system with IoT protocols through ESP8285 and ESP8266 modules, using the quality function design methodology that allows the selection of materials according to the needs required by the customer. customer. user, in order to carry out an electronic design that leads to implementation, thus carrying out tests and functionality adjustments where it is obtained that the electronic measurement method used in our project is viable thanks to IoT technologies that allow the development of new equipment and devices used to monitor measurement variables of voltage, current, power, electrical consumption, frequency and power factor, since according to the design and requirements of the prototype, the electrical consumption measurement system has IoT technologies through connection WiFi, obtaining information based on data that increases productivity and reduces the risk of technical failures, in the same way allows connecting to the Internet various devices of daily use, All the data obtained during the monitoring are transmitted through an MQTT protocol channel to a main station which is the Raspberry-Pi where the information is processed and sent to an online and local server, and then transmitted to a remote and local Web page, which uses certificates and passwords that help authentication and authorization of users.

Keywords: Electrical measurement system, IoT, ESP8285, ESP8266, Raspberry Pi.

INTRODUCCIÓN

A1. Contextualización

Según Weiser (1991), miembro del grupo de investigación del Computer Science Laboratory de Xerox PARC publicó un artículo titulado “The Computer for the Twenty-First Century”. En el cual fundamentó las bases de lo que hoy se designa “computación ubicua”, menciona una descripción en lo que es el estado de arte de la computación en los finales del siglo XX, indicando que el uso de los computadores crea un entorno en el cual exige un mayor conocimiento técnico y distinto, al cual fueron diseñadas.

Se hace un énfasis en la transformación de esta escritura en la tecnología presente mediante solo un paso para que la computación se encuentre introducida en el ambiente humano, y con el pasar de los años el procesamiento y análisis serán centralizados en un sólo dispositivo, conllevaran al desarrollo de sistemas interactivos y multimedia los mismos que estarán acoplados a los elementos del ambiente con los cuales se interactúa de forma natural, Weiser proyecta la necesidad de que una vez estos dispositivos estén presentes en el ambiente estos sean capaces de comunicarse a través de redes generales de dispositivos lográndose una integración a nivel de hardware, software y de red, en lo que denomina “virtualidad incorporada” en contraposición al concepto de “realidad virtual” donde el humano se sumerge en un ambiente ficticio creado a partir de un programa de computador (Guacaneme & Pardo, 2016, págs. 2,3).

En el año 2006 se emplea el término “Internet of Things (IoT)” para hacer referencia a los intentos de efectuar de forma práctica la comunicación del tipo M2M (máquina a máquina). En ese mismo año, Echelon Corporation publicó un artículo titulado Deploying the “Internet of Things” (R.A, 2006). En el cual indica los desafíos que se deben superar a fin de obtener una IoT operativa, entre éstos se encuentran la eficiencia energética, los costos y las demoras en la implementación, los modelos de negocio basados en beneficios de largo plazo, los tiempos de vida de los proyectos, implementaciones y la solución de los problemas de conexión a red (Guacaneme & Pardo, 2016).

IoT se describe a un sistema de múltiples dispositivos heterogéneos y homogéneos que se conectan a la Internet y que tienen el poder de detección, procesamiento y capacidades de red. IoT tiene numerosas aplicaciones, por ejemplo: hogares inteligentes (Smart Home - domótica), ciudades inteligentes (Smart City), mejorar la salud (Smart Health), vehículos autónomos, etc (Cisadcat, 2021)

Actualmente, algunos dispositivos de IoT están disponibles en el mercado como sistemas de termostato inteligente, acondicionadores de aire y refrigeradores que usan Wifi para su control y monitoreo remoto (Dorry, Kanhere, Jurdack, & Guaravaram, 2017).

Además de representar una de las soluciones más importantes de este siglo, IoT es también una evolución natural de las "cosas" que, obviamente no son computadoras, pero tienen poder de procesamiento y almacenamiento interno, aunque limitados. Con una red de sensores baratos, de bajo consumo y elementos interconectados, la recopilación de información sobre nuestro mundo y nuestro entorno se puede lograr con una granularidad mucho mayor (Fattori, 2019). De hecho, este conocimiento detallado mejorará la eficiencia y ofrecerá a las personas servicios avanzados en una amplia gama de dominios de aplicación, como por ejemplo en los servicios de atención médica general y ciudad inteligente (Singh, 2018).

A partir de los sistemas de medición de energía y basado en protocolos IoT, son utilizados para determinar el consumo de energía eléctrica de un servicio eléctrico con fines comerciales, industriales o domésticos el mismo permitiendo determinar el valor de energía consumida de acuerdo con los reglamentos de la empresa distribuidora (Samaniego & Velasaca, 2016).

Según Contreras (2015), en el Ecuador el consumo de energía eléctrica está justificado por las necesidades que permiten al ser humano una supervivencia cómoda con el funcionamiento de sistemas como transporte, sector industrial, sector doméstico, sector comercial, sector institucional, sector agrícola etc.

Según Iturralde (2018), menciona que "Actualmente no existe un sistema de monitoreo individual para cada circuito eléctrico en los ámbitos laborales sea residencial, industrial entre

otros, el mismo que ayude a identificar los principales circuitos que causan mayor consumo de energía eléctrica por lo que los usuarios no tienen en cuenta el excesivo consumo de energía de los equipos”.

A2. Problema

En el Ecuador aproximadamente un 93.2% de las viviendas cuentan con el servicio eléctrico y con el pasar del tiempo son más los proyectos que se implementan para brindar comodidad a los usuarios en la toma de datos del consumidor residencial (INEC, 2011).

El crecimiento urbanístico da como resultado un aumento de las cargas residenciales y comerciales a un ritmo más alto en las naciones en crecimiento, lo que provoca un incremento en el consumo de parte de los usuarios. Se predice que para el año 2030 el consumo de energía eléctrica se duplicará.

El aumento exponencial de la demanda de energía tendrá impactos negativos en el entorno tanto medioambientales como los impactos en la salud de los seres humanos. Naturalmente, el enfoque no es como producir más energía a través de recursos convencionales y alternativos, sino que la demanda puede limitarse para una mejor gestión.

Uno de los principales problemas de los usuarios es la mala utilización de la energía eléctrica, debido a que actualmente no existe un sistema que envíe un registro de consumo individual de cada circuito eléctrico residencial, el cual me permita identificar el punto exacto donde se produce un mayor consumo de energía, es por ello que surge la necesidad de desarrollar un sistema de medición de consumo eléctrico, mismo que acceda a verificar y notificar los perfiles de carga de los principales circuitos de la vivienda.

De esta manera el usuario pueda visualizar y así reducir el consumo eléctrico, además evitar gastos de dinero innecesarios a largo plazo como también lograr un mejor aprovechamiento de la energía.

Además de que los gobiernos locales deberían usar estrategias para reducir el consumo en las grandes industrias, y el consumo de energías renovables más limpias. Los planes de ejecución, para la reducción de energía en zonas residenciales debe ser gradual, tal como hace algunos años se aplicó la transición de focos incandescentes a focos ahorradores.

Los sistemas aplicados actualmente para este tipo de aplicaciones son los de tecnología IoT, debido a que son capaces de realizar la medición de cada dispositivo eléctrico o electrónico y enviar toda la información a una base de datos en tiempo real permitiendo al usuario gestionar de una manera apropiada el consumo eléctrico de su hogar.

A3. Objetivo General

Implementar un sistema de medición de consumo eléctrico con protocolos IoT y la utilización de microcontroladores ESP8285 y ESP8266

A4. Objetivos Específicos

1. Analizar los métodos de medición de consumo eléctrico y tecnologías utilizadas por medio de visualización de perfil de cargas.
2. Diseñar un sistema de medición de consumo eléctrico utilizando tecnologías IoT.
3. Implementar un prototipo de medición de consumo eléctrico con protocolos IoT usando el ESP8266, ESP8285.

A5. Justificación

La electricidad es una parte fundamental de la vida de cada ser humano por ello el consumo energético en el Ecuador es primordial día a día; ya que brinda efectos luminosos, mecánicos, caloríficos, químicos etc. Cada uno de ellos están presentes en la vida diaria como son en la vivienda con los electrodomésticos, transporte e industrias (Telégrafo, 2023).

Para que el país cumpla con ello se dispone de diversas centrales de generación eléctrica, teniendo en cuenta la producción de energía renovable o no contaminante, es decir, que es producida de fuentes naturales como centrales hidráulicas, biogás, fotovoltaica, eólica entre otras. Llegando así a procesos de generación y transmisión, y posteriormente a distintas empresas distribuidoras quienes se encargan de llevar la energía a los consumidores finales.

Por lo tanto, el uso eficiente de la energía tiene como objetivo reducir la cantidad de energía eléctrica que se está consumiendo ya sea utilizando varias alternativas, como por ejemplo cambiar la iluminación de focos incandescentes por luminarias led, como también la adaptación de varias tecnologías existentes para la reducción del consumo (electrodomésticos amigables al medio ambiente).

El denominado “Internet de las cosas” es una concepción nacida dentro de esta tendencia. La idea general que hay detrás de IoT pide que “cualquier objeto podrá ser capaz de comunicarse con otros dispositivos y sistemas, ya sea utilizando Internet, redes privadas u otros mecanismos de comunicación” (Espada, 2012).

La tecnología IoT implica tener un concepto amplio de los objetos con algún tipo de inteligencia e intercambio de información de un aparato a otro, como también la conectividad que se logra a través de sistemas de redes inteligentes o una serie de aplicaciones para adquirir mediciones de diferentes dispositivos conectados en la residencia; saber el consumo de cada circuito en forma fácil también permitirá un control de lo que pasa en la vivienda en forma visual (Deloitte, 2023).

El objetivo principal es implementar un sistema de medición que permita al usuario la toma de decisiones cuando se use dispositivos eléctricos y electrónicos en el hogar y que con el pasar de los años denota un incremento en el coste de consumo eléctrico que se cancela mes a mes, todo esto haciendo énfasis al número de aparatos que se encuentran conectados y si su consumo es progresivo, para ello se pretende lograr el diseño de este medidor de consumo eléctrico con protocolo IoT para los usuarios y así mostrar datos exactos como también perfiles de carga del consumo que tiene cada circuito, con esto conllevar a una serie de decisiones para la optimización de recursos por el mal uso de la energía como también abaratar costos mensuales.

A6. Alcance

Este estudio hace un análisis de los diferentes métodos de medición de consumo eléctrico como también las diferentes tecnologías aplicadas en la actualidad, los protocolos IoT con llevan a que los dispositivos se tornen inteligentes, además de brindar y recibir información ya procesada.

Para la medición se realizará la implementación de un juego de sensores específicos y debidamente ubicados en el tablero de distribución de una vivienda, para que permita la medición de cada circuito, estos son los encargados de enviar la información, también la implementación de los ESP8285 y ESP8266 que son microcontroladores que permitirá la adquisición de datos por parte de los sensores para luego ser visualizados en monitores o en un Smart Phone mediante una página web; conjuntamente con todas las adaptaciones electrónicas necesarias para que este sistema realice la captación de datos requeridos de consumo eléctrico de una vivienda

El microcontrolador ESP8285 es un dispositivo que trabaja a red WiFi altamente integrada tiene un diseño compacto y rendimiento confiable de Internet de las cosas "IoT". El ESP8266 es un microcontrolador que también cuenta con red WiFi, estos dos dispositivos realizarán la captación de datos enviados por los sensores y mostrará la medición de consumo eléctrico de los usuarios en el ámbito residencial, toda la información ya procesada pretende recabarse en un Raspberry el mismo que almacenará los datos en un servidor local para posteriormente ser enviados a un servidor en línea de esta manera poder visualizar todas las mediciones en una página web mediante un PC o Smart Phone, los dispositivos tomarán las mediciones en lapsos de tiempo en circuitos monofásicos y bifásicos, en el sistema se instalarán 2 sensores para la medición del consumo monofásico que estarán en el tablero de distribución (uno para el sistema de tomacorrientes y el segundo para iluminación), y 2 sensores que se usarán para equipos bifásicos, siendo una cocina de inducción, y el otro una moto bomba para cisterna.

El medidor de consumo eléctrico diseñado permitirá la visualización de datos obtenidos y graficas de perfiles de carga como también brindará garantía fiabilidad y cumplirá con todos los requerimientos necesarios para su uso, finalmente se realizará pruebas y ajustes de funcionamiento para cumplir correctamente con todas las mediciones, todo esto enfocado en el ámbito residencial

CAPITULO I

Métodos de medición de consumo eléctrico

En este capítulo se desarrolla la base teórica del proyecto en cuanto términos eléctricos que están envueltos en toda la investigación, se especifican los diferentes métodos de medición de consumo eléctrico, las tecnologías utilizadas para la fabricación de medidores que serán requerimientos para la implementación del prototipo y el mejor desempeño.

1.1. Definición de términos eléctricos

Presentación de términos eléctricos utilizados en el proyecto con sus respectivas definiciones teóricas en base a los medidores de consumo eléctrico.

a) Corriente eléctrica

Según Charles K. Alexander y Matthew N. O. Sadiku (2015), describen que la corriente “Es la velocidad de cambio de la carga respecto al tiempo y su medida es en amperes (A)”. La corriente eléctrica en sí es el flujo de carga o de electrones que pasa por un punto de un circuito o conductor eléctrico, dicho parámetro se lo representa con la simbología (I) y su unidad de medida Amperio.

b) Voltaje

Según Charles K. Alexander & Matthew N. O. Sadiku (2015), mencionan que “La tensión (o diferencia de potencial) es la energía requerida para mover una carga unitaria a través de un elemento, su unidad de medida es en voltios (V)”

Según Cerdá (2014), menciona que el voltaje “Es la diferencia de potencial que existe entre dos puntos para provocar el movimiento o traslado de electrones o carga a través de un conductor o circuito eléctrico.”

El voltaje es la magnitud eléctrica encargada de establecer el diferencial de potencial que existe entre dos puntos de un conductor. Se puede observar dicha definición en la Figura 1 donde se muestra la representación del voltaje en un circuito eléctrico.

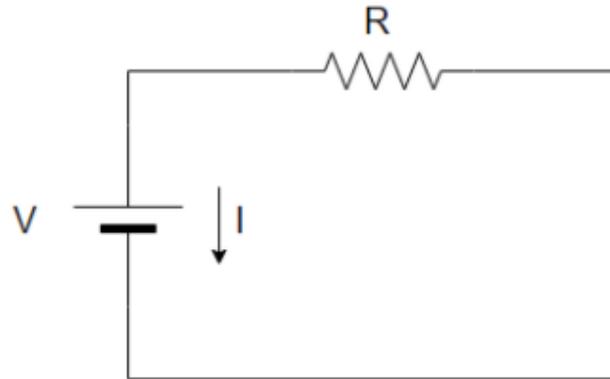


Figura 1. Voltaje en un circuito eléctrico.

c) Potencia

Según Boylestad (2017), argumenta que “El término potencia se aplica para indicar qué tanto trabajo (conversión de energía) puede realizarse en una cantidad específica de tiempo; es decir, potencia es la velocidad a que se realiza un trabajo”

Según Seippel (2021), destaca que “La potencia es nada más que el trabajo que se realiza en un determinado tiempo”.

En sí, la potencia eléctrica es la cantidad de energía absorbida en una unidad de tiempo o comprendida de otra forma también es la fuerza que un aparato eléctrico realiza un trabajo, la potencia es medida en Watts (W).

La potencia eléctrica se deriva en 3 formas de potencia:

- **Potencia aparente**

Según Pepeenergy (2021), describe que “La potencia aparente es la suma de la energía desperdiciada con la energía real utilizada”.

Se la representa a través de la letra S y es la suma de las potencias activa y reactiva su unidad de medida son los voltios amperios (VA) o kilovoltios amperios (kVA).

- **Potencia activa**

Según Pascual y Morera (2005), mencionan que “La potencia activa es la que realmente se consume o produce durante un trabajo en un determinado tiempo, se mide en watts y se le designa por la letra P”.

Es representada con la letra P y se obtiene de la multiplicación del voltaje con la corriente y es la que en el proceso de transformación de energía es representada como trabajo, su medida es en Watts (W).

- **Potencia reactiva**

Según Pascual y Morera (2005), describen que “La potencia reactiva es una potencia fluctuante que fluye del generador hacia el receptor, pero al llegar a medio ciclo fluye en sentido inverso por lo que no se transforma.”

Es representada con la letra Q y es el resultado de la multiplicación de la corriente reactiva por el voltaje su unidad de medida es (KVAR) o (VAR), también es la encargada de generar un campo magnético que en ocasiones es requerido para el funcionamiento de aparatos inductivos como son los transformadores o motores.

d) Factor de potencia

Según Cruz (1996), establece que “El factor de potencia ($\cos \phi$) se define como el coseno del ángulo que se forma entre la potencia activa (P) y el aparente total (S).”

También el factor de potencia se lo puede representar con (fp) se denomina al cociente de la potencia activa consumida en una instalación entre la potencia aparente suministrada, o bien como el coseno del ángulo que forman los fasores de voltaje y corriente $\cos(\phi)$, se puede mencionar que esto se cumple solo cuando su onda es puramente senoidal para mejor comprensión en la Figura 2 se muestra el triángulo de potencias.

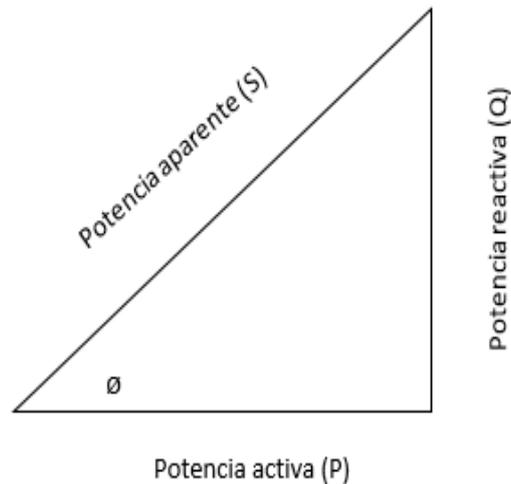


Figura 2. Triángulo de potencias.
Fuente. Tomado de (Rodríguez, 2019)

1.2. Medidores de consumo eléctrico usuales

Los medidores de consumo eléctrico son dispositivos que se encargan de monitorear el consumo de energía eléctrica, que bien puede ser de un electrodoméstico hasta la vivienda completa, como también en la parte industrial se puede monitorear máquinas eléctricas, o toda la industria. Existen tres tipos de medidores que son medidores convencionales, digitales, y electrónicos (Agencia de regulación y control de electricidad, 2020).

De acuerdo con Idrovo y Orellana (2016), menciona que “Un contador o medidor de energía es un equipo que permite controlar y realiza mediciones acerca del consumo de energía que producen los clientes”. Dicho consumo se lo factura dependientemente la empresa distribuidora para que los distintos clientes puedan cancelar dicho servicio.

1.2.1. Clasificación de medidores de energía eléctrica

Como se había establecido con anterioridad los medidores de energía eléctrica son aparatos usados para medir el consumo de la energía, por lo que existen una gran variedad de estos, se los puede clasificar por: su construcción, tipo de energía que mide, clase de precisión y la conexión a la red eléctrica.

TABLA 1 CLASIFICACIÓN DE MEDIDORES ELÉCTRICOS

Tipo	Definición
De acuerdo con su construcción	
Convencionales (Inducción)	Las corrientes en las bobinas fijas reaccionan con las inducidas en un disco, provocando que se mueva. Basado en el principio de los motores de inducción.
Estáticos (Electrónicos), Digitales	Actuación de la corriente y tensión sobre los elementos electrónicos para producir pulsos de salida. Son de mayor precisión.
De acuerdo con la energía que miden	
Activa	Mide el consumo de la energía activa en kilovatios/hora.
Reactiva	Mide el consumo de la energía reactiva en kilovatios reactivos /hora.
De acuerdo con la precisión	
0.5	Capaz de realizar mediciones de energía activa suministrada.
1	Medidores trifásicos para medir energía P (Activa) y Q (Reactiva) de grandes consumidores.
2	Medidores monofásicos para medir energía activa en lugares con cargas menores a 55 kW.
De acuerdo con la conexión en la red	
Monofásico Bifilar	Se utiliza para el registro en una acometida que tenga una fase y un neutro.
Monofásico trifilar	Registro de consumo en acometidas de fase partida.
Bifásico trifilar	Con la funcionalidad de control energético en transformadores de distribución.

Trifásico tetrafilar	Lectura de consumo en una acometida trifásica de baja tensión con tres fases y cuatro hilos.
Trifásico trifilar	Registro de consumo de energía en una acometida de tres fases sin neutro.

Fuente: Modificada de (Rojo, 2017)

1.2.1.1. Medidores convencionales

Según la Agencia de regulación y control de electricidad (2020), destacan que “Estos medidores son conocidos como electromecánicos ya que su diseño se basa en un disco que gira a una velocidad directamente proporcional a la corriente consumida”.

Este medidor contiene un núcleo de chapas magnéticas en el que tiene dos bobinas y otra derivación que es una bobina de tensión, la estructura física se la puede representar a través de la Figura 3.



Figura 3. Medidor electromecánico

Como se puede observar, dichos medidores cuentan con componentes que permiten realizar la función de medición del consumo de energía eléctrica.

Para un mejor entendimiento acerca de los componentes que conforman los medidores se puede observar la Figura 4, donde muestra las principales partes y componentes que los conforman.

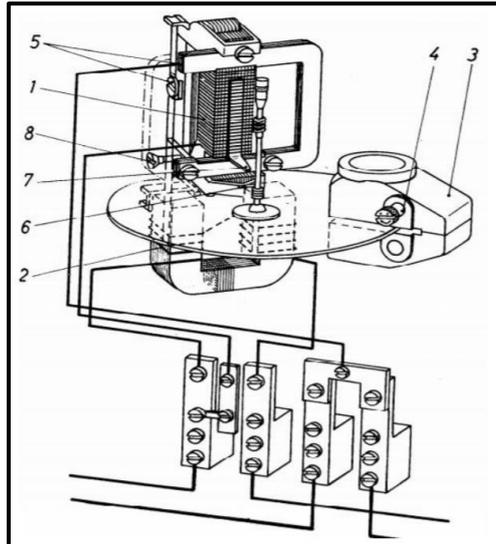


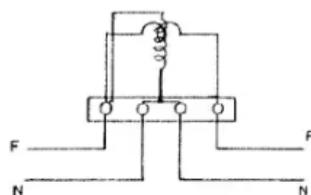
Figura 4. Partes del medidor electromecánico
Fuente. Tomado de (Agencia de regulación y control de electricidad, 2020).

1. Bobina de tensión.
2. Bobina de intensidad.
3. Imán de frenado.
4. Tornillo de regulación gruesa.
5. Abrazadera.
6. bloqueo de marcha inversa.
7. Angulo marcha inversa.
8. Tornillo para regulación fina.

Dichos componentes se los puede realizar en dos tipos de conexiones internas como se muestra en la Figura 5 y Figura 6, de acuerdo con las normas americana (NEMA) y europea preestablecidas.

NORMA AMERICANA

CONCENTRICO



EXCENTRICO

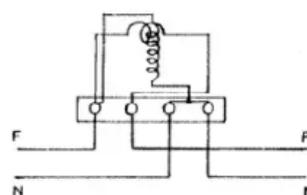


Figura 5. Conexión con Norma Americana
Fuente: Tomado de (Vallejo & Medina, 2011)

NORMA EUROPEA



Figura 6. Conexión con norma europea
Fuente: Tomado de (Vallejo & Medina, 2011)

Dichas configuraciones de conexión se las realiza con la finalidad de seguir las normativas impuestas en el estado donde se encuentren, o debido a que se necesite cumplir ciertas características de medición o de funcionamiento.

1.2.1.2. Medidores digitales

Según la Agencia de regulación y control de electricidad (2020), describe que “Es más actual que el electromecánico, ya que en él se puede visualizar por medio de un display las energías activas y reactiva por medio de un proceso digital utilizando memoria y microcontroladores estos medidores se clasifican en medidores de demanda y medidores multitarifa” como se muestra en la Figura 7



Figura 7. Medidor digital
Fuente: (Cadena Rasa, 2014)

- a) **Medidores de demanda:** éstos almacenan los datos de la energía total consumida de una sola demanda dentro de 24 horas la cual tiene un solo periodo y una tarifa.
- b) **Medidores multitarifa:** estos almacenan los datos de la energía consumida en diferentes tramos dentro de 24 horas por lo que se puede obtener diferentes tarifas a distintos parámetros como energía reactiva y factor de potencia.

1.2.1.3. Medidores electrónicos

(Actitud Ecológica, 2020) menciona que “Este tipo de medidor es un dispositivo con la función de monitorizar el consumo de energía eléctrica de una carga o de un conjunto de cargas” como se observa en la Figura 8.



Figura 8. Medidor electrónico Efergy
Fuente. Tomado de (Actitud Ecológica, 2020).

Con la finalidad de que el usuario pueda controlar dichas cargas a través de dos tipos de medición tales como: medición individual y medición en el cuadro eléctrico.

1.2.1.4. Medición individual

Según Actitud Ecológica (2020), menciona que “Los medidores de consumo individual son los que se conectan directamente al tomacorriente de una vivienda y a su vez nos permite conectar aparatos eléctricos que se desea medir, así se obtiene los datos de energía consumida individualmente” esta clase de medidores tiene dos tipos que son sin

monitorización de energía y con monitorización de energía como se puede observar en la Figura 9.

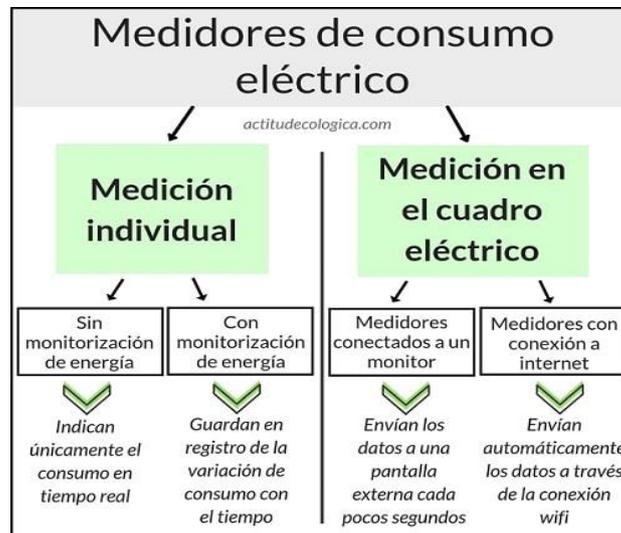


Figura 9. Tipos de medidores de consumo eléctrico
Fuente. Tomado de (*Actitud Ecológica, 2020*)

a) Sin monitorización de energía

Estos medidores por lo general son los más económicos en el mercado, pero sus características técnicas son limitadas ya que muestra datos como el consumo de energía, potencia máxima y el costo de energía en dólares. Detallando el costo del kilovatio hora en la zona que trabaja, esta medición se realiza en tiempo real ya que no consta con una memoria para almacenar los datos que se obtiene al día, semanal o mensualmente como se observa en la Figura 10.



Figura 10. Medidor sin monitorización de energía
Fuente. Tomado de (*Actitud Ecológica, 2020*)

b) Con monitorización de energía

Estos medidores son más completos ya que no sólo transmiten la lectura en tiempo real, sino que también registran los datos de consumo por lo que se puede obtener un historial de cuánto se ha consumido en un día, semanas o meses.



Figura 11. Medidor con monitorización de energía.
Fuente. Tomado de (Actitud Ecológica, 2020)

c) Medición en el cuadro eléctrico

Estos tipos de medidores son aquellos que analizan el consumo de toda la residencia, estos se conectan directamente al panel de energía el cual se mide como una pinza amperimétrica la misma que es directo al cable de entrada del panel. El medidor tiene dos formas diferentes de enviar la información de la lectura ya sea mediante una conexión a un monitor o una conexión a internet como se muestra en la Figura 12



Figura 12. Medición en el cuadro eléctrico
Fuente. Tomado de (Actitud Ecológica, 2020)

1.3. Categorías de tensión eléctrica ecuatoriana

En el Ecuador existen distintas tarifas eléctricas que la rige el ARCERNNR según la regulación 057/17 de la codificación de reglamentos de tarifas eléctricas se considera dos categorías: residencial, general la cual se miden por el nivel de tensión y ésta se subdivide en tres grupos: alta tensión media tensión y baja tensión. (Agencia de regulación y control de electricidad, 2020)

- **Categoría residencial:** esta categoría está destinada para uso doméstico o también para los consumidores que tienen integrada a su vivienda una pequeña actividad comercial que implique un bajo consumo energético.
- **Categoría general:** esta categoría está destinada para uso comercial industrial al igual que la prestación de servicios públicos y privados.
 - Locales y establecimientos públicos y privados.
 - Locales y establecimientos industriales públicos o privados, destinados a la elaboración o transformación de productos por medio de procesos industriales y oficinas administrativas.
 - Instalaciones de bombeo de agua incluye oficinas administrativas y guardiana.
 - Entidades de asistencia social.
 - Entidades de beneficio público.
 - Entidades Oficiales (del sector público).
 - Escenarios deportivos.
 - Culto religioso.
 - Servicio comunitario.
 - Abonado especial
- **Nivel de alta tensión:** esta corresponde a voltajes de suministro superiores a 40 kV hasta 130 kV.

General

- Con demanda horaria.
- Con demanda horaria diferenciada.

- **Nivel de media tensión:** esta corresponde al voltaje de suministro entre 600 V y 40 kV.

General

- Con demanda.
- Con demanda horaria.
- Con demanda horaria diferenciada.

- **Nivel de baja tensión:** esta corresponde a voltaje de suministro inferiores a 600 V.

Residencial

General

- Sin demanda.
- Con demanda.
- Con demanda horaria.
- Con demanda horaria diferenciada.
-

1.4. Tipos de cargas

Partiendo del principio de la conservación de la energía, todos los dispositivos o aparatos funcionan con energía como también tienden a transformarla en otro tipo de energía, entre ellos tenemos aparatos que transforman dicha energía en forma de calor (resistencias), luminosa (focos o lámparas) y mecánica (motores) etc.

En términos generales puede distinguirse tres tipos de cargas que se dan al conectar un equipo eléctrico a la red por el cual circula corriente y voltaje.

1.4.1. Carga inductiva

Las cargas inductivas son encontradas en cualquier tipo de aparato eléctrico que contenga bobinados entre ellos tenemos a motores, transformadores, máquinas de soldadura entre otros. Estos equipos requieren para su funcionamiento potencia activa y reactiva y su factor de potencia es menor a 1.

Las cargas inductivas son el origen del bajo factor de potencia en valores menores a 0.9. En un circuito puramente inductivo la corriente no está en fase con el voltaje ya que va desfasada 90° con respecto al voltaje (Zamora & Calderon, 2013).

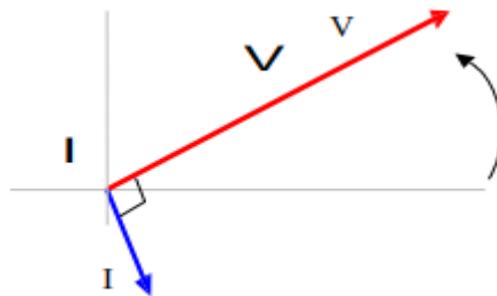


Figura 13. Diagrama fasorial de un circuito inductivo
Fuente. (Zamora & Calderon, 2013).

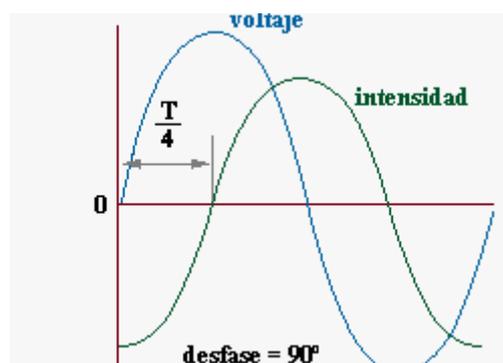


Figura 14. Grafica sinusoidal en función del tiempo con desfase de 90°
Fuente. (Zamora & Calderon, 2013)

En la Figura 14 Se muestra el diagrama sinusoidal de cargas inductivas en función del tiempo la misma que está desfasada 90° de la corriente eléctrica respecto al voltaje.

1.4.2. Carga capacitiva

Las cargas capacitivas se presentan en los capacitores las mismas se caracterizan por que la corriente se adelanta respecto de la tensión 90° . Las cargas capacitivas son: Bancos

de capacitores, motores síncronos en la Figura 15 se muestra el diagrama fasorial de un circuito capacitivo.

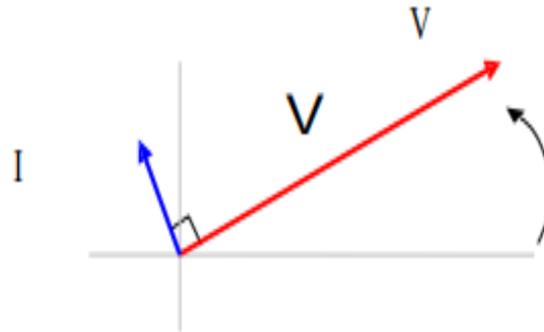


Figura 15. Diagrama fasorial de un circuito capacitivo.
Fuente. (Zamora & Calderon, 2013)

En un circuito netamente capacitivo no existe consumo de energía aún si hay corriente circulando, las cargas capacitivas generan potencia reactiva (VAr) representado en volts amperes reactivos.

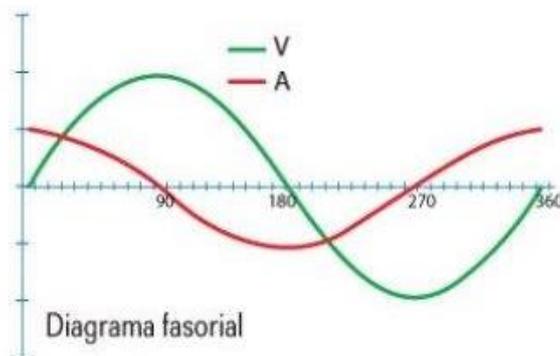


Figura 16. Onda sinusoidal de corriente adelantada 90° respecto al voltaje.
Fuente. Tomado de (Zamora & Calderon, 2013)

En la Figura 16, se muestra la gráfica senoidal de voltaje y corriente en función del tiempo en este caso la corriente adelanta 90° con respecto al voltaje.

1.4.3. Carga resistiva

Según Zamora y Calderon (2013), menciona que “Una carga resistiva son dichas cargas referidas como si tuvieran una resistencia eléctrica R y expresada Ohm (Ω). Donde el valor de su factor de potencia toma el valor de 1.0”. Estas cargas se las puede encontrar en lámparas incandescentes, hornos y planchas etc.

En un circuito puramente resistivo, la corriente está en fase con el voltaje.

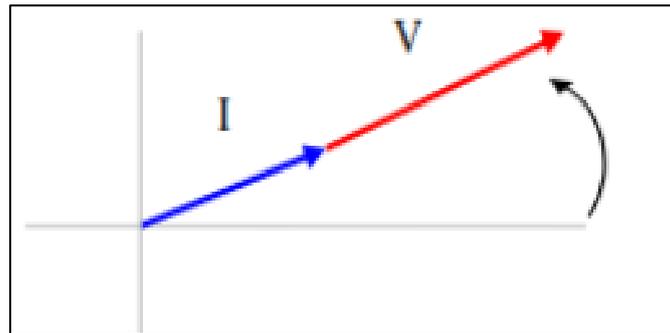


Figura 17. Diagrama fasorial de carga resistiva.
Fuente. Tomado de (Muso & Tipán, 2019).

La carga resistiva transforma energía en calor, la resistencia depende del voltaje y corriente (Velasco C. , 2018). En la Figura 18 se puede observar el diagrama fasorial de la carga resistiva.

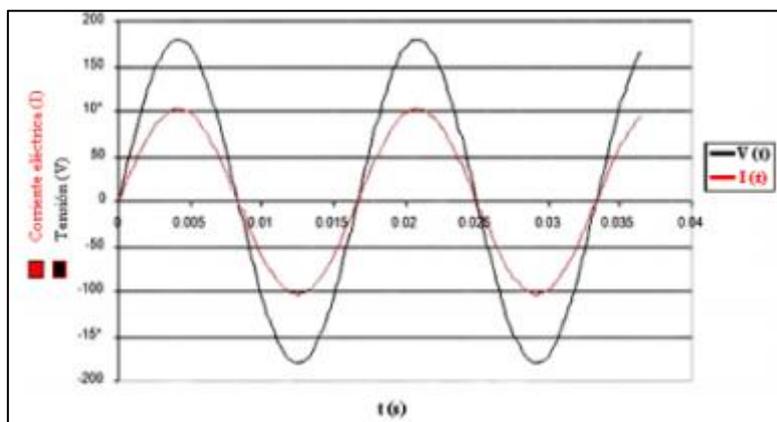


Figura 18. Onda sinusoidal de corriente y voltaje en fase.
Fuente: Tomado de (Muso & Tipán, 2019).

Las ondas senoidales de voltaje y corriente en función del tiempo y el desfase que existe entre ellas, la cual es igual a 0, es decir que ambas se encuentran en fase.

1.5. Microcontroladores

Según Castro (2018), menciona que “Un microcontrolador es un circuito integrado programable. Está formado por un conjunto de componentes conectados de una forma muy concreta. Siendo capaz de ejecutar una serie de instrucciones que han sido definidas con anterioridad”.

Según Velasco (2018), menciona que “Un microcontrolador es un pequeño ordenador que contiene en su interior básicamente un procesador, soporte reloj, reset, memoria, puertos de entrada y salida”.

Un microcontrolador son simplemente circuitos integrados compuesto tanto de entradas, salidas, memoria y unidades de lógica aritmética. En un dispositivo completo capaz y funcional para realizar operaciones digitales. Un microcontrolador sirve para realizar operaciones y funciones tanto pequeños como industriales debido a la complejidad de su lenguaje de programación manejable.

Los componentes importantes de un microcontrolador son.

- a) **Memoria:** Almacenamiento de datos e instrucciones, existe 2 tipos memoria volátil y persistente.
- b) **CPU:** Se encarga de procesar las señales recibidas y ejecuta cada instrucción dada por el usuario.
- c) **Patillas de entradas y salidas (GPIO):** Son las que permiten la comunicación con el microcontrolador, los pines de entrada se conectan sensores en pines de salida se coloca actuadores (Velasco N. , 2018).

1.5.1. Características de los microcontroladores

Aparte de las funcionalidades previamente descritas se encuentra unas en la que según (Laureano, 2016) son importantes:

1. La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard.
2. Se aplica la técnica de segmentación en la ejecución de las instrucciones.
3. El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud.
4. Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido).
5. Todas las instrucciones son ortogonales.
6. Arquitectura basada en un banco de registros.
7. Modelos de arquitectura cerrada y de arquitectura abierta.
8. Diversidad de modelos de microcontroladores.
9. Amplio margen de alimentación y corrientes de salida elevadas.
10. Herramientas de soporte potentes y económicas.

En sí los microcontroladores tienen una gran variedad de características y eso es dependientemente del tipo, es decir según la funcionalidad, medio y operación lógica que se someta, los microcontroladores tendrán características acordes para dichos campos y áreas establecidas.

1.5.2. Tipos de microcontroladores

Según Lugo (2021), menciona que “Los microcontroladores se dividen de forma general en categorías según su memoria, arquitectura, bits y conjuntos de instrucciones”.

- Bits. – 8, 16, 32 bits. Principalmente se diferencian en cuanto a las operaciones que realiza y su forma de ejecutarlas con precisión y rendimiento.
- Memoria. – externa e incorporada. Particularmente se trata en donde se encuentra la memoria en relación con los bloques de funcionamiento que existen dentro del chip.
- Conjunto de instrucciones. – CISC – CISC, RISC – RISC, se trata de la aplicación y forma de realizar una instrucción o varias; ya sean de tipo simple o complejas con la finalidad de reducir el tiempo de operación o alargarla.
- Arquitectura de memoria. – Harvard y Princeton.

En sí existe una gran variedad de microcontroladores dependiente de las funciones y características que necesiten cumplir, los microcontroladores en sí buscan realizar las funciones de los sistemas integrados de máquinas con la finalidad de facilitar el grado de control entre el usuario y el dispositivo.

1.5.2.1. NodeMCU

El NodeMCU es una placa de desarrollo libre a nivel de software y hardware, cuenta con el ESP8266 que permite la conexión WiFi, mismo que ayuda al desarrollo de proyectos enfocados a sistemas inalámbricos IoT, por lo tanto, facilita la programación de los componentes que lleva incluido en la Figura 19 (Castro, 2018).

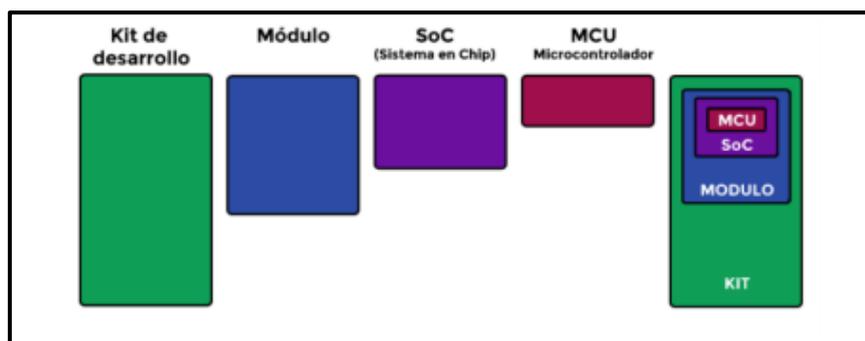


Figura 19. Estructura de placa (NodeMCU)
Fuente. Tomado de (Castro, 2018)



Figura 20. Módulo NodeMCU.
Fuente. Tomado de (Castro, 2018).

La placa NodeMCU se encarga de controlar las entradas, salidas y los cálculos precisos que requiera el programa, en la Figura 20 se muestra el modelo de placa NodeMCU.

1.5.2.2. ESP8266

En la naturaleza de los microcontroladores la interconexión entre los sensores, los sistemas de control y los usuarios, es de gran importancia obtener funciones de monitoreo, control y automatización. Las nuevas tecnologías avanzadas registran a lo que hoy en día se conoce como el Internet de las Cosas (IoT), la cual busca la comunicación entre los equipos de las industrias, hogares y de los usuarios de modo automático (Valderrama & Brea, 2018).

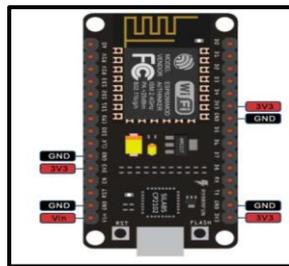


Figura 21. Módulo ESP8266
Fuente. (Hernandez, 2019)

El ESP8266 es un dispositivo Wi-fi, microcontrolador de bajo costo fabricado por Espressif, el módulo permite la conexión a una red de internet WiFi, de igual manera puede realizar las mismas funciones de un Arduino UNO, En la Figura 21 se muestra un ESP8266, a continuación, se muestra en la Tabla 2 las principales características del ESP8266.

TABLA 2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES MÓDULO ESP8266

CATEGORIA	ITEMS	PARAMETROS
Hardware	Voltaje de operación	2,5 V - 3,6 V
	Corriente de operación	80 Ma
	Temperatura de operación	< 40°C , 125°C
Wi-Fi	Protocolos	802.11 b/g/n (HT20)
	Certificación	Wifi Alliance
	Rango de frecuencia	2.4ghZ-2.5GHz (2400MHz-2483.5MHz)
	Antena	PCB Trace, Externa, IPEX Conector, Chip cerámico
Software	Modo WiFi	Estación/SoltAP/SoltAP+Estación

Fuente. Tomado de (Hernandez, 2019).

1.5.2.3. ESP8285

La familia de microcontroladores ESP se puede utilizar de forma eficaz en proyectos de IoT de diversa complejidad. El módulo ESP8285 es una continuidad de la línea ESP8266 y tiene un mayor grado de integración y dimensiones reducidas. Con la misma funcionalidad, el chip ESP8285 tiene una memoria de programa de 1 MB que funciona en modo DUOT (Team, 2020).

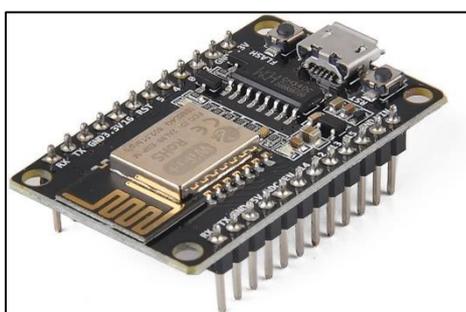


Figura 22. Módulo ESP8285
Fuente. Tomado de (Cervantes, 2016).

A continuación, se muestra en la Tabla 3 las características del ESP8285

TABLA 3 CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO ESP8285

MÓDULO ESP8285		
CATEGORIA	ITEMS	PARAMETROS
Hardware	Voltaje de operación	2,7 V - 3,6 V
	Corriente de operación	80 mA QFN de 32
	UPC	Procesador de 32Bits
Wi-Fi	Protocolos	802.11 b/g/n (HT20)
	Certificación	WiFi alliance
	Rango de frecuencia	2.4GHz-2.5GHz (2400MHz-2483.5MHz)
	Antena	PCB Trace, Externa, IPEX Conector, Chip cerámico

Software	Modo Wifi	Estación/SoltAP/SoltAP+Estación
	Seguridad	WPA/WPA2

Fuente. Tomado de (*Espressif, 2020*)

Como se muestra en la Tabla 3 tenemos las principales características del ESP 8285 el mismo que está acorde y cumple con todos los requerimientos necesarios para la implementación de nuestro proyecto.

1.6. Sensores de medición

Para obtener el cálculo de potencia eléctrica consumida en una residencia, se requiere de la medición de corriente y voltaje, por lo cual es importante elegir los sensores que nos brinden la sensibilidad requerida para ello se tiene los sensores de corriente y voltaje.

a) Sensor de corriente

Los sensores de corriente son dispositivos que brindan la medición en corriente continua o corriente alterna, también se denominan transductores de corriente o transformadores de corriente., haciendo de gran utilidad para la medición de consumos eléctricos en los diferentes equipos para lo cual existen sensores de corriente invasivos y no invasivos (Agencia de regulación y control de electricidad, 2020).

b) Sensor de voltaje

Para verificar el suministro de energía eléctrica en redes se requiere de sensores de tensión los mismos que son estratégicos para la medición de aparatos que se encuentren conectados a la red en la Figura 23 se muestra la medición del sensor de voltaje aplicado a un divisor de voltaje.

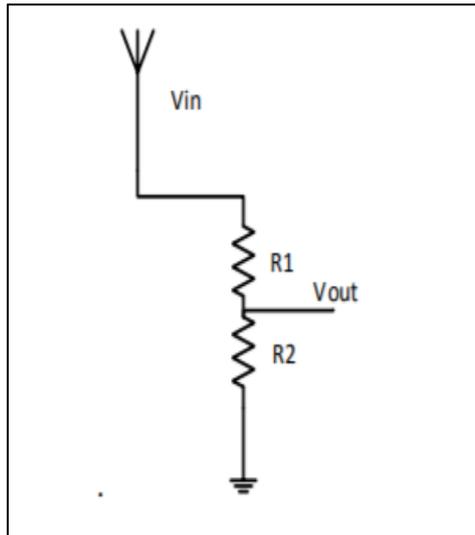


Figura 23. Medición del sensor de voltaje
Fuente. Tomado de (Armijos & Pasantes, 2016)

Prácticamente se trata de un arreglo de resistencias en configuración de divisor de voltaje con la finalidad de reducir el voltaje a medir y pueda ser interpretado por las unidades lógicas y programables como los microcontroladores o microprocesadores.

1.7. Raspberry Pi

La Raspberry Pi básicamente es un ordenador, el mismo que consta de una placa reducida y su sistema operativo es de código abierto “Raspbian” no deja de ser un ordenador adaptado a necesidades de programación muy básicas. Es desarrollado por la Raspberry Pi Foundation, con el objetivo de poner en manos de las personas de todo el mundo el poder de la informática y la creación digital. IONOS (2021), expresa que “Raspberry consiste en un ordenador, el cual no solo está compuesto por el hardware básico que cuenta con un procesador, unidad de memoria, además de diversos tipos de conexiones USB, HDMI, vídeo, sonido entre otros”.



Figura 24. Placa Raspberry Pi4
Fuente. Tomado de (Hasanain, 2019)

Como se muestra en la Figura 24 tenemos una placa de desarrollo Raspberry Pi4 la misma que se utilizara en la implementación de nuestro prototipo.

1.8. Internet de las cosas IoT

El Internet de las Cosas en inglés Internet of Things (IoT), es una palabra creada para hablar de la conectividad de cualquier objeto a Internet, de tal forma que es posible actuar en cualquier sistema, sin la interacción directa de una persona (Castro, 2018).

Es por ello que la conectividad de hoy en día es algo fundamental al hablar del Internet de las Cosas ya que el objetivo principal es que todo objeto pueda conectarse desde cualquier sitio como también a cualquier hora, como ejemplo los sensores son encargados de acumular y enviar toda la información para luego ser procesada, por tanto los actuadores evitan que el ser humano manipule los sistemas ya que actúan autónomamente sin la asistencia de un usuario (Moreno, 2017).

1.8.1. Arquitectura del IoT

La arquitectura tiene que cumplir ciertos requerimientos para que esta tecnología sea viable. También es distribuida donde todos los objetos puedan interactuar entre ellos de forma eficiente, adecuada y segura. Esta estructura da solución al llamado IoT en lo referente a aspectos físicos en los objetos como también aspectos virtuales que son los servicios y protocolos de comunicación. Adoptar una de las arquitecturas con múltiples niveles adquiere

su mejor comprensión en todos sus aspectos importantes, en la Figura 25 se muestra la arquitectura o modelo de tres capas en IoT (Arduino, 2018).

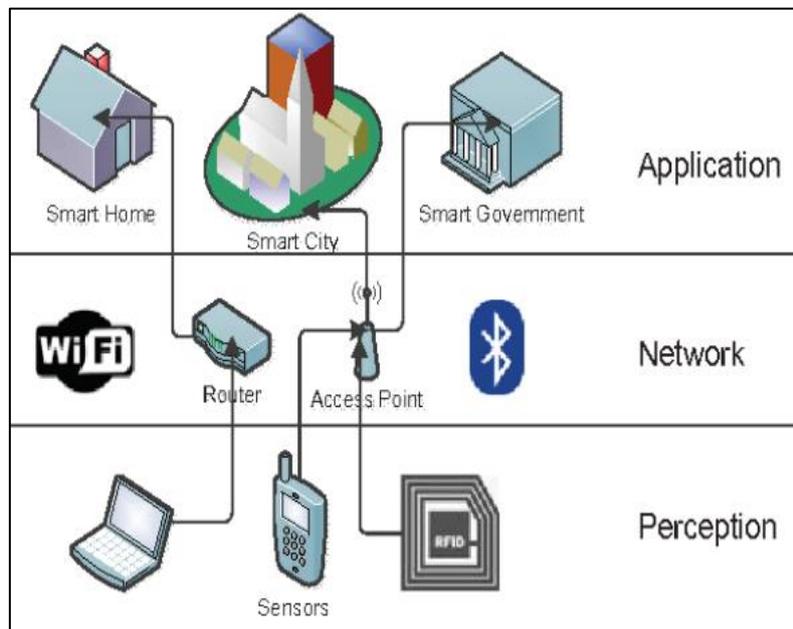


Figura 25. Arquitectura modelo de tres capas IoT
Fuente. Tomado de (Arduino, 2018).

Requerimientos de la estructura IoT.

- a) Gestión y control de dispositivos.
- b) Conectividad de los dispositivos.
- c) Habilidad de actualizar software de un dispositivo.
- d) Localizar dispositivos perdidos.
- e) Escalabilidad.
- f) Integración.
- g) Seguridad.
- h) Alta disponibilidad.
- i) Riesgos específicos de los IoT.

1.8.2. Tecnologías IoT

Una de las principales herramientas que necesita la tecnología IoT son las redes de comunicaciones que les permita conectar los diferentes tipos de dispositivos, máquinas, sensores u objetos. Debido a que esto permitirá comunicar y transmitir los datos que generan dichos dispositivos en cualquier punto.

En la siguiente Figura 26 se puede observar las redes de comunicación más utilizadas para la aplicación y ejecución de proyectos de IoT.

TECNOLOGÍA	CONSUMO	ALCANCE	MADUREZ	DISPONIBILIDAD	SEGURIDAD	USABILIDAD	TASA DE DATOS
GSM/GPRS	Muy alto	Alto	Muy Alto	Muy alto	Alta	Alta	Alta
SigFox	Bajo	Medio	Alto	Medio	Media	Alta	Muy baja
LoRa	Bajo	Medio	Bajo	Muy bajo (ad hoc)	N A	Baja	Muy baja
NB IoT							
WiFi	Alto	Bajo	Muy alto	Alto	Baja	Alta	Muy alta
BLE	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Bajo	Baja	Media	Baja
ZigBee	Medio	Bajo	Medio	Muy bajo	Alta	Baja	Baja

Figura 26. Tecnologías IoT
Fuente: Tomada de (efor, 2021)

Como se pudo observar existe una gran variedad de tecnologías usadas para la aplicación y ejecución en IoT, con sus diferencias en ciertos aspectos técnicos y tecnológicos,

1.8.3. Protocolos IoT

Los objetos de IoT se comunican mediante protocolos basados en internet de las cosas. El protocolo de Internet es un conjunto de reglas además son de gran beneficio ya que son normas que permiten a dos entidades entenderse e intercambiar información facilitando la comunicación (Microsoft, 2018).

1.8.4. Tipos de protocolos

El tipo de protocolo en IoT es un aspecto importante en el planeamiento de un proyecto con este tipo de tecnología ya que es determinar los protocolos de IoT de los dispositivos, es decir, cómo se conectan y se comunican los dispositivos. En la base de tecnologías de IoT, los dispositivos se conectan a través de puertas de enlace o de funcionalidad integrada. Las puertas de enlace forman parte de la tecnología de IoT que se puede usar para facilitar la conexión de los dispositivos IoT a la nube (Microsoft, 2018).

Se detalla dependiendo del nivel los siguientes protocolos.

El nivel de aplicación actúa como interfaz entre el usuario y el dispositivo con un protocolo de IoT determinado.

- **Protocolo de mensajes avanzado (AMQP):** Nivel de software que crea interoperabilidad entre el middleware de mensajería. Ayuda a que una gran variedad de aplicaciones y sistemas funcionen juntos, lo que permite crear una mensajería normalizada a escala industrial.
- **Protocolo de aplicación restringida (CoAP):** Protocolo de red y horizontal de banda restringidos trazado para que aparatos con capacidad reducida puedan conectarse entre máquinas. CoAP, es incluso un protocolo de transferencia de documentos que se ejecuta a través de él.
- **Servicio de distribución de datos (DDS):** Protocolo de comunicaciones que permite la comunicación entre procesos y se ejecuta sobre IP. UDP mejora la velocidad de transferencia de datos a través de TCP y es ideal para las aplicaciones que requieren transmisiones de datos sin pérdida.
- **Transporte de telemetría de cola de mensajes (MQTT):** Protocolo de mensajería diseñado para la comunicación entre equipos que se usa principalmente para las conexiones de redes de poco ancho de banda con ubicaciones remotas. (Porro, 2019).
- **Ethernet:** Esta conexión por cable es una posibilidad menos costosa que proporciona conectividad instantánea para datos con una latencia baja.

- **Evolución a largo plazo (LTE):** Estándar de proclamación inalámbrica de banda ancha para aparatos movedizos y terminales de datos. LTE, aumenta la adaptación y la rapidez de las redes inalámbricas y admite secuencias de resonancia y multidifusión.

1.9. Consumo eléctrico residencial

El consumo de electricidad es consecuencia de las actividades: humanas (entretenimiento, iluminación, cocción, limpieza) comerciales e industriales, obliga a las empresas distribuidoras locales a establecer mecanismos, estrategias, metodologías adecuadas que permitan planificar las actividades propias del sistema eléctrico. Por tanto, estimar la producción y disponibilidad de electricidad es de vital importancia durante las etapas de generación y distribución eléctrica.

1.9.1. Consumo promedio de energía eléctrica por cliente final

El consumo promedio mensual de energía eléctrica representa la cantidad de energía en kWh, que consume mensualmente un cliente de una distribuidora. Corresponde a la demanda regulada. En la Figura 27 se puede apreciar el consumo promedio mensual por cliente, para el periodo 2011–2020.

Año	SPEE				SAPG	Promedio Total
	Industrial	Otros	Comercial	Residencial		
2011	7.921,07	2.018,03	595,04	121,30	17,56	297,02
2012	8.123,78	2.034,50	608,82	121,73	17,30	300,27
2013	7.933,41	2.109,50	651,34	122,20	17,56	305,03
2014	8.566,79	2.095,40	691,75	128,79	18,17	318,81
2015	8.876,86	2.229,12	712,15	136,67	18,73	328,14
2016	8.934,26	2.252,05	680,48	136,61	19,07	319,80
2017	9.492,74	2.296,04	665,01	136,10	19,93	319,24
2018	9.904,69	2.490,97	656,36	135,26	21,13	322,53
2019	10.014,22	2.544,73	659,49	137,07	21,84	323,63
2020	9.739,14	2.416,88	575,68	141,42	22,39	311,94

Figura 27. Consumo promedio mensual periodo 2011-2020 (kWh/cliente)
Fuente. Tomado de (*Ministerio de turismo, 2020*)

El consumo promedio mensual en el 2020 fue 311,94 kWh/cliente, es decir, 14,91 kWh más por cliente que el registrado en el 2011 (297,02 kWh/cliente), que representó un incremento del 5,02 %.

En la Figura 28 se presenta el consumo promedio mensual de los clientes residenciales por empresa distribuidora.

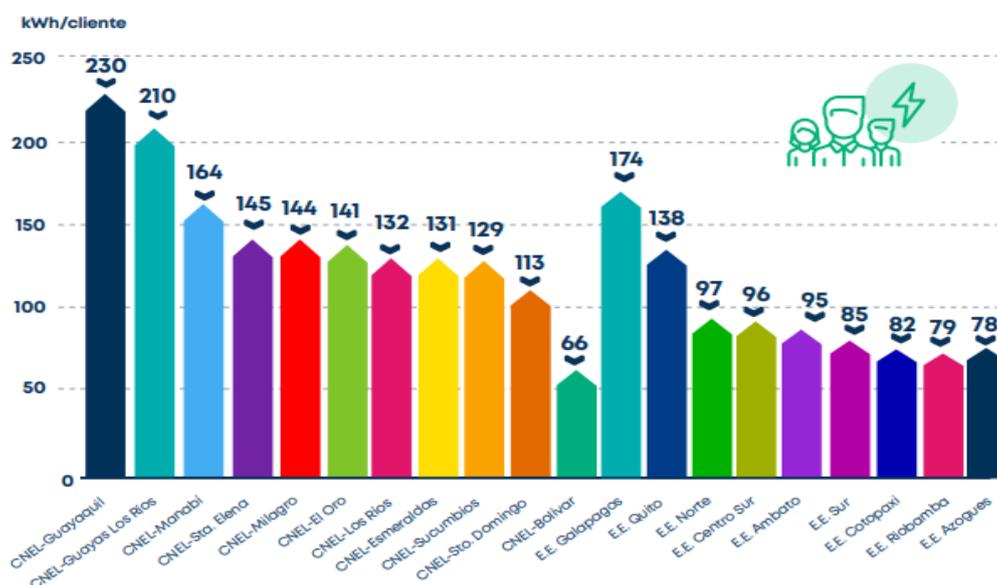


Figura 28. Consumo promedio mensual de clientes residenciales, 2020
Fuente. Tomado de (Ministerio de turismo, 2020)

Con respecto a los clientes residenciales en el 2020, en la CNEL EP, las Unidades de Negocio que tuvieron un mayor consumo promedio fueron: Guayaquil, Guayas Los Ríos y Manabí; su consumo promedio mensual fue mayor a 150 kWh/cliente. Por su parte, la Unidad de Negocio Bolívar es la que menor consumo promedio presentó (65,90 kWh/cliente). Por parte de las empresas eléctricas, la Galápagos y la Quito son las distribuidoras que mayor consumo promedio tuvieron (superior a 130 kWh/cliente). La Azogues es la que menor consumo promedio presentó (78,15 kWh/cliente). A nivel nacional el consumo promedio mensual de los clientes residenciales fue de 141,42 kWh/cliente (Ministerio de turismo, 2020).

En este capítulo se puede concluir que existe gran variedad de tecnologías que facilitan el monitoreo de las variables de voltaje, corriente, potencia etc. En las cuales se pueden procesar datos mediante el uso de las tecnologías IoT que permiten el desarrollo de nuevos equipos y dispositivos que pueden ser utilizados para el monitoreo en línea y local de cualquier variable, magnitud y proceso.

CAPITULO II

Diseño del sistema de medición de consumo eléctrico con tecnologías IoT

En este capítulo se plantea el proceso de obtención de información para el diseño y construcción de un medidor de consumo eléctrico a través del uso de tecnologías IoT, tomando en consideración el análisis de los diferentes dispositivos electrónicos, la metodología que se va a utilizar para la selección de los elementos y el cumplimiento de los requerimientos ideales con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados.

1.1. Metodología

Para la realización del medidor de consumo eléctrico se toma en consideración el método de diseño de la función de calidad (QDF), la metodología planteada permite comparar la calidad de productos para que los mismos se adapten a las necesidades del usuario. Se lleva a cabo por medio de ponderaciones dando como prioridad los aspectos más importantes, y así dar inicio con el proceso de diseño del medidor de consumo eléctrico (Yepez, 2016).

2.1.1 Determinación de características técnicas del medidor de consumo eléctrico

Los parámetros establecidos en el proyecto se definen en la Tabla 4, dando a conocer los aspectos más importantes de acuerdo con las especificaciones necesarias para satisfacer los objetivos planteados en el proyecto y para garantizar la calidad del medidor de consumo eléctrico.

Tabla 4 Parámetros técnicos del medidor de consumo eléctrico

N°	Características técnicas.
1	Diseño del circuito
2	Dimensionamiento correcto de elementos

3	Toma de valores comerciales
4	Cotización de elementos
5	Compra de elementos
6	Uso de software accesible con el usuario
7	Buena comunicación entre microcontroladores.
8	Excelente comunicación Web 2.0 entre la Raspberry Pi4.
8	Buen diseño del medidor de consumo eléctrico.
9	Materiales acorde a las necesidades.

Las características técnicas mencionadas hacen referencia a los parámetros que el prototipo diseñado debe cumplir para su buen desempeño.

2.1.2 Matriz de requerimientos y características técnicas del medidor de consumo eléctrico

Esta matriz analiza los aspectos técnicos juntamente con los requerimientos necesarios y por medio de esta matriz ordenar los aspectos de mayor a menor importancia para ello se evalúa en cuatro parámetros que son los siguientes:

- Relación fuerte: con un valor de 9
- Relación media: con un valor de 3
- Relación débil: con un valor de 1
- Sin relación: con un valor de 0

Características Técnicas	Prioridades	Diseño del circuito	Dimensionamiento correcto de elementos	Toma de valores comerciales	Cotización de elementos	Uso de software accesible con el usuario	Buena comunicación entre microcontroladores	Excelente comunicación Web 2.0 entre la Raspberry Pi4	Buen diseño del medidor de consumo eléctrico	Materiales acorde a las necesidades
Bajo costo	4	9	9	9	9	9	9	9	1	9
Elementos de fácil adquisición	4	3	3	0	1	1	3	3	9	3
Excelente comunicación	5	0	1	9	0	1	9	9	0	3
Fácil programación	4	0	3	0	3	3	3	3	0	3
Fácil operación	3	0	3	0	3	1	3	3	0	3
Fácil mantenimiento	3	3	3	0	0	0	0	0	3	0
Diseño resistente	5	9	3	0	3	0	0	0	9	0
Evaluación total		102	89	81	76	60	114	114	94	84
Grado de importancia		3	5	7	8	9	1	2	4	6

Una vez relacionado las características técnicas y requerimientos se obtuvo la valoración total, se organiza el orden cronológico y el grado de importancia ya que estas valoraciones son con el fin de cumplir con los requerimientos del prototipo.

N°	Características técnicas.	Porcentaje de prioridad %
1	Buena comunicación entre microcontroladores	14

2	Excelente comunicación Web 2.0 entre la Raspberry Pi4	14
3	Diseño del circuito	12,53
4	Buen diseño del medidor de consumo eléctrico	11,54
5	Dimensionamiento correcto de elementos	10,93
6	Materiales acorde a las necesidades	10,31
7	Toma de valores comerciales	9,95
8	Cotización de elementos	9,33
9	Uso de software accesible con el usuario	7,37

Una vez ordenado las prioridades con un porcentaje de mayor a menor se procede a obtención de información de acuerdo con las características establecidas en la tabla 5

2.1.3 Proceso de diseño del sistema de medición de consumo eléctrico

El sistema se encuentra subdivido en diferentes etapas las cuales conforman la estructura del prototipo, las principales etapas son las siguientes como se muestra en la Figura 29.

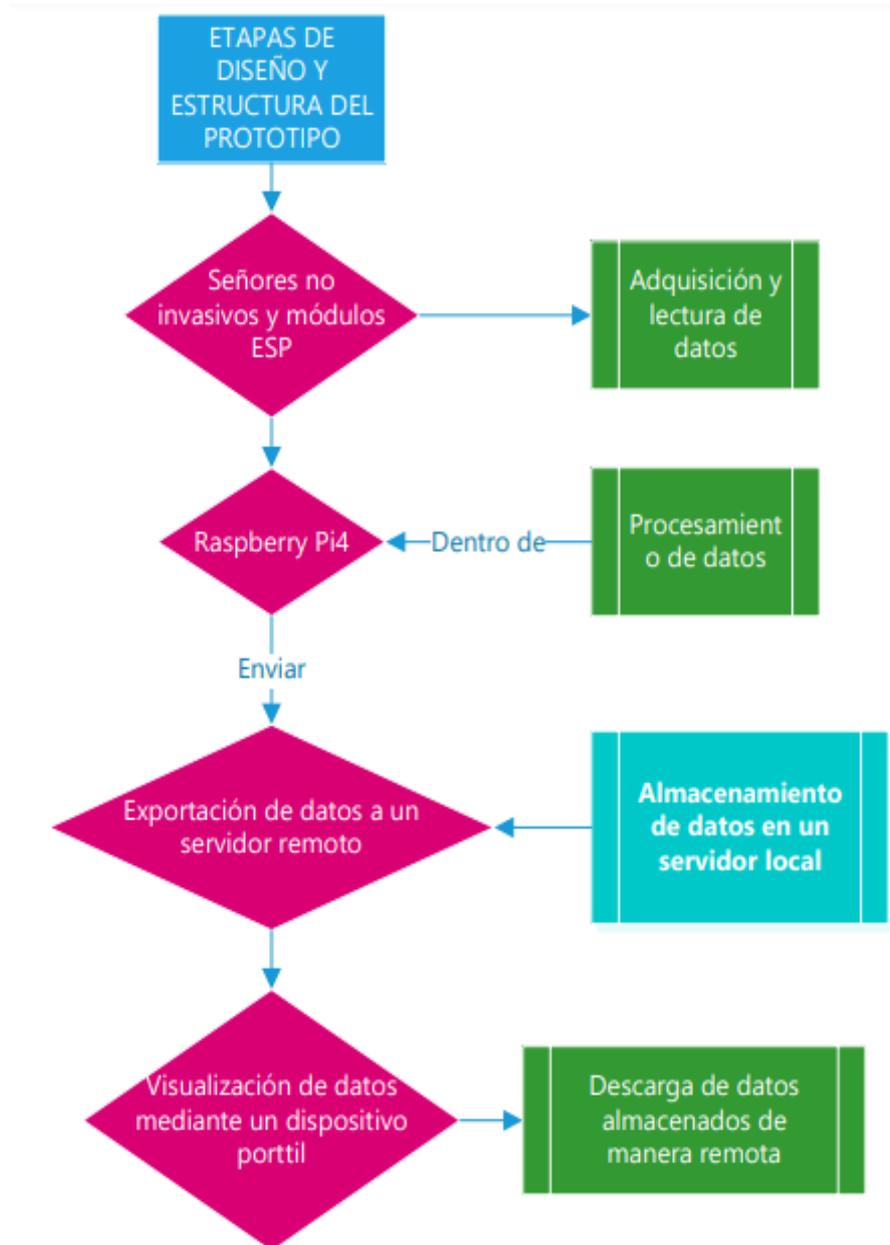


Figura 29. Diagrama de flujo de proceso de diseño del prototipo

2.1.4 Arquitectura del sistema IoT

La arquitectura se encuentra definida por todos los parámetros necesarios con los que se guía un proyecto mediante protocolos IoT, la arquitectura básica de un sistema IoT está conformada por tres niveles como se muestra en la Figura 30.

En el primer nivel se encuentran los sensores e instrumentos de captación de toda la información, además de dispositivos de recepción y procesamiento de datos. En el segundo nivel se encuentra el dominio de la red en donde se envía los datos obtenidos al servidor de internet y hacia un almacenamiento local. En el tercer nivel se encuentra el almacenamiento de datos en un servidor IoT y la interconexión mediante una aplicación de IoT “Internet de las cosas” en donde todos los datos están almacenados en la nube y se accede desde cualquier punto remoto que se encuentre el usuario.

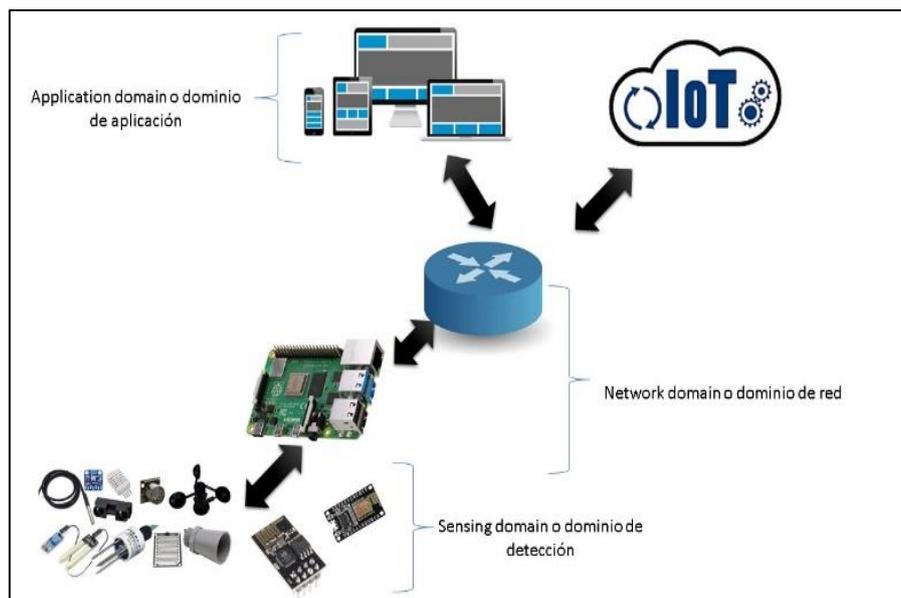


Figura 30. Arquitectura del Sistema IoT

2.1.5 Diagrama de bloques del sistema

En el diagrama en bloques del sistema como se muestra en la Figura 31 se representa el funcionamiento interno del proyecto en donde muestra la adquisición de datos por medio de sensores de corriente no invasivos, módulos ESP8285 y ESP8266. El procesamiento de datos se realiza en el microprocesador de la tarjeta Raspberry Pi, en la misma se almacena la información obtenida en un servidor local alojado en espacio de memoria del sistema operativo, al mismo tiempo se exportan los datos a un servidor externo o servidor IoT remoto y posteriormente visualizar en una página Web, como también descargar los datos que se requiera.

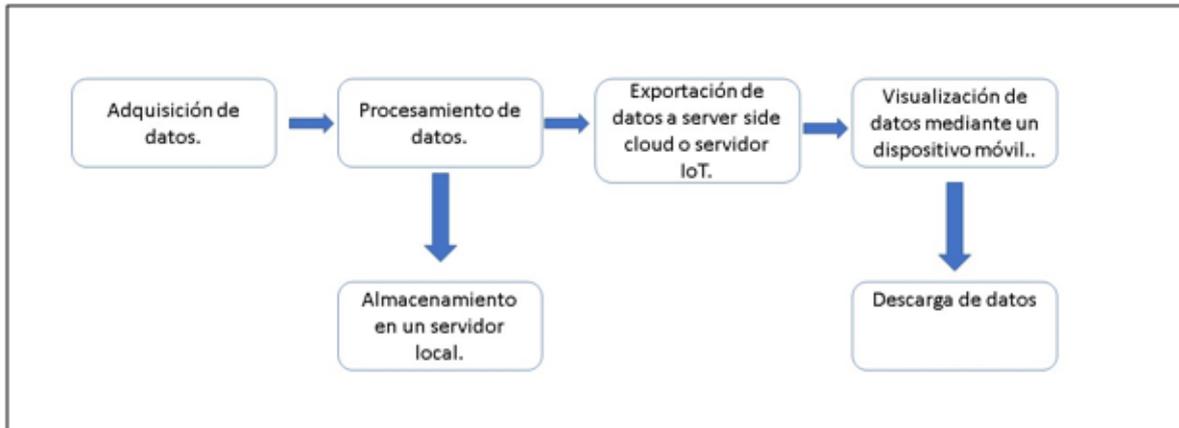


Figura 31. Diagrama de bloques del sistema.

2.1.6 Diagrama de Interconexión

Para este proyecto se va a utilizar la topología de estrella extendida ya que es similar a la topología en estrella, con la diferencia de que cada nodo está conectado con el nodo central, que a su vez es el centro de otra estrella, esta topología es sumamente jerárquica y busca que la información se mantenga local como se observa en la Figura 32.

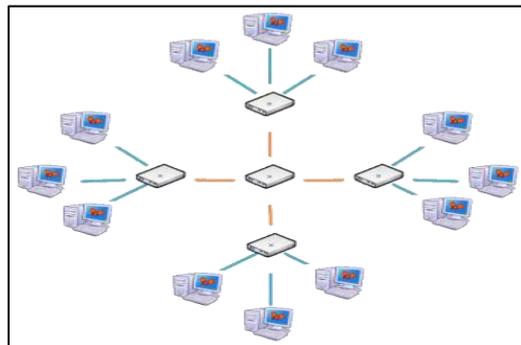


Figura 32. Topología estrella extendida
Fuente. Tomado de (Red en bus, 2017)

La interconexión de todos los dispositivos se encuentran representados en el diagrama de la Figura 33 en donde se muestra la interconexión de los sensores de corriente con los microcontroladores ESP8285 y ESP8266, los mismos que se interconectan con la Raspberry Pi, además se hace uso de IoT ya que la Raspberry se interconecta con el Router y posteriormente hacia un servidor externo para luego enlazarse con una página Web ya sea

por medio de una PC, dispositivo móvil o Smartphone para así acceder a todos los datos que haya adquirido, procesado y exportado la Raspberry Pi.

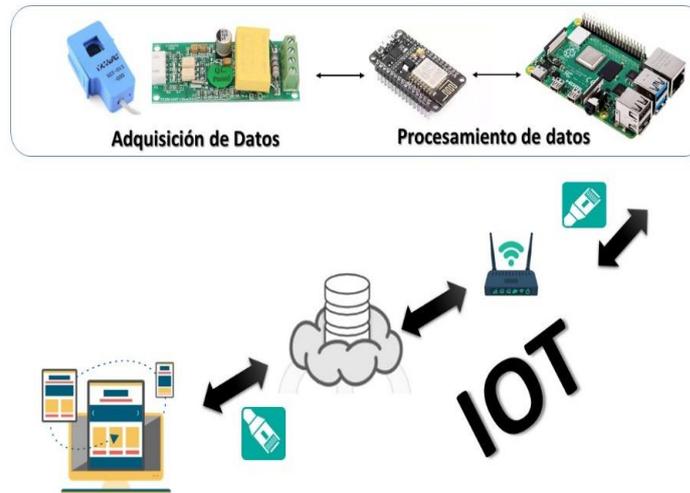


Figura 33. Diagrama de interconexión

2.1.7 Diseño del prototipo

El siguiente diseño muestra cómo se pretende ensamblar y construir el prototipo, para lo cual se utiliza la herramienta SolidWorks que es un software de diseño CAD 3D para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo de un prototipo. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño como se muestra en la Figura 34.

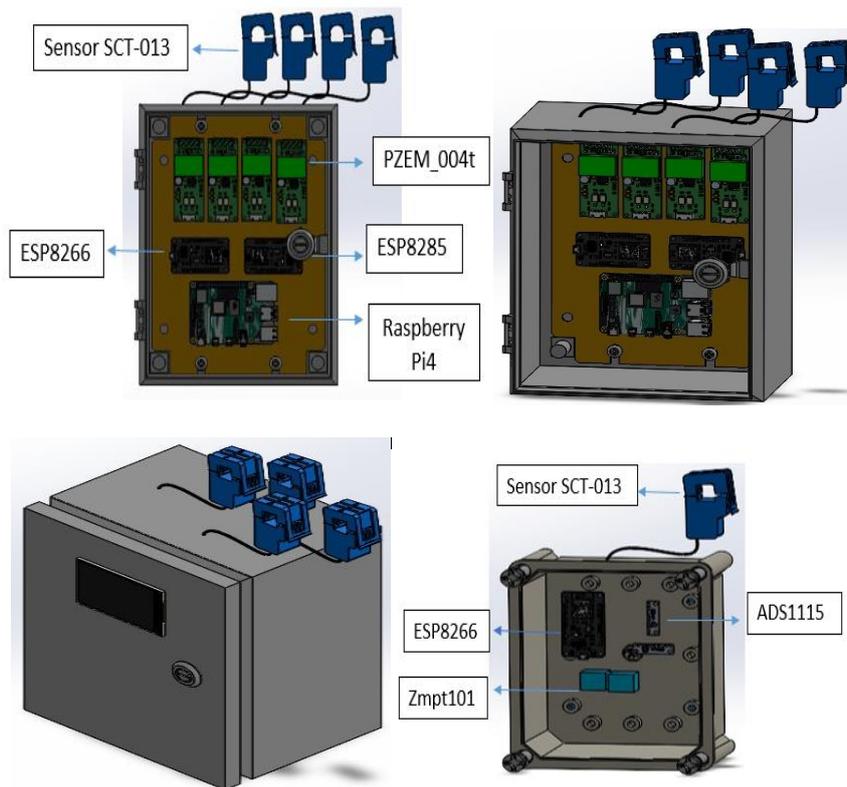


Figura 34. Diseño del prototipo fijo y móvil

2.1.8 Diseño del circuito del medidor de consumo eléctrico

El circuito está constituido por la etapa de adquisición de datos. En dónde se encuentra la obtención de datos que proporcionan los sensores ubicados en los diferentes circuitos bifásicos y circuitos monofásicos. En dónde se observa la utilización de sensores de corriente no invasivos. Con el objetivo de obtener datos precisos y confiables de los sensores que son receptados por los módulos ESP8285 Y ESP8266 del prototipo principal y dispositivo móvil, en la Figura 35 y 36 se muestra el diseño de cada circuito realizado en KiCAD.

2.2. Selección de los componentes electrónicos

Se realiza una comparación de ciertos elementos para la selección de componentes que se encuentren acorde con los requerimientos, para la implementación de un medidor de consumo eléctrico, por lo que se tiene en cuenta los parámetros más importantes como son: bajo costo, fácil adquisición del material, buena comunicación, diseño, software libre entre otros.

En la Tabla 5 se muestran los circuitos establecidos para realizar las pruebas del prototipo en donde se presenta dos circuitos monofásicos y dos circuitos bifásicos, considerando el valor aproximado de consumo en vatios para cada circuito. Además, se asignan los valores comerciales para los sensores de corriente.

TABLA 5 LISTA DE CIRCUITOS A MEDIR EL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO.

LISTADO DE CIRCUITOS						
Circuito	Voltaje (V)	Nombre del circuito	N° de elementos	Watts Promedio (w)	I = P / V	
					Amp. Aprox (A)	Selección se la corriente del sensor
Monofásico	110	Tomacorrientes	7	2378	21,61	30
Monofásico	110	Iluminación led	10	250	2,27	15
Bifásico	220	Cocina de inducción	1	6500	29,54	50
Bifásico	220	Motobomba	1	750	3,39	15

Fuente. Tomado de (Capelco, 2021).

Acorde a la Tabla 5 se tiene en cuenta los circuitos que se van a distribuir juntamente con la corriente y potencia generada para poder seleccionar el sensor de corriente acorde a los datos establecido.

A continuación, se detalla los componentes que se conectan al circuito monofásico en la Tabla 6.

TABLA 6 APARATOS ELÉCTRICOS CONECTADOS A LOS CIRCUITOS.

Aparatos	Potencia promedio (W)
Televisión	60
computador	200
minicomponente	350
Celular	18
Refrigeradora	400
Plancha	1000
licuadora	350
Luminaria Led	25
TOTAL	2378

Fuente. Tomado de (Copelco, 2021)

Los sensores PZEM se distribuyen acorde a la corriente que se necesita para lo cual se encuentra valores comerciales de corriente como se indica en la Tabla 7.

TABLA 7 VALORES COMERCIALES DE SENSORES

Valores comerciales de sensores	AMPERIOS				
	15	20	30	50	100

Fuente. (Copelco, 2021)

2.2.1. Sensor de corriente

A continuación, se realiza un análisis entre algunos dispositivos electrónicos teniendo en cuenta varios aspectos como capacidad de medición, resistencia interna y relación de voltaje de salida entre otros para ello se detalla en la siguiente tabla algunas características de estos dispositivos electrónicos.

TABLA 8 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE SENSORES

Tecnologías	Clase	Salida nominal (V)	Entrada nominal (A)	Peso (g)	Precio \$ 2021	Porcentaje de error %
Sensor de corriente	SCT-013	0 a 1	0 a 50	63	12	1.59
	ACS712	2 a 0.5	0 a 20,30	15	4	1.5
	Ina219	3 a 5	0 a 3,2 (DC)	15	7	1.6

Tecnología	Clase	Voltaje (V)	Corriente (I)	Dimensiones (ln)	Precio \$	Porcentaje de error (%)
Módulo	PZEM-004T	80 a 260	100	2.87 x 1.18 x 0.91	25	1 a 3

Fuente. (Electronic components datasheets, 2021)

Con la información detallada en la Tabla 8 se hace una selección de sensores, tomando en consideración la entrada y salida nominal debido a que son los parámetros primordiales en la etapa de adquisición de datos. Se llega a la conclusión de que el modelo de sensor a utilizar es el SCT-013 en sus diferentes valores de entrada nominal, usando como referencia la Tabla 7 se establece la corriente de 100 A. De igual manera se hace la selección del módulo PZEM-004T_ 100 A el mismo que es un medidor multifuncional acoplado a sistemas monofásicos y bifásicos, por lo cual realizara las mediciones de voltaje, corriente, potencia. factor de potencia, frecuencia, consumo eléctrico.

2.2.2. Microprocesadores

A continuación, se realiza un análisis de algunos dispositivos electrónicos programables teniendo en cuenta aspectos como son velocidad de procesamiento, precio, rendimiento, facilidad de programación para lo cual se detalla en la siguiente Tabla 9, algunas características más importantes de estos dispositivos.

Tabla 9 Características de los diferentes microprocesadores.

Tecnologías	Clase	Voltaje (V)	Corriente (mA)	RAM (GB)	Clock Speed (GHz)	Precio (\$)
Raspberry	Pi1B+	5	700	0.512	0.7	43
	Pi 2 B	5	820	1	0.9	60
	Pi 3 B	5	1400	1	1.2	80
	Pi4B+	5	3000	4	1.5	140
Jetson	Nano	4.24 a 5.75	2000 a 4000	4	1.6	239

Fuente. Tomado de (*Pc componentes, 2021*),

Con las características técnicas de la Tabla 9 se observa que los microprocesadores Raspberry tiene mayor capacidad de RAM de 4 Gb y su voltaje de funcionamiento es de 5 V a comparación Jetson, por lo que se optó a utilizar la Raspberry Pi4 que cumple con los requerimientos necesarios como son bajo costo, por su desarrollo en software libre.

2.3. Diseño electrónico del medidor de consumo eléctrico

Una vez seleccionado los materiales que integra el medidor de consumo eléctrico, se realiza un diagrama con las conexiones de los dispositivos electrónicos del diseño del circuito con su respectiva comunicación para la obtención de datos como se muestra en la Figura 37.

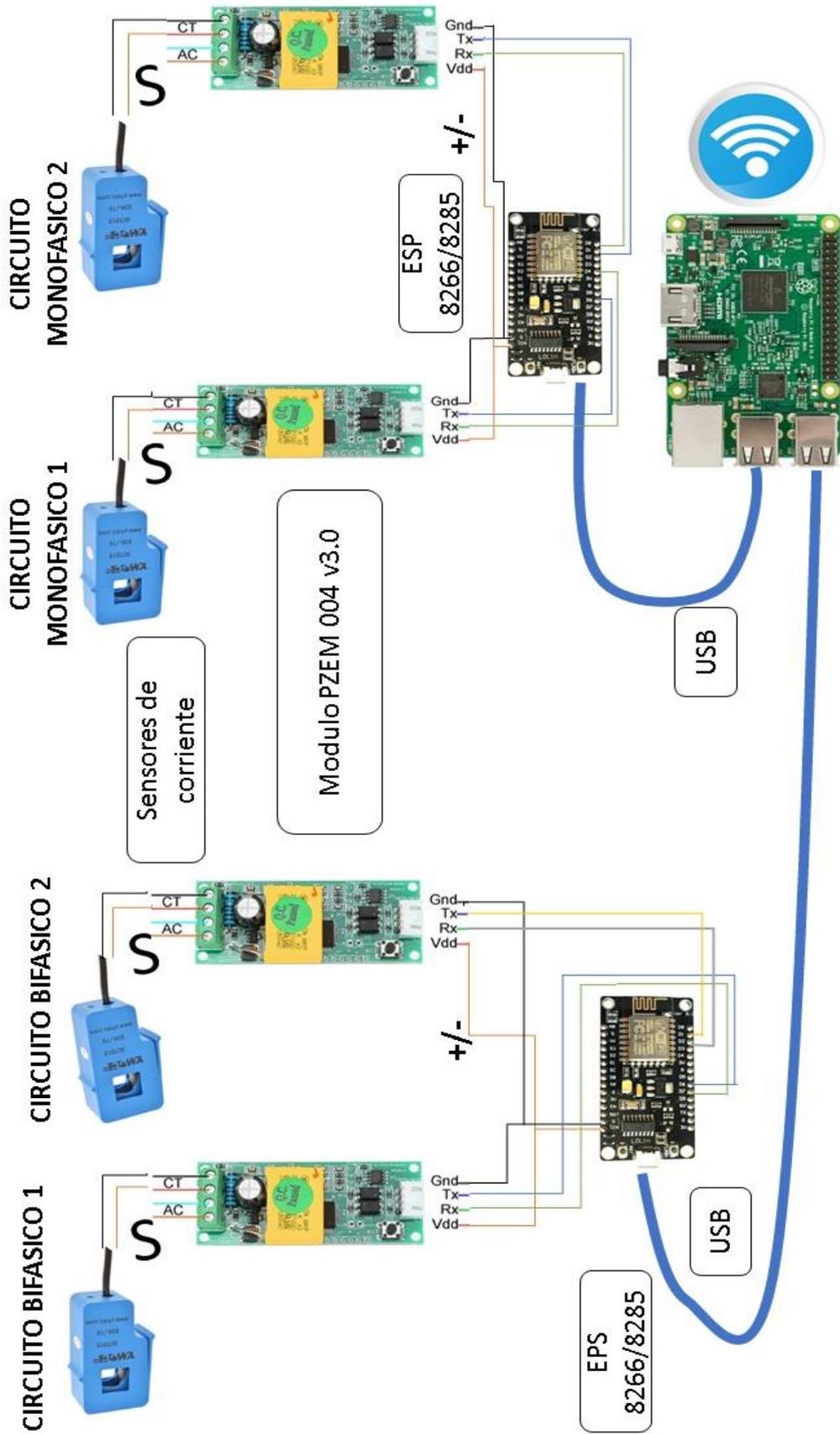


Figura 37. Diseño electrónico del medidor de consumo eléctrico.

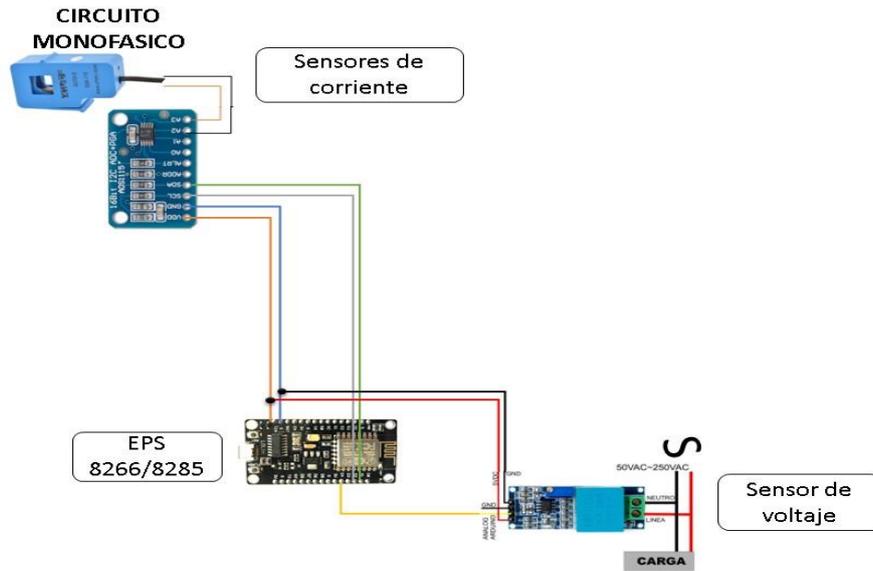


Figura 38. Diseño electrico del medidor de consumo eléctrico.

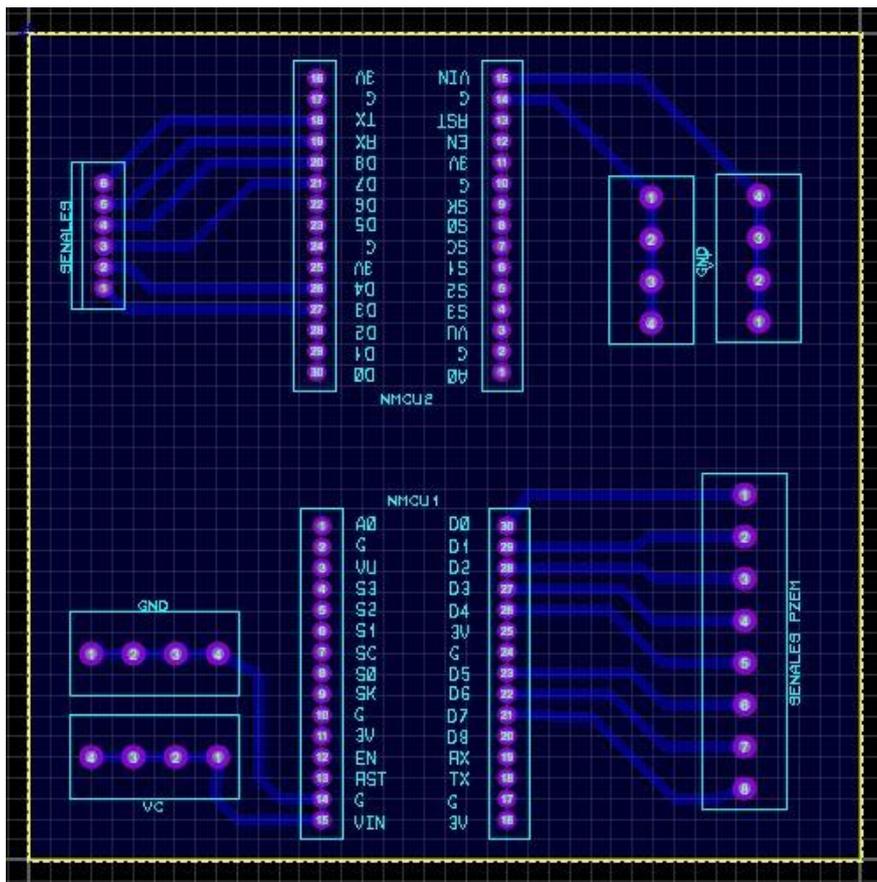


Figura 39. Diseño de la placa del medidor de consumo eléctrico

Este módulo PZEM-004T se interconecta con los ESP8285 - 8266 por conexión I2C el cual es un puerto y protocolo de comunicación serial que permiten conexiones físicas entre dos dispositivos para utilizar este puerto de conexión es necesario conectar dos cables de comunicación entre los dispositivos digitales los cuales son SDA y SCL. Este tipo de comunicación es uno de los más utilizados para intercomunicar sensores digitales ya que permite tener una confirmación de datos recibidos, además se puede transmitir una mayor cantidad de Bits a comparación del protocolo serial TTL.

Para la comunicación entre los ESP 8285 - 8266 y la Raspberry se utiliza una conexión de tipo serial la misma que es estándar entre cualquier computadora, las características más importantes de esta comunicación es la alta velocidad de transmisión, mayor número de Bits de datos.

2.4. Cotización de los elementos

La siguiente Tabla 10 se muestra la cotización de los materiales del medidor de consumo eléctrico tomando en cuenta los valores comerciales y la accesibilidad de cada uno de ellos.

TABLA 10 COTIZACIÓN DE MATERIALES DEL MEDIDOR DE CONSUMO ELÉCTRICO.

LISTA DE MATERIALES			
N°	Detalle	Costo Unit.	Costo
KIT RASPBERRY PI 4			
1	kit Raspberry pi4	\$ 140.00	\$ 140.00
	Incluye		\$ -
1	Raspberry Pi 4 Modelo B-4GB RAM		\$ -
1	Cargador 5V-3A		\$ -
1	Case Acrílico		\$ -
1	Ventilador		\$ -
1	Cable USB tipo C		\$ -
1	Adaptador HDM a micro HDMI		\$ -
1	Tarjeta micro SD - 32Gb		\$ -
2	ESP8285	\$ 20.00	\$ 40.00
2	Cables de alimentación ESP8285	\$ 5.00	\$ 10.00
2	ESP8266	\$ 10.00	\$ 20.00
2	Cables de alimentación ESP8266	\$ 5.00	\$ 10.00

1	Sensores de corriente SCT-013-050	\$ 12.00	\$ 12.00
2	KIT Cables Protobard	\$ 2.00	\$ 4.00
4	ZPEM 004 T	\$ 30.00	\$ 120.00
1	Pantalla Intouch HMI	\$ 40.00	\$ 40.00
1	Gabinete eléctrico	\$ 30.00	\$ 30.00
	Gastos Varios	\$ 100.00	\$ 100.00
		Subtotal.	\$ 538.00
		Iva. 0.12%	\$ -
		Total.	\$ 526.00

2.5. Software utilizado

Para la lectura y obtención de datos se utiliza el programa software libre Arduino. Para el procesamiento de datos, almacenamiento y exportación del mismo se utiliza el software libre Python y finalmente, para la visualización y descarga de datos se utiliza un lenguaje de programación de páginas web como HTML.

2.5.1. Arduino

Para la programación se realiza el código para la lectura de los sensores y la comunicación con los módulos ESP8286 y ESP8285 juntamente con la placa de desarrollo Raspberry Pi 4.

Arduino es una plataforma electrónica el cual es basado en software y hardware. El código es accesible por cualquier persona que pueda utilizarlo. Esta plataforma tiene Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es un sistema de programación con el que se puede crear aplicaciones, de manera que se les puede dar todo tipo de utilidades (Xataka, 2019).

2.5.2. Python

Para la programación de la Raspberry Pi se realiza el código para la captación y almacenamiento de datos que toma el medidor de consumo eléctrico. Tiene estructuras de datos eficientes de alto nivel y varios aspectos efectivos para la programación orientada a objetos. La elegante sintaxis y la escritura dinámica de Python, junto con su naturaleza

interpretada, lo convierten en un lenguaje ideal para la creación de scripts y el rápido desarrollo de aplicaciones en muchas áreas en la mayoría de las plataformas. (Python, 2021).

2.5.3. MySQL

MySQL se define como Structure Query Language (Lenguaje de consulta de estructura), es el servidor de base de datos de código abierto. Una de las principales características de MySQL es que el servidor trabaja con base de datos que se convierte en una herramienta veloz en la accesibilidad de datos, como también en las distintas tablas que forman este lenguaje. Su interfaz gráfica admite a los usuarios interactuar con dispositivos o programas electrónicos (Zambrano & Echeverría, 2014).

2.5.4. FIREBASE REALTIME

Firebase Realtime Database (Base de Datos en Tiempo Real) es una base de datos NoSQL alojada en la nube que te permite almacenar y sincronizar datos entre los usuarios en tiempo real. Colabora entre dispositivos con facilidad en la sincronización en tiempo real el mismo permite que los usuarios accedan a sus datos desde cualquier dispositivo web o móvil con facilidad y los ayuda a trabajar en conjunto.

2.5.5. HTML

HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto) es el componente más básico de la Web presenta el significado y la estructura del contenido web, es el código que se utiliza para estructurar y desplegar una página web y sus contenidos. Además, que utiliza otras tecnologías para describir la apariencia, presentación de una página web (MDNcontributors, 2021). El HTML consiste en una serie de elementos que se usa para encerrar diferentes partes del contenido para que se vean o comporten de una determinada manera. Las etiquetas de encierre pueden hacer de una palabra o una imagen un hipervínculo a otro sitio.

CAPITULO III

Implementar un prototipo de medición de consumo eléctrico con protocolos IoT usando el ESP8266 y ESP8285

En este capítulo se explica la implementación de un Sistema de medición de consumo eléctrico con tecnologías IoT, en el cual se explica el proceso de montaje, comunicación, y obtención de datos para analizar su correcto funcionamiento y así cumplir con los requerimientos.

3.1. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de este capítulo es el método en espiral lo que permite estar interactuando con los anteriores subtemas para ir encontrando una mejora del prototipo, esto solo cuando se presentan riesgos que impidan el correcto funcionamiento del medidor de consumo eléctrico.

3.2. Montaje de un servidor

Para el montaje de una página web es necesario tener un sitio de alojamiento para la misma, por tal motivo se realiza el montaje de un servidor que permite la interconexión entre los dispositivos: Raspberry Pi4 e internet.

Dentro de la Raspberry se procede a montar el servidor local, utilizando la herramienta conocida como apache2 el cual nos permite crear un servidor web HTTP de código abierto con protocolos HTTP/1.1 ya que es una multiplataforma de uso gratuito, para demostrar que el servidor se encuentra montado y corriendo se adjunta las siguientes capturas del estado del servicio como se muestra Figura 40.

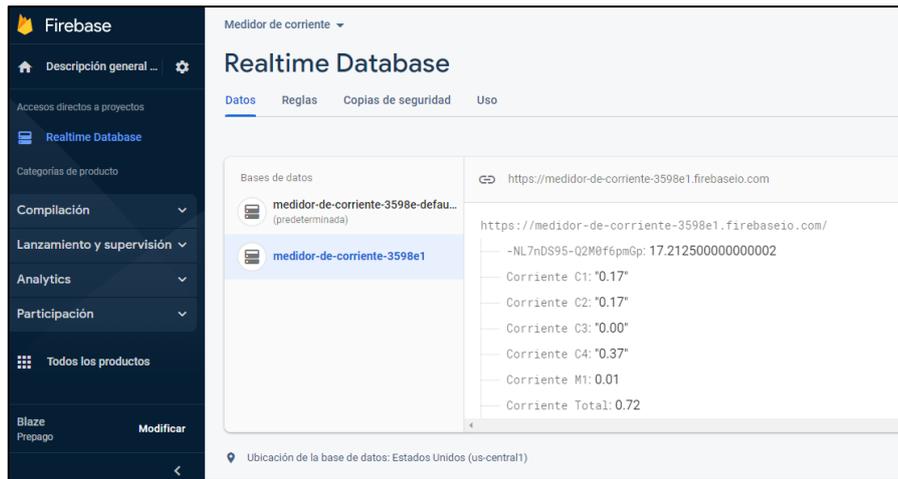


Figura 40. Montaje del servidor en línea

3.3. Adquisición de datos mediante los ESP8266, ESP8285

Para la adquisición de datos mediante los ESP8266 - 8285 se utiliza un módulo PZEM 004t- V3.0 el mismo que es un dispositivo electrónico de alta calidad, este dispositivo es sólido y duradero con excelente rendimiento. Proporciona una interfaz de comunicación de alta precisión, respuesta rápida y comunicación estable como se muestra en la Figura 41.

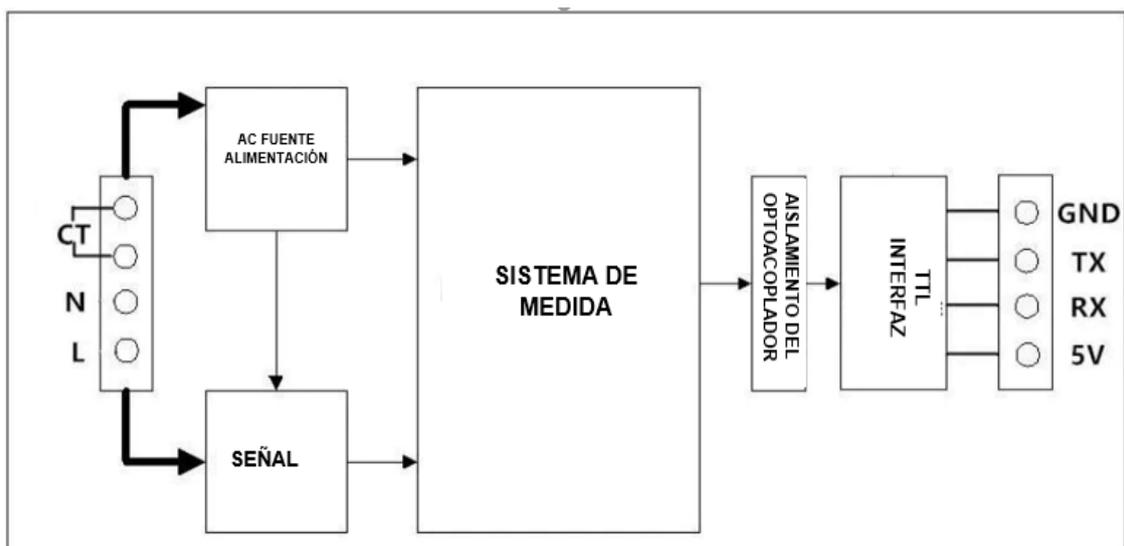


Figura 41. Diagrama de bloques funcional

3.4. Programación del ESP8266, ESP8285 para la adquisición de datos

Para la realización de la adquisición de datos se realiza la declaración de variables, librerías, configuración del puerto serie, inicio de comunicación y la configuración de tasa de transmisión para proceder a tomar lecturas de voltaje, corriente, potencia, energía, frecuencia, y factor de potencia. Todo esto con una pausa de 2.5 segundos, para ello se presenta a continuación un flujograma de la lectura de sensores PZEM 004T- V3.0 que se obtiene desde el ESP8266, ESP8285.

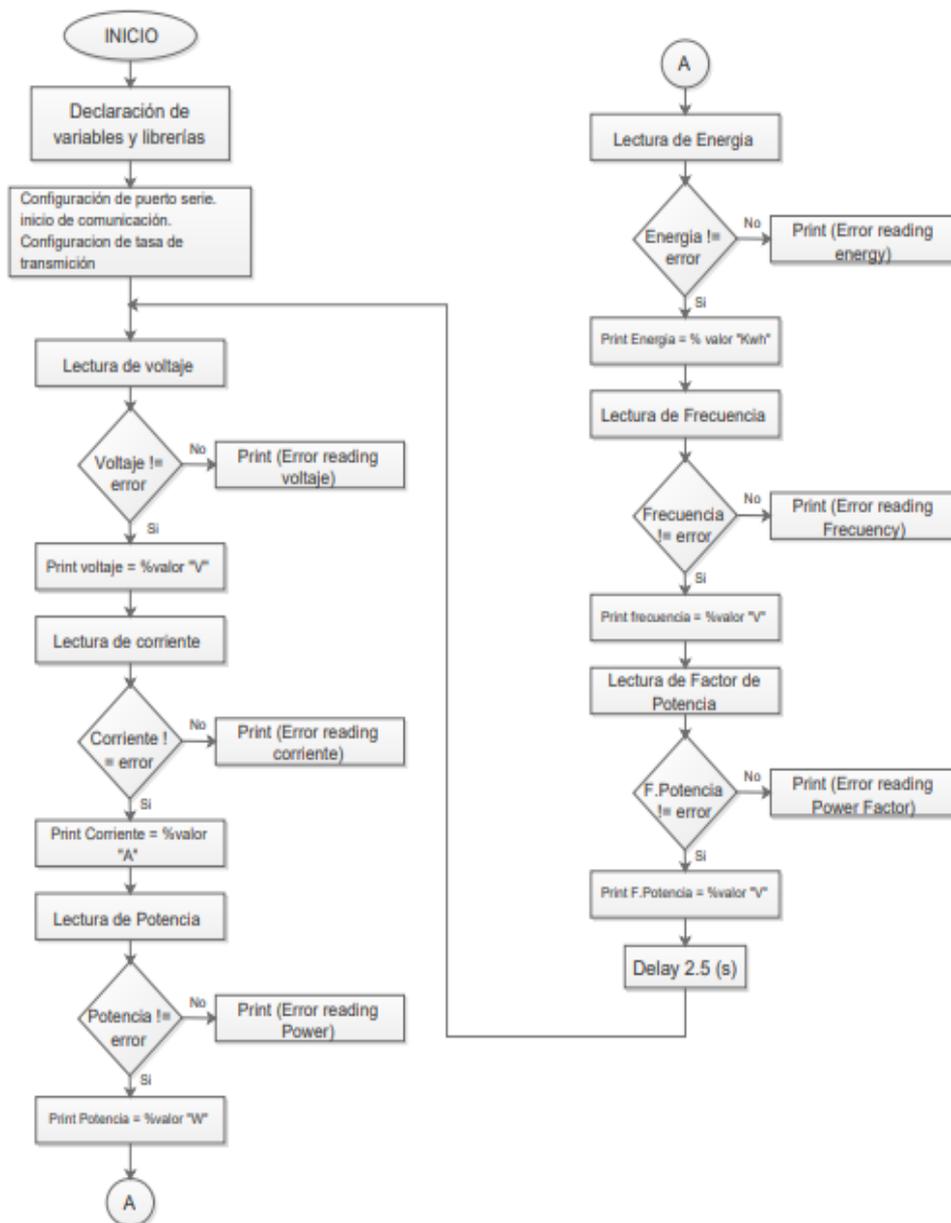
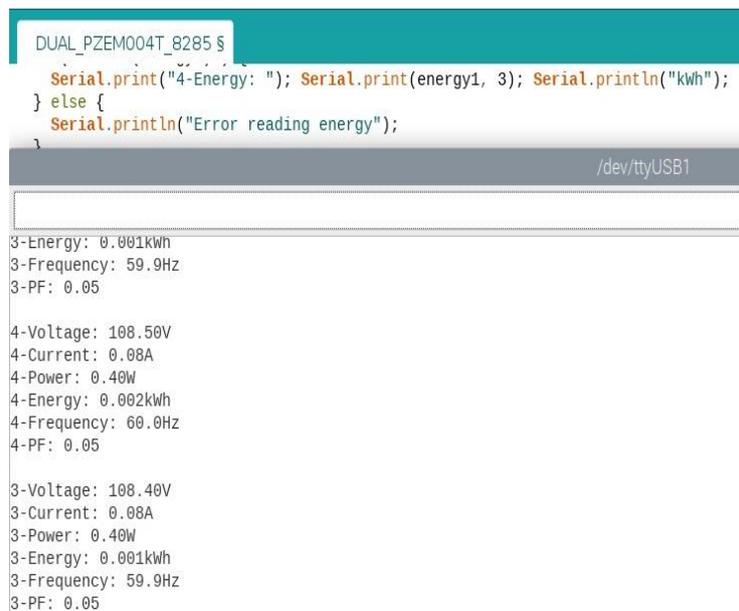


Figura 42. Diagrama de flujo lectura de sensores PZEM-004t-V3.0 desde el ESP

A continuación, se muestra en la Figura 42 la lectura de cuatro sensores conectados al módulo PZEM 004T- V3.0 el cual envía todos los datos obtenidos al ESP8266, ESP8285 por una comunicación serial (RX, TX), se muestra todos los datos mediante el monitor serie en el lapso de 2.5 segundos para un conjunto de variables (Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia).



```
DUAL_PZEM004T_8285 $
Serial.print("4-Energy: "); Serial.print(energy1, 3); Serial.println("kWh");
} else {
Serial.println("Error reading energy");
}
}
/dev/ttyUSB1

3-Energy: 0.001kWh
3-Frequency: 59.9Hz
3-PF: 0.05

4-Voltage: 108.50V
4-Current: 0.00A
4-Power: 0.40W
4-Energy: 0.002kWh
4-Frequency: 60.0Hz
4-PF: 0.05

3-Voltage: 108.40V
3-Current: 0.00A
3-Power: 0.40W
3-Energy: 0.001kWh
3-Frequency: 59.9Hz
3-PF: 0.05
```

Figura 43. Adquisición de datos mediante los ESP 8266 y ESP 8285

En la Figura 43 se muestra una captura de pantalla de los datos obtenidos por el módulo PZEM 004T- V3.0 mediante la interfaz y el puerto serie de Arduino donde se observa los datos medidos de Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia.

3.5. Flujograma de lectura de variables del ESP8266 y 8285 desde Python en Raspberry Pi4

Para la lectura de datos se utiliza la herramienta de Arduino además de diferentes librerías las cuales nos permite obtener de una manera sincronizada los datos de cada uno de los circuitos, en la Figura 44 se detalla el flujograma del proceso.

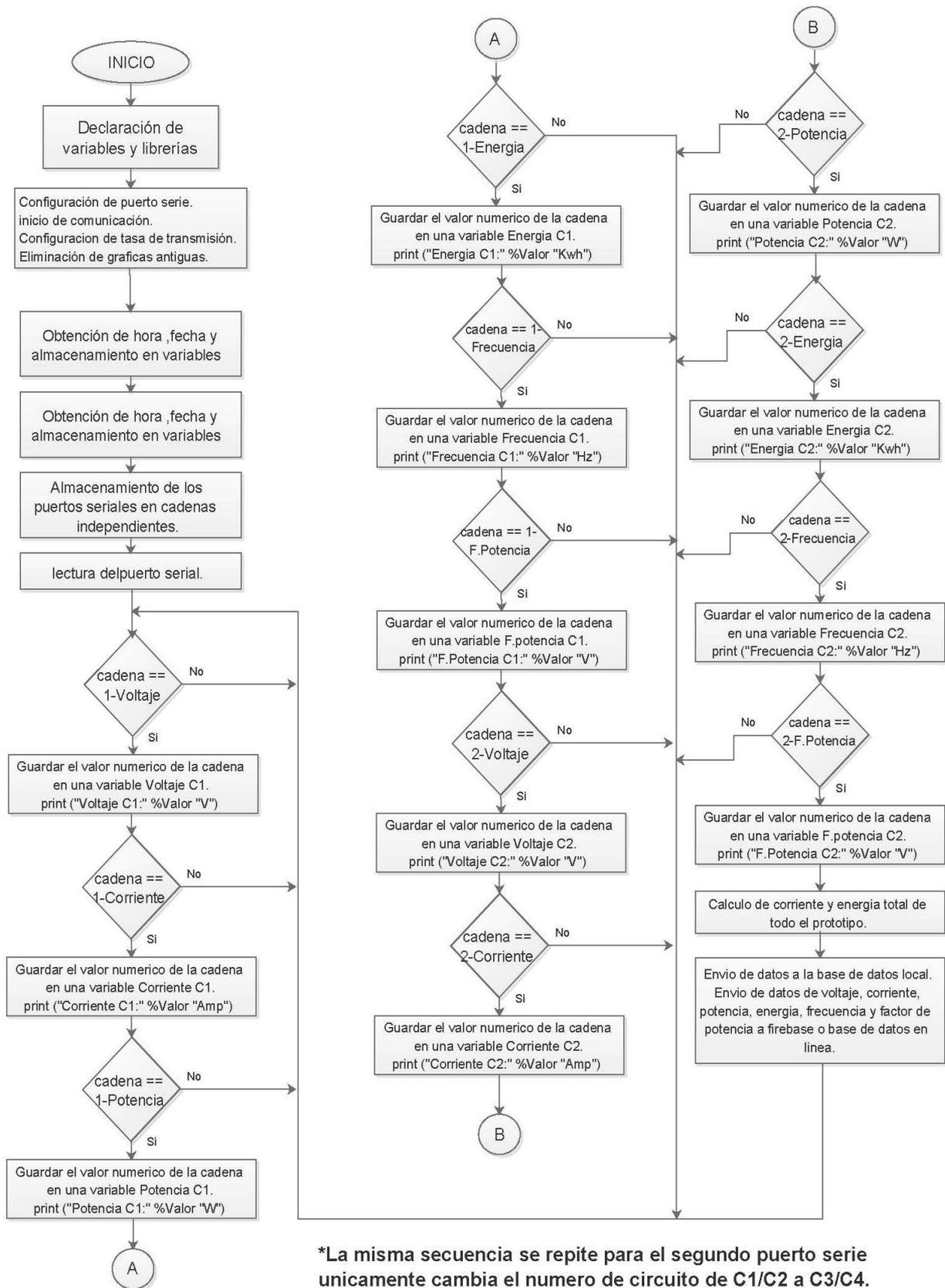
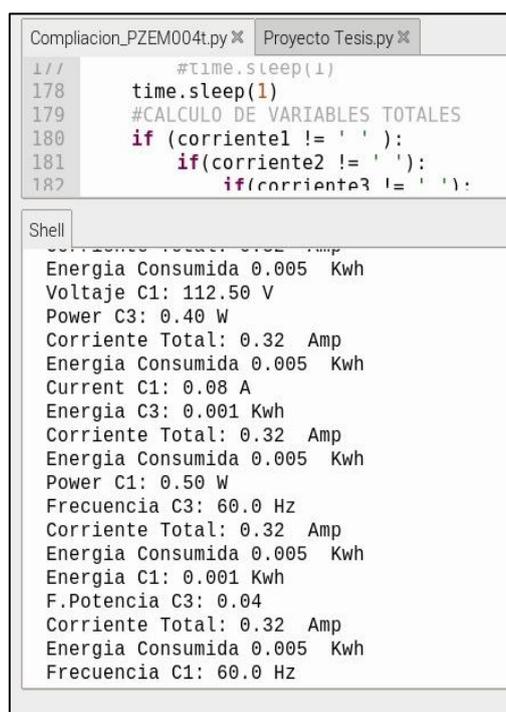


Figura 44. Lectura de variables del ESP 8266 y 8285 desde Python en Raspberry Pi4

3.6. Comunicación ESP8266, ESP8285 con Raspberry Pi4

La comunicación entre estos dos dispositivos se realiza mediante el puerto serie utilizando el cable USB entre los mismos, para la obtención de datos por medio de la Raspberry se utiliza el software Python 3, mediante el cual se realiza la obtención de los datos enviados por el ESP8266, ESP8285, a su vez se realiza el almacenamiento de datos en un documento “txt”, en la Figura 44 se observa la transmisión de datos.



```
Compliacion_PZEM004t.py x Proyecto Tesis.py x
177         #time.sleep(1)
178         time.sleep(1)
179         #CALCULO DE VARIABLES TOTALES
180         if (corriente1 != ' '):
181             if (corriente2 != ' '):
182                 if (corriente3 != ' '):
Shell
Energia Consumida 0.005 Kwh
Voltaje C1: 112.50 V
Power C3: 0.40 W
Corriente Total: 0.32 Amp
Energia Consumida 0.005 Kwh
Current C1: 0.08 A
Energia C3: 0.001 Kwh
Corriente Total: 0.32 Amp
Energia Consumida 0.005 Kwh
Power C1: 0.50 W
Frecuencia C3: 60.0 Hz
Corriente Total: 0.32 Amp
Energia Consumida 0.005 Kwh
Energia C1: 0.001 Kwh
F.Potencia C3: 0.04
Corriente Total: 0.32 Amp
Energia Consumida 0.005 Kwh
Frecuencia C1: 60.0 Hz
```

Figura 45. Comunicación de los ESP con la Raspberry Pi4

En la Figura 45 para la comunicación entre Arduino y Python es necesario que el puerto serial este activado tanto de la Raspberry Pi como del ESP8266, ESP8285. En Python se importa una librería serial y se establece el puerto de comunicación además de una velocidad establecida para tener coordinación entre el Software Arduino y Python.

3.7. Comunicación Raspberry Pi4 – My SQL Local

En este punto se comunican estos elementos para poder enviar y almacenar todos los valores de Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia tomados por los sensores hacia una base de datos local, generada en una herramienta

llamada MySQL, la cual se encarga de almacenar dichos valores de una manera ordenada y concisa teniendo en cuenta fecha y hora de almacenamiento.

cont	Fecha	Hora	VoltajeC1	CorrienteC1	PotenciaC1	EnergiaC1	FrecuenciaC1	FpotenciaC1	VoltajeC2	CorrienteC2	PotenciaC2	EnergiaC2	Frec
13371	2004-01-23	18:26:00	113.7	0.13	6.4	0.003	59.9	0.41	113.3	0.14	6.8	0.003	
13372	2004-01-23	18:26:18	113.2	0.12	5.5	0.003	60	0.39	113.2	0.12	5.3	0.003	
13373	2004-01-23	18:26:37	112.7	0.12	5.5	0.003	60	0.4	112.7	0.12	5.6	0.003	
13374	2004-01-23	18:26:54	112.8	0.12	5.5	0.003	59.9	0.4	112.7	0.12	5.4	0.003	
13375	2004-01-23	18:27:12	112.8	0.13	6	0.003	60	0.41	112.7	0.14	6.6	0.003	
13376	2004-01-23	18:27:31	112.7	0.13	5.6	0.003	60	0.41	112.5	0.13	5.6	0.003	
13377	2004-01-23	18:27:49	112.1	0.13	5.9	0.003	60	0.41	112.1	0.13	5.6	0.003	
13378	2004-01-23	18:28:07	112.7	0.13	5.6	0.003	59.9	0.41	112.6	0.13	5.9	0.003	
13379	2004-01-23	18:28:27	112.7	0.13	5.7	0.003	60	0.4	112.9	0.13	5.9	0.003	
13380	2004-01-23	18:28:45	112.7	0.13	6.1	0.003	60	0.4	112.9	0.13	5.6	0.003	
13381	2004-01-23	18:29:05	112.2	0.13	5.8	0.003	60	0.4	112.2	0.13	5.9	0.003	
13382	2004-01-23	18:29:24	111.9	0.13	6.1	0.003	60	0.4	112	0.14	5.7	0.003	
13383	2004-01-23	18:29:45	112	0.13	5.7	0.003	60	0.43	112.1	0.14	6.5	0.003	

Figura 46. Comunicación Raspberry – MySQL local.

En la Figura 46 se muestra una captura de pantalla de los datos almacenados en el servidor, visualizando los datos obtenidos por cada sensor el cual son los valores de Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia.

3.8. Comunicación Raspberry Pi4 con Firebase Realtime Data base

Para el monitoreo remoto del medidor de corriente es necesario la conexión entre la Raspberry Pi con una base de datos en tiempo real montada en la nube, se utilizó Firebase debido a todas las prestaciones que ofrece, para poder enviar únicamente los datos necesarios para el monitoreo de Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia obtenidos por los sensores, es necesario recalcar que Firebase solo se utilizó de puente en tiempo real para el monitoreo de los datos ya que no se almacenan dichos datos en esta plataforma.

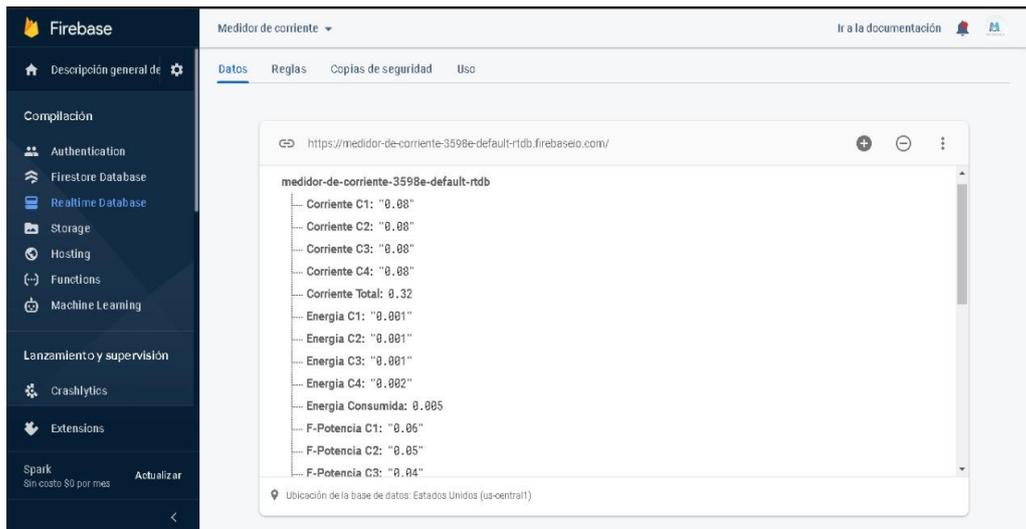


Figura 47. Comunicación Raspberry Pi4 con Firebase Realtime Data base.

Como se observa en la Figura 47 se tiene la comunicación de la Raspberry Pi con Firebase donde se observa la obtención de datos como corriente, energía, potencia, factor de potencia y voltaje.

3.9. Comunicación de Firebase con página web

Esta comunicación se realiza entre los datos obtenidos y exportados por Firebase hacia la página web montada en el servidor creado, esta intercomunicación se realizó utilizando el protocolo HTTPS. De esta manera los datos obtenidos por el sensor de corriente SCT013 instalado en campo, se encuentran siendo monitoreados desde cualquier dispositivo móvil que tenga acceso a internet. A su vez se obtiene una réplica de los datos como seguridad y respaldo en la memoria interna o servidor local de la Raspberry, toda esta información puede ser observada y monitoreada de forma remota, pero también el dispositivo cuenta con dos opciones para el monitoreo de manera local.

- a) Conectar de manera externa un monitor mediante el puerto mini HDMI de la Raspberry Pi.
- b) Utilizar la pantalla touch instalada en el prototipo la cual puede ser de gran ayuda si no se cuenta con otro dispositivo electrónico a la mano.



Figura 48. Comunicación Raspberry Pi4 con la página Web

En la Figura 48 la programación de la página Web que se comunica con la Raspberry Pi que se encuentra diseñada en lenguaje de programación HTML y PYTHON 3, de esta manera se obtiene las variables necesarias y establecidas para los sensores como son Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia, a continuación, se muestra un flujograma en la Figura 48 de la adquisición de datos en la página web.

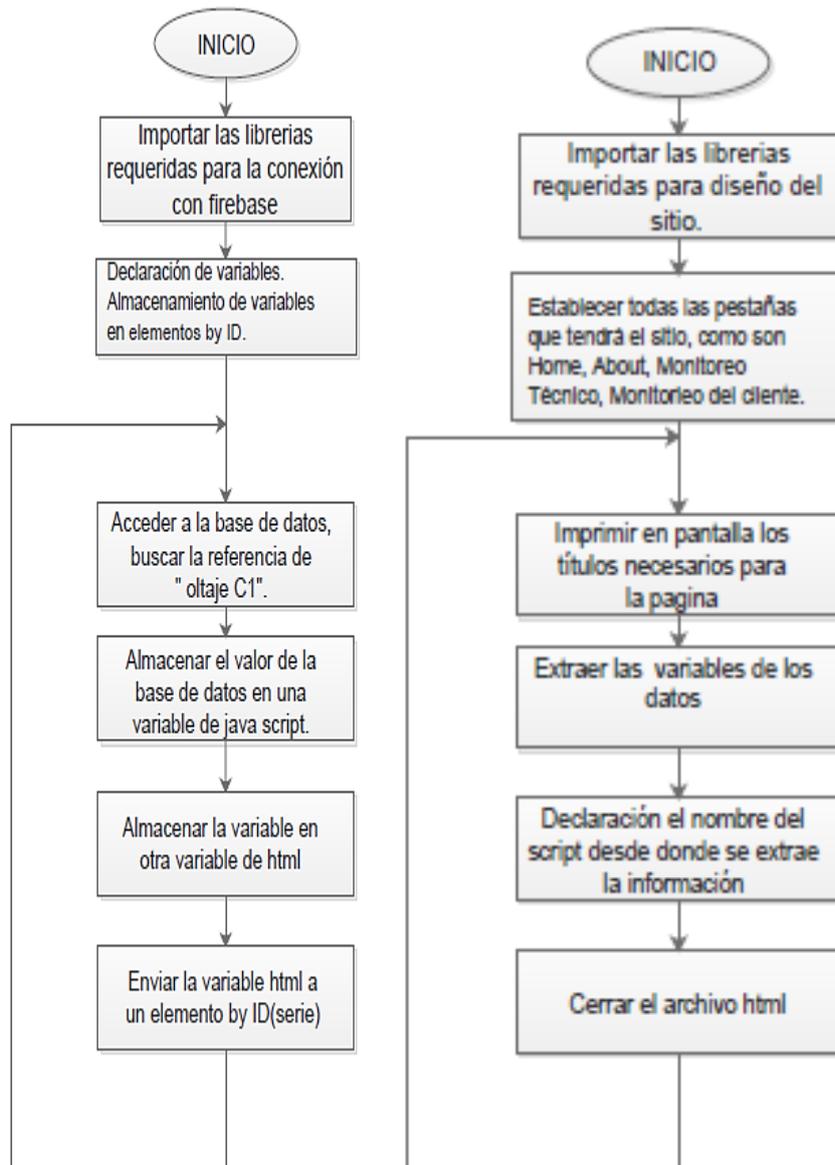


Figura 49 Adquisición de datos en la página Web

Para la proyección de datos en una página web se realizó la secuencia mostrada en el flujograma, teniendo en cuenta que se utilizó diferentes herramientas las cuales se interconectan entre sí, para mostrar de una manera gráfica y ordenada los datos obtenidos por el dispositivo. Cabe recalcar que en la Figura 49 se repite la misma secuencia para todos valores de los diferentes Scripts.

3.10. Creación de una página Web HTML

Para la creación de una página Web se utiliza un editor de código fuente independiente que se ejecuta en Windows el cual es "Visual Studio Code", el mismo que permite desarrollar diferentes aplicaciones como desarrollo web, dispositivos y prototipos IoT, la elección principal en este caso es el desarrollo Web y JavaScript. Para la creación de esta página web se utilizó herramientas como son CSS, el cual es un diseño gráfico para la presentación de la parte visual de nuestra página Web, Conjuntamente se está utilizando el lenguaje de programación JavaScript, el cual es una secuencia de comandos que permite crear un contenido actualizado y dinámico, este lenguaje de programación es orientado a objetos de manera dinámica permitiendo controlar multimedia y animar gráficos, en pocas palabras es el motor de gráficos para HTML.

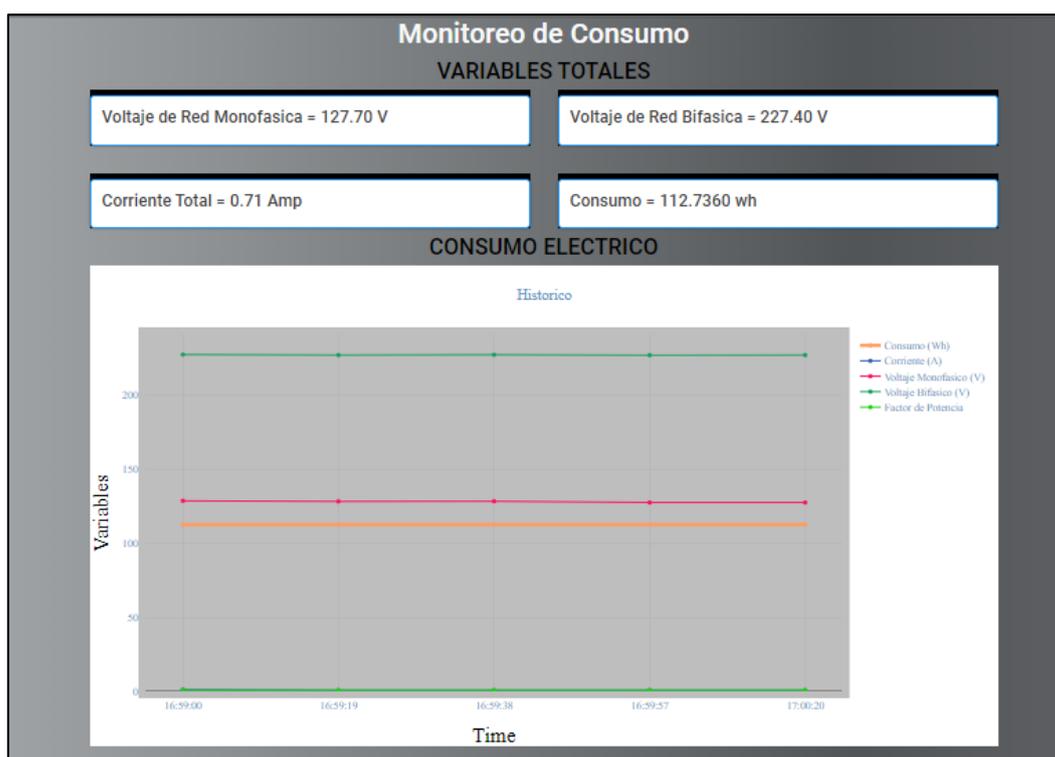


Figura 50. Página web en HTML creada.

Todas las herramientas antes mencionadas trabajan en conjunto cuando son utilizadas en el lenguaje HTML para la creación o elaboración de una página web, ya que este lenguaje ofrece una gran adaptabilidad como se muestra en la Figura 50. Para monitorear el dispositivo desde cualquier parte del mundo se puede acceder desde el siguiente link (<https://isochimal-blueprint.000webhostapp.com/monitoreo.html>)

3.11. Construcción del prototipo

Para el diseño de la placa electrónica del prototipo se utiliza la herramienta Kicad la cual nos permite realizar simulaciones y montajes PCB de placas electrónicas.

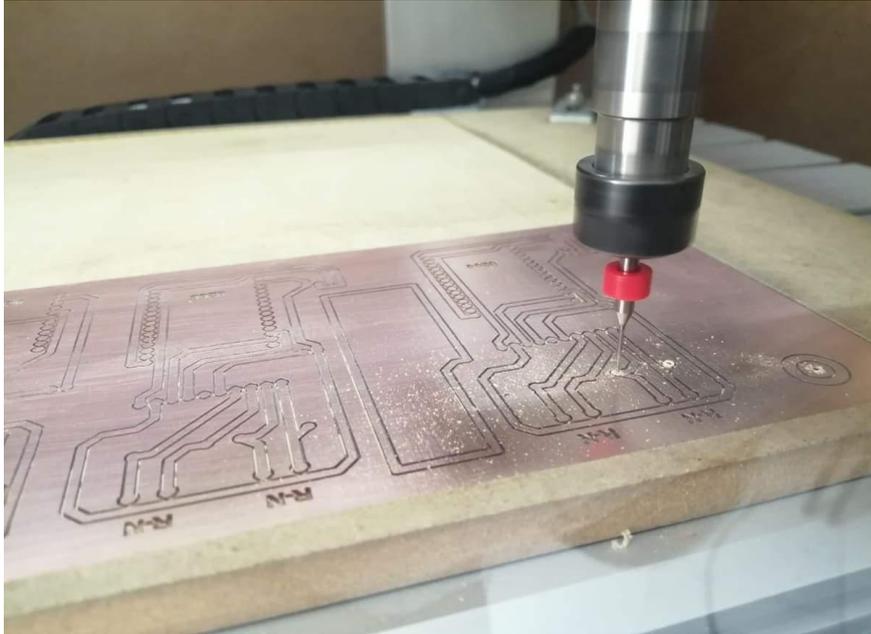


Figura 51. Construcción de la PCB.

Como se muestra en la Figura 51 la placa se envía para la construcción en una fresadora CNC la cual es una máquina de alta precisión para la construcción de placas electrónica.

3.12. Montaje del prototipo

Para el montaje del prototipo se utiliza la tecnología de agujeros pasantes la cual permite que los componentes electrónicos queden en la parte superior de la placa y los puntos de soldadura por medio de estaño y calor queden ubicados en la parte inferior de la placa como se muestra en la Figura 52.

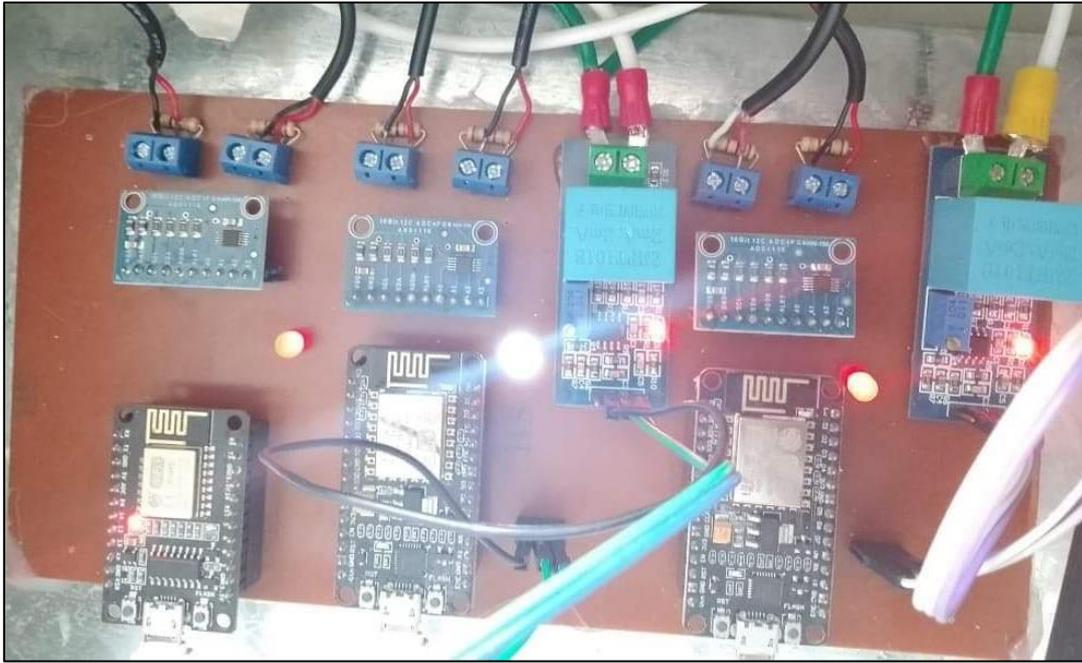


Figura 52. Montaje del Prototipo

3.13. Ensamblaje del prototipo final

Para que todos los elementos del prototipo se mantengan de manera fija y ordenada se ensamblan todos los elementos en un gabinete eléctrico el cual ofrece prestaciones como protección al polvo a los golpes y manipulaciones por parte del personal no autorizado su grado de protección es de IP 33 - IP 55.

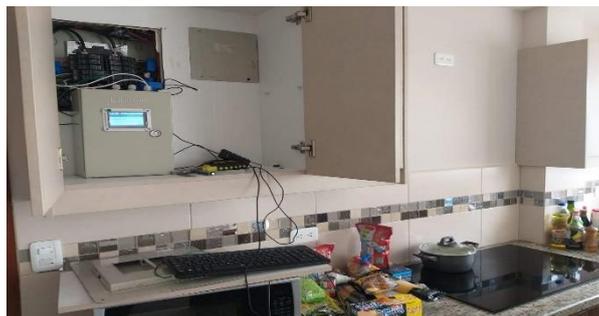


Figura 53. Prototipo final instalado en campo

3.14. Pruebas y análisis de datos obtenidos

Para la obtención de datos en campo se utiliza la versión final del dispositivo, con todas las conexiones y adecuaciones necesarias para su uso.

3.1.1 Prueba 1 de la casa

Para probar que todo el sistema se encuentre funcionando correctamente se procede a montar el circuito en un protoboard, el cual es un elemento que permite examinar el diseño de un circuito sin la necesidad de soldar componentes.

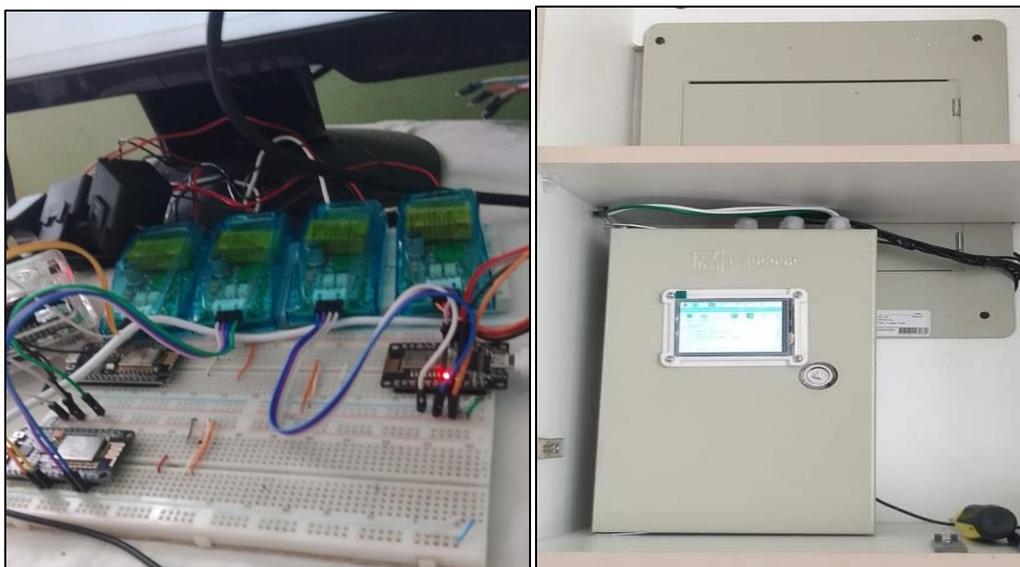


Figura 54. Prueba 1.0

En la Figura 54 Se muestra el circuito de prueba antes de ser ensamblado en una placa y posteriormente las pruebas en el domicilio, para la previa conexión del prototipo se debe hacer la verificación del tablero de distribución que sea de alimentación bifásica, en este caso la vivienda tiene la distribución de cada circuito correctamente realizada, como es el circuito de iluminación, tomacorrientes, cocina de inducción y bomba.

El prototipo es empotrado con elementos de sujeción para realizar todas las conexiones adecuadas para su funcionamiento, de tal manera que es conectado la alimentación con una

red de 220v más neutro, para luego conectar los sensores de corriente a cada circuito establecido, una vez conectado se procede a iniciar y poner en funcionamiento el prototipo.

De esta manera los datos obtenidos por el sensor de corriente SCT013 instalado, se encuentran siendo monitoreados desde cualquier dispositivo móvil que tenga acceso a internet, toda esta información puede ser observada y monitoreada de forma remota, además el dispositivo cuenta con dos opciones para el monitoreo de manera local el cual es la pantalla touch instalada en el prototipo y la siguiente el puerto HDMI de la Raspberry en caso de conectar un monitor.

3.2. Análisis de datos obtenidos

Con las pruebas básicas aprobadas se procede a instalar en un tablero de protección de un domicilio como se muestra en la Figura 55, realizando todas las conexiones necesarias para la adquisición y almacenamiento de todas las variables en una base de datos.



Figura 55. Prototipo instalado en el domicilio

Para evaluar el prototipo se realizan pruebas para garantizar la vialidad del equipo, mediante las cuales debe ajustarse a un error mínimo para lo cual también se realiza el siguiente cálculo de error absoluto y error relativo, los valores a ser comparados son: los datos

obtenidos por el prototipo y los datos obtenidos por una pinza amperimétrica marca Aiigsun, modelo EM306B.

$$Ea = |Ve - Va|$$

$$Ea = |0.448 - 0.43|$$

$$Ea = 0.018$$

Ecuación 1: Calculo del error absoluto en base a datos obtenidos en el circuito tres

$$Er = \frac{Ea}{|Ve|}$$

$$Er = \frac{0,018}{|0.448|}$$

$$Er = 0.04017$$

Ecuación 2 Calculo del error relativo en base a los datos obtenidos por el circuito tres.

En donde:

Ea: es el error absoluto.

Ve: es el valor medido por el dispositivo.

Va: es el valor medido por la pinza amperimétrica.

Er: es el error relativo.

3.1.2. Circuito de iluminación

En el circuito de iluminación tenemos como resultado las siguientes gráficas dando a conocer el voltaje, corriente, potencia, frecuencia.

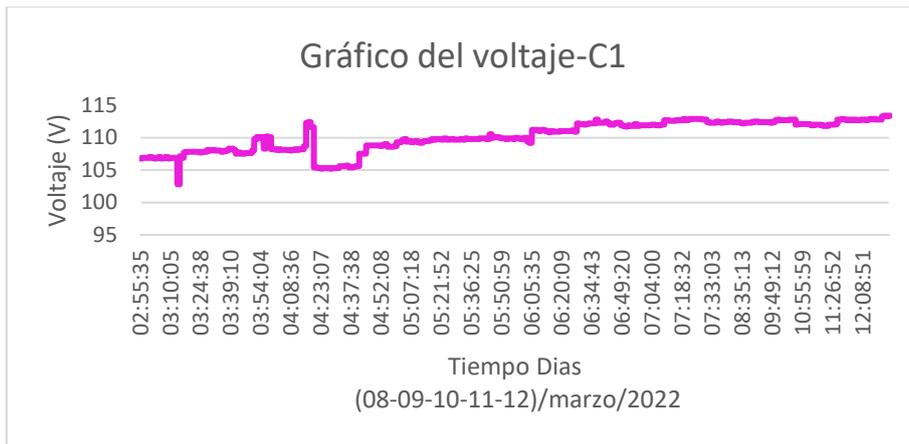


Figura 56. Tabla de resultado de voltaje monofásico

Se puede apreciar en la Figura 56, que el sensor obtiene la medición de voltaje alcanzado del circuito monofásico de iluminación a 115v y mientras va censando la gráfica se va estabilizando.

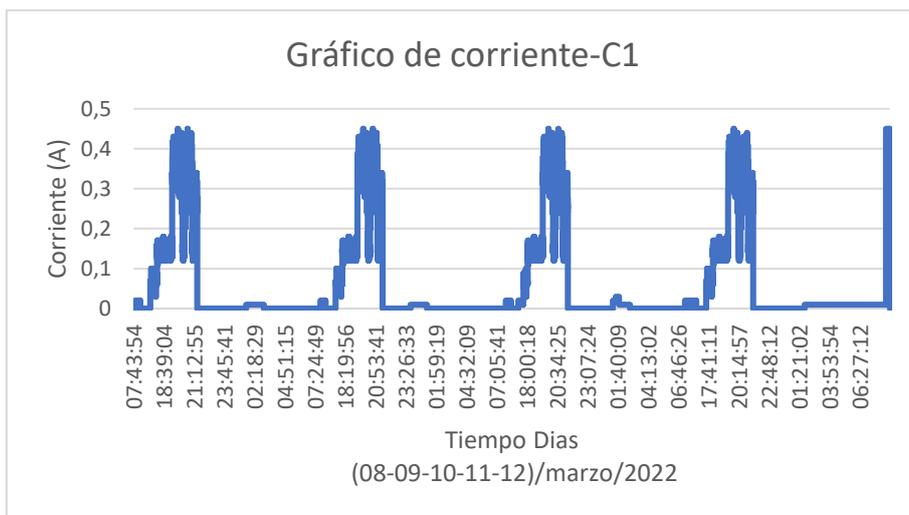


Figura 57. Gráfica de corriente en el circuito monofásico de iluminación

En la Figura 57, se puede observar que el valor de corriente censado es de aproximadamente 0.45 (Amperios), los horarios de más consumo son a partir de las 19:00h a 21:00h de la noche, en la gráfica se hace el seguimiento de 5 días conectado el prototipo.

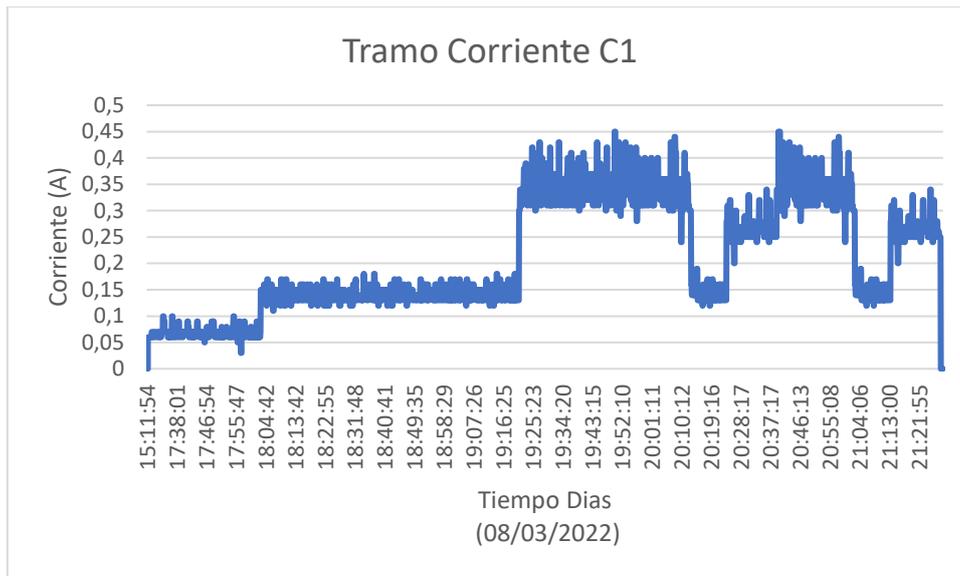


Figura 58. Tramo de corriente en horas.

En la Figura 58, se observa con más detalle un tramo de corriente en el horario de 15:00h a 21:00h. En la gráfica se puede observar que el valor de corriente aumenta en las horas de 19:00h a 21:00h que son horarios de más consumo eléctrico.

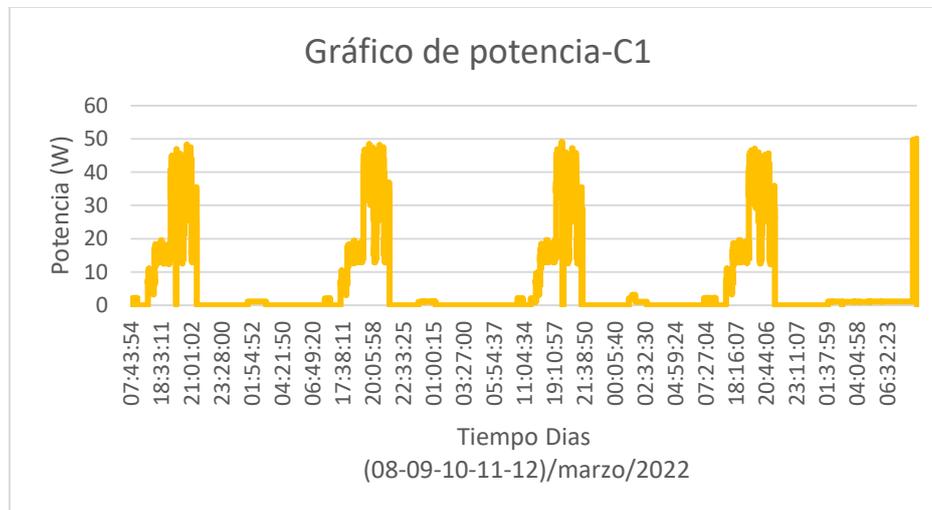


Figura 59. Gráfica de la potencia en el circuito monofásico

En la Figura 59, se observa que en el circuito de iluminación la potencia consumida es de 40(W) en los horarios de más consumo que son de 19:00h a 21:00h.

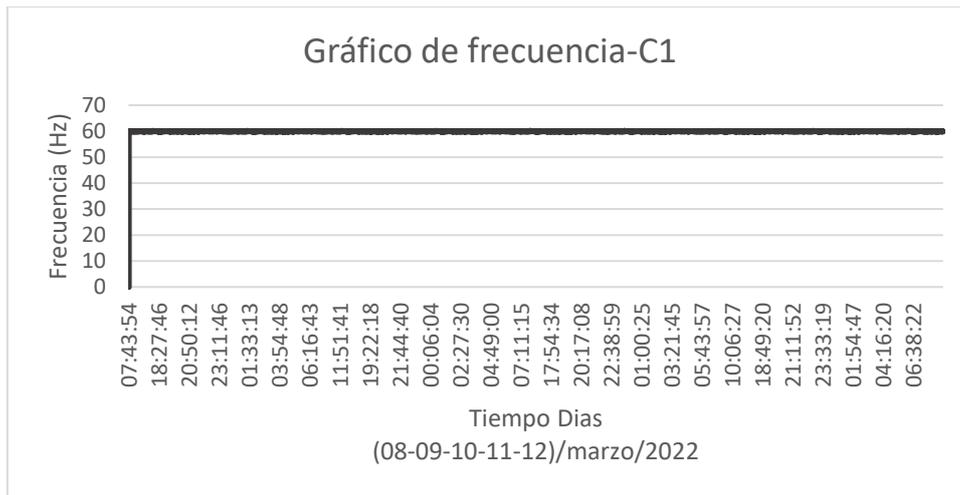


Figura 60. Gráfico de frecuencia del circuito monofásico

En la Figura 60, se muestra el gráfico de frecuencia del circuito monofásico de iluminación el mismo que tiene una frecuencia de 60Hz por tanto se toma los valores de 5 días que censó el prototipo.

3.1.3. Circuito de tomas de corriente

En el circuito de iluminación tenemos como resultado las siguientes gráficas dando a conocer la gráfica de voltaje, corriente, potencia, frecuencia.

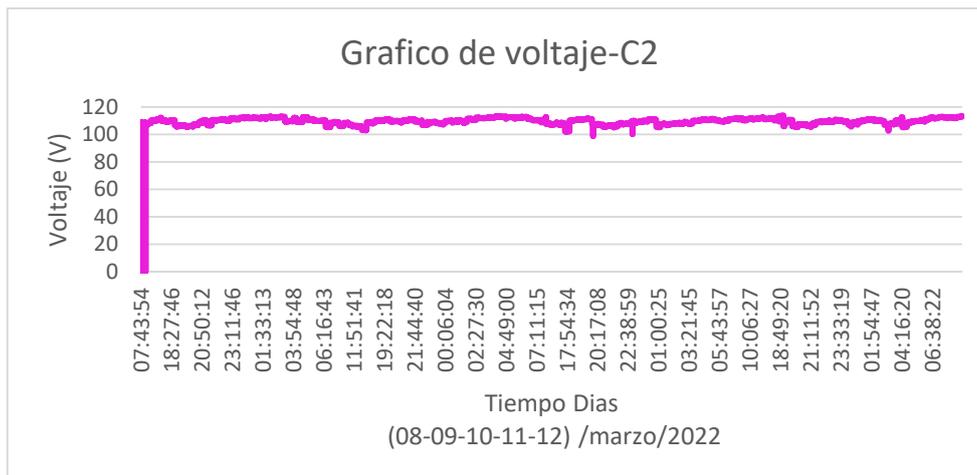


Figura 61. Gráfico del circuito de tomas corrientes monofásico

En la Figura 61, se puede observar la gráfica de voltaje del sistema de tomacorrientes del circuito monofásico en la cual se tiene una medición de 110(V), se toma los datos de tiempo de 5 días que censo el prototipo.

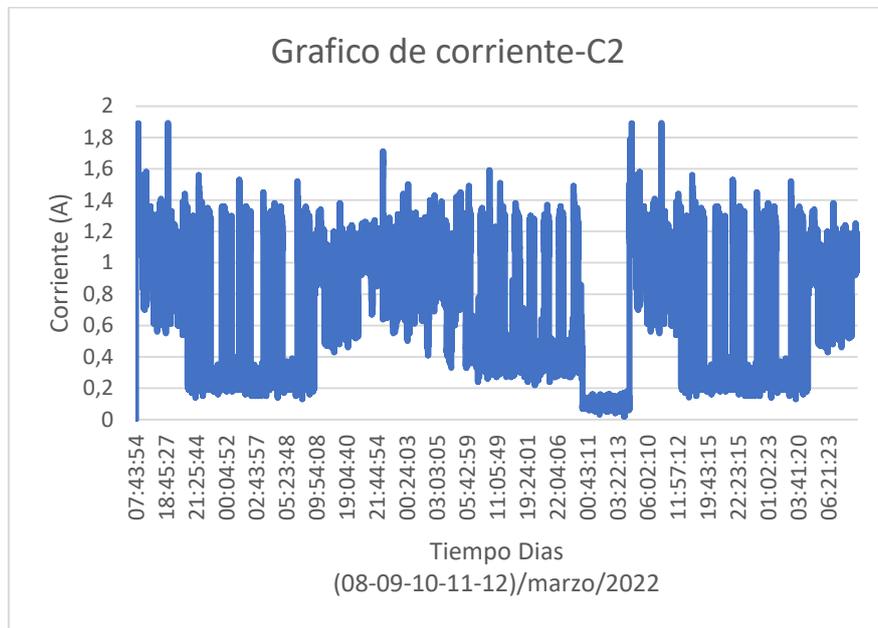


Figura 62. Gráfico de corriente monofásico de tomacorrientes

En la Figura 62, se puede observar que se toma datos de 5 días para verificar el comportamiento de la corriente en los tomacorrientes monofásicos de la vivienda, lo cual es muy variado, ya que va de 0 (A) hasta un 1.8 (A), todos estos valores dependiendo de las cargas conectadas en la vivienda en el transcurso de los días que se está analizando.

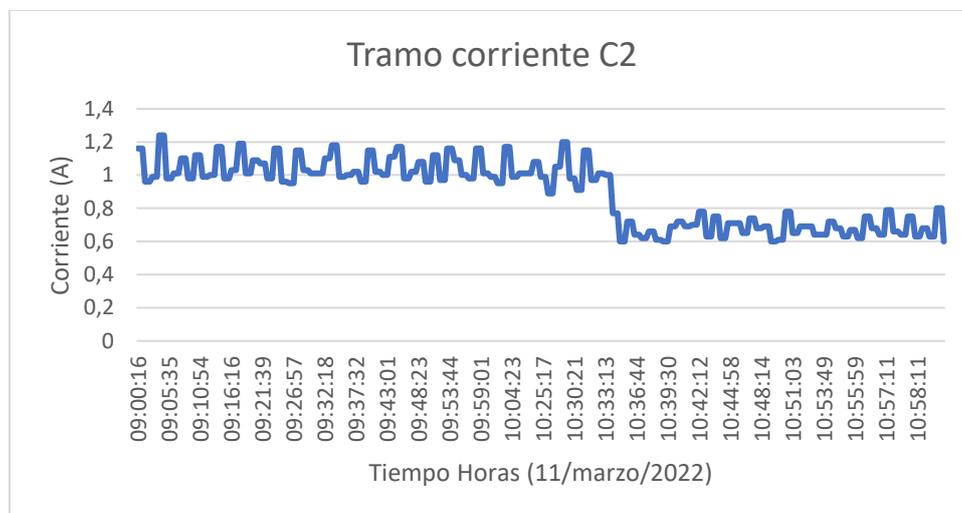


Figura 63 Gráfico de un tramo de corriente del circuito de tomacorriente monofásico

En la Figura 63, se muestra los valores en un tramo de horas en un día y así se analizó el comportamiento en los tomacorrientes monofásicos de la vivienda, en este caso se toma los datos en el horario de 9:00h a 11:00h lo cual podemos observar que marca 0.6(A) a 1.3(A).

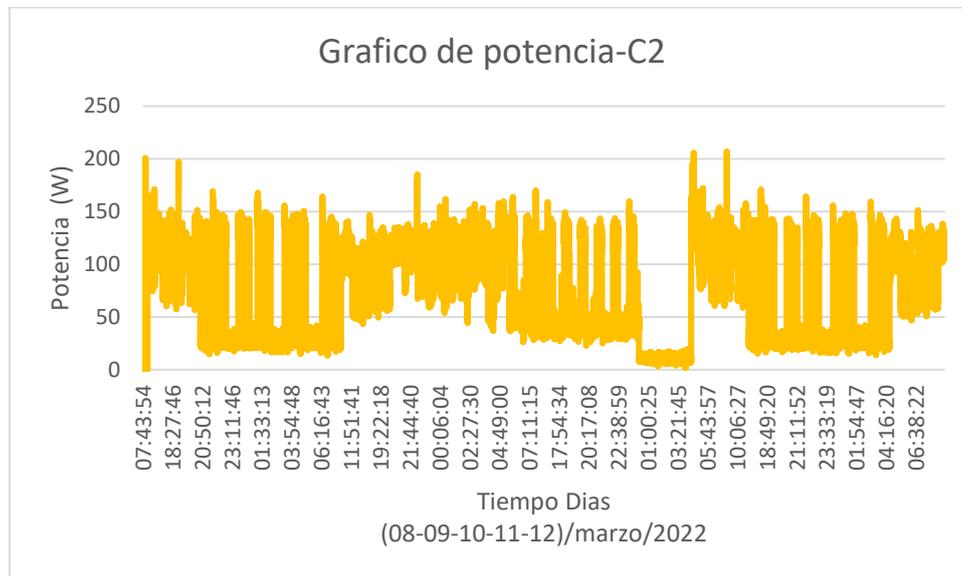


Figura 64. Gráfico de potencia del circuito monofásico de tomacorrientes

En la Figura 64, se observa el gráfico de potencia de tomacorrientes de la vivienda en este caso se analiza en un tiempo de 5 días lo cual la potencia marca de 0(W) hasta 220(W), considerando que estos valores dependen de los aparatos conectados a los tomacorrientes por los usuarios.

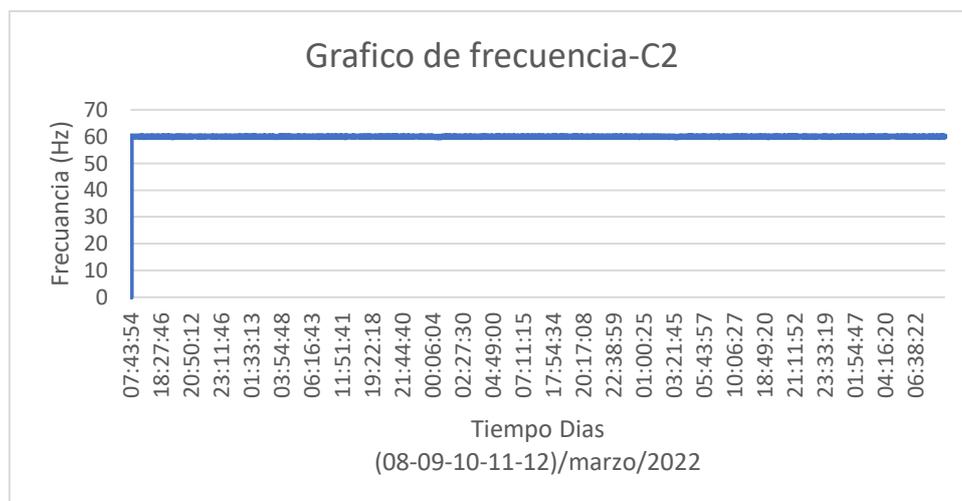


Figura 65. Gráfico de frecuencia en el circuito monofásico de tomacorrientes

En la Figura 65, se muestra el gráfico de frecuencia del circuito monofásico de tomacorrientes, el mismo que tiene una frecuencia constante de 60Hz por tanto se toma los valores medidos por el prototipo de 5 días para analizar.

3.1.4. Circuito de Bomba

En el circuito bifásico de la bomba de cisterna tenemos como resultado las siguientes gráficas dando a conocer la gráfica de voltaje, corriente, potencia, frecuencia y factor de potencia.

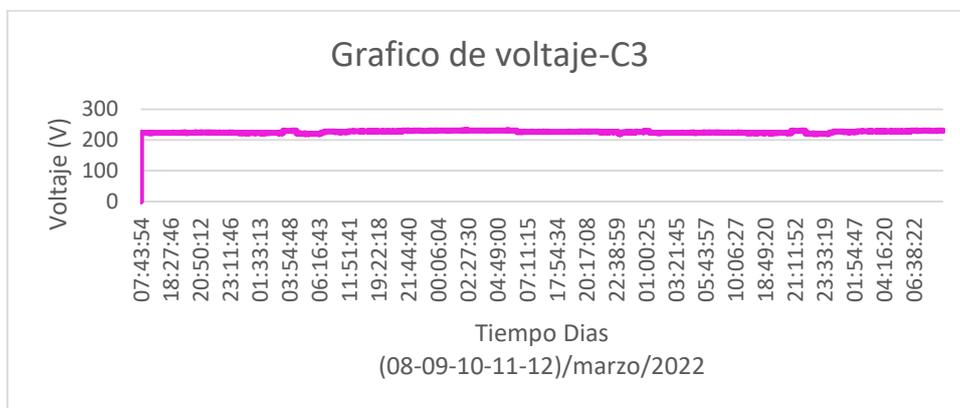


Figura 66. Gráfico de voltaje del sistema bifásico de la bomba

En la Figura 66, se muestra el gráfico el voltaje del sistema bifásico de la bomba cisterna de la vivienda la cual marca un valor de 220(V)

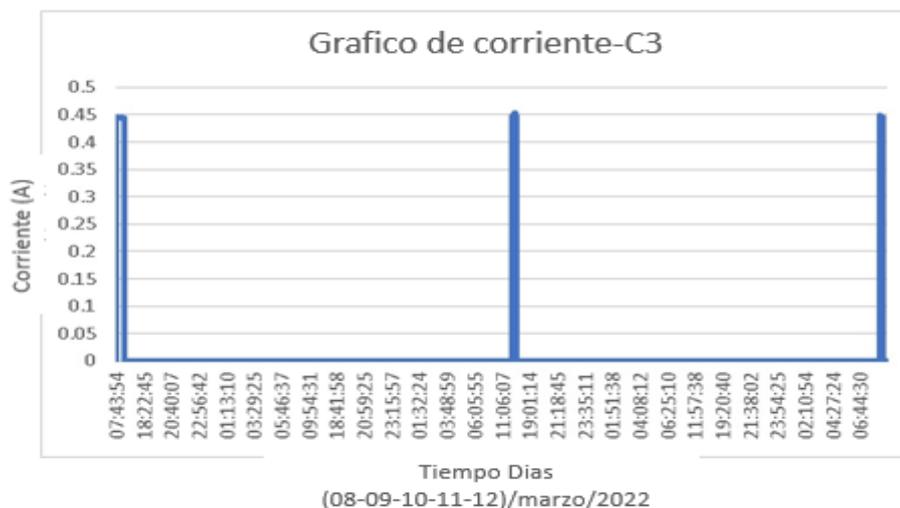


Figura 67. Gráfico de corriente del circuito de la bomba

En la Figura 67, se puede observar que el valor máximo de corriente medido en el sistema bifásico de la bomba es de 0,45 (A) esto en un tiempo de 5 días que se la haya conectado.

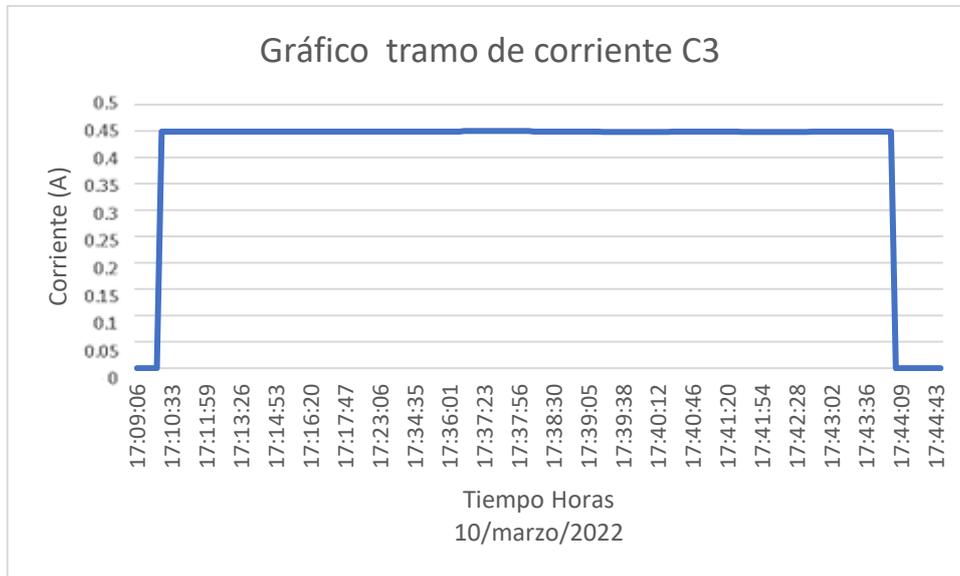


Figura 68. Gráfico de corriente del sistema bifásico en un tramo en horas

En la Figura 68, se muestra en el gráfico un tramo en horas del sistema bifásico de la bomba la cual se puede observar que fue conectada a una hora de 17:10h y se mantiene conectada en un periodo de tiempo de 30mnts lo cual se nota que alcanzado una corriente de 4.5(A).

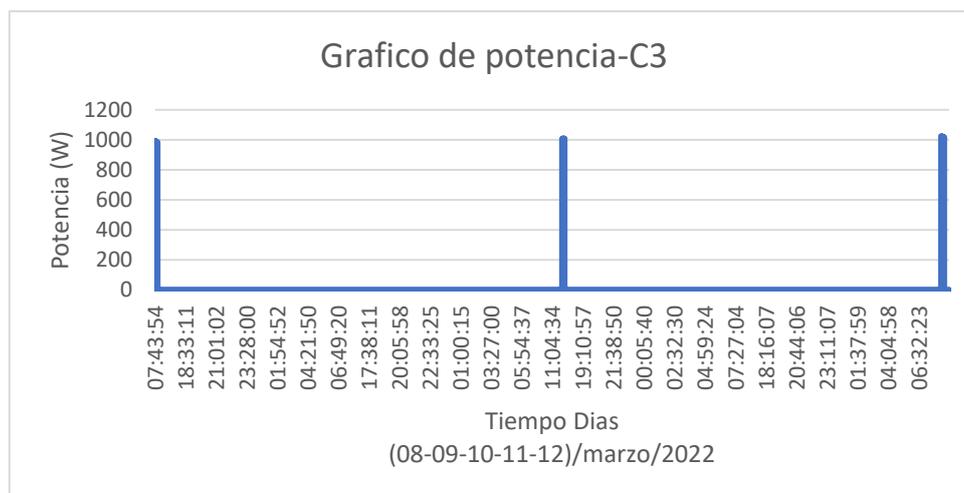


Figura 69. Gráfico de la potencia del circuito bifásico

En la Figura 69, se muestra la gráfica del sistema bifásico de la bomba en la cual tenemos que al prenderse la bomba tiene un valor de 1000(W) en los horarios que se muestra en la gráfica.

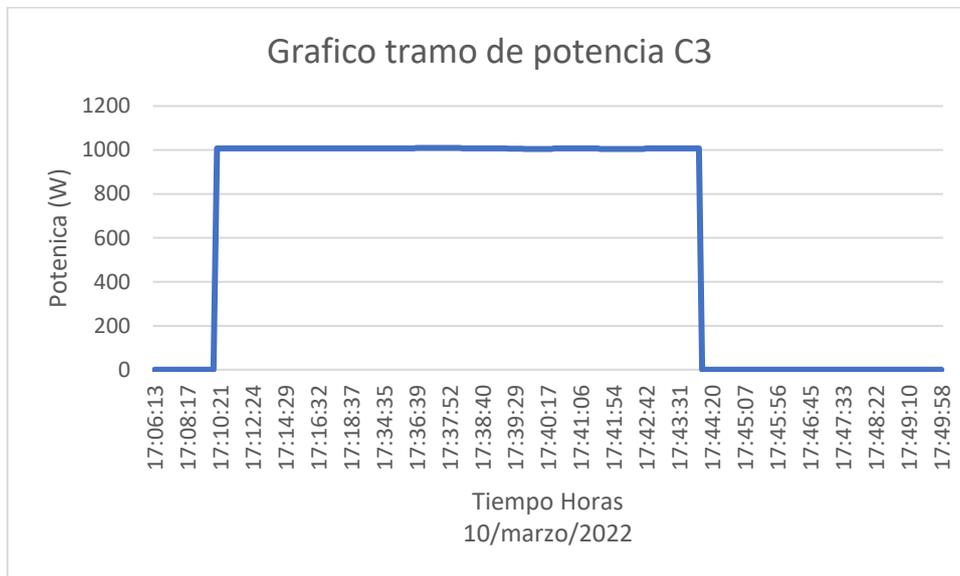


Figura 70. Gráfico de un tramo de potencia del circuito bifásico

En la Figura 70, se muestra el valor de potencia en el horario de 17:10 h hasta 17:44 h y se puede observar que tiene una potencia de 1000(W).

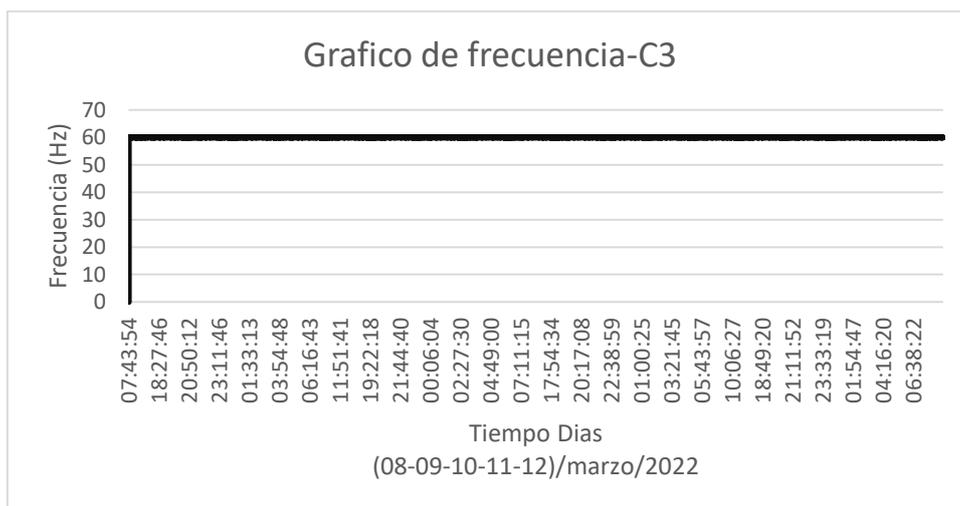


Figura 71. Gráfico de la frecuencia del sistema bifásico

En la Figura 71, se puede observar el valor de la frecuencia del sistema bifásico de la bomba la cual es de 60(Hz).

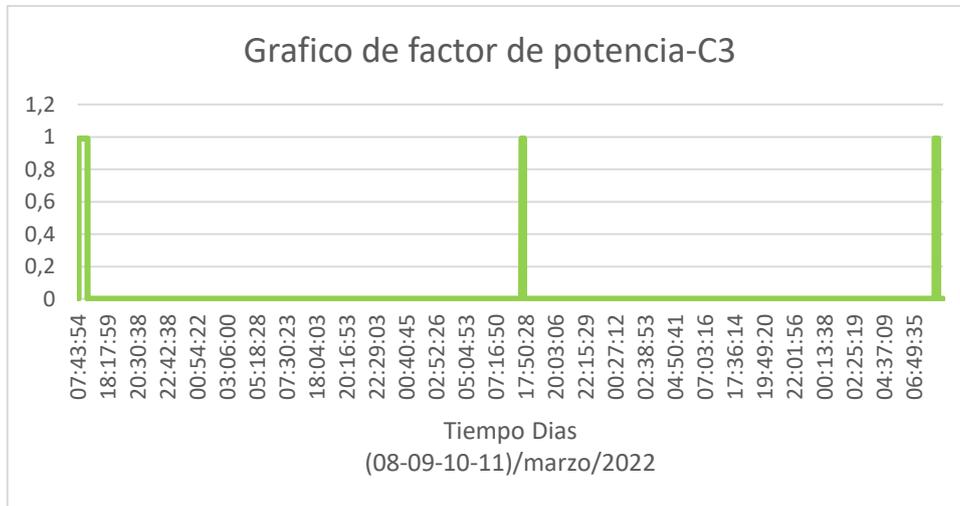


Figura 72. Gráfico de factor de potencia del sistema bifásico

En la Figura 72, se muestra el valor de factor de potencia del sistema bifásico de la bomba la cual es de 1, estos datos son tomados en un tiempo de 4 días de prueba que se obtuvo de la medición del prototipo, el valor de 1 quiere decir que es ideal e indica que toda energía consumida por los aparatos es transformada en trabajo.



Figura 73. Gráfico de un tramo de factor de potencia en el sistema bifásico

En la Figura 73, se muestra el valor medido en un tiempo de 17:10 h a 17:44 h del factor de potencia, esto en el circuito bifásico de la bomba la cual el prototipo da un valor de 1, esto

quiere decir que es que es ideal e indica que toda la energía consumida por los aparatos es transformada en trabajo.

3.1.4.1. Circuito bifásico de la cocina de inducción

En el circuito bifásico de la cocina de inducción de tenemos como resultado las siguientes gráficas dando a conocer la gráfica de voltaje, corriente, potencia, frecuencia y factor de potencia.

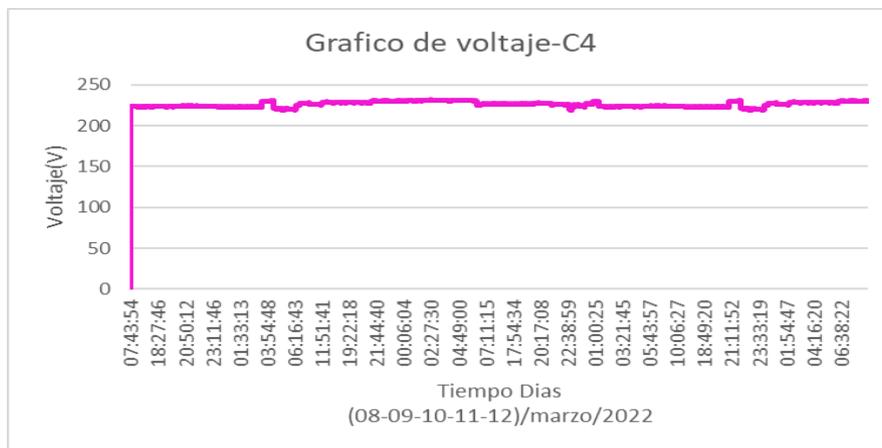


Figura 74. Gráfico del voltaje en el sistema bifásico de la cocina de inducción

En la Figura 74, se muestra el gráfico el voltaje del sistema bifásico de una cocina de inducción de la vivienda la cual marca un valor de 220(V).

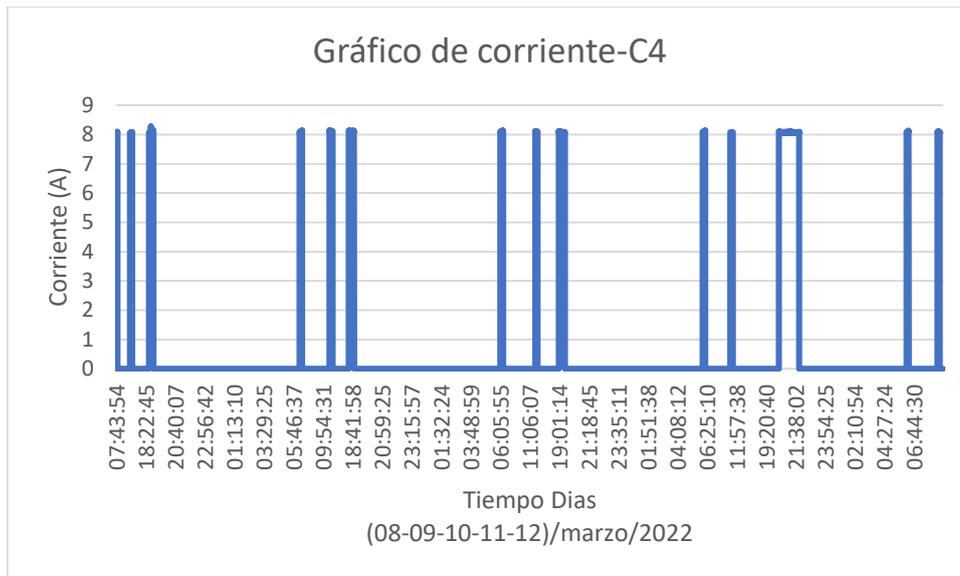


Figura 75. Gráfico de corriente del circuito bifásico de la cocina de inducción

En la Figura 75, se muestra el gráfico de corriente de la cocina de inducción, los valores analizados son en un periodo de 5 días, como se puede observar el medidor ha marcado un valor de 8.5 (A). Este valor cada que se enciende la cocina.

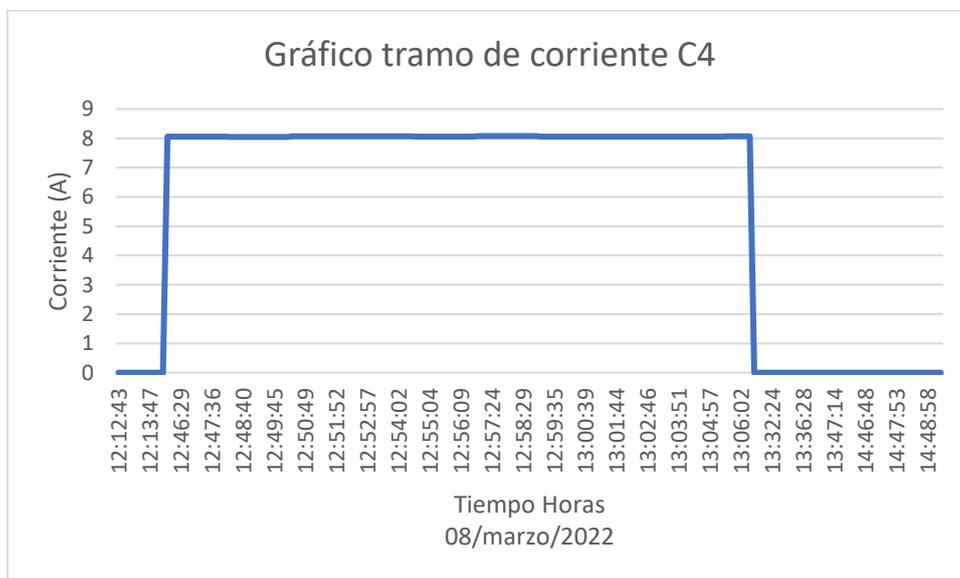


Figura 76. Gráfico de un tramo de corriente del circuito bifásico de la cocina de inducción

En la Figura 76, se muestra el valor de corriente en un lapso de 12:13 h a 13:06 h, lo cual se puede observar que marca un valor de 8(A) durante el tiempo que esta prendida la cocina de inducción que es aproximadamente 1 h.

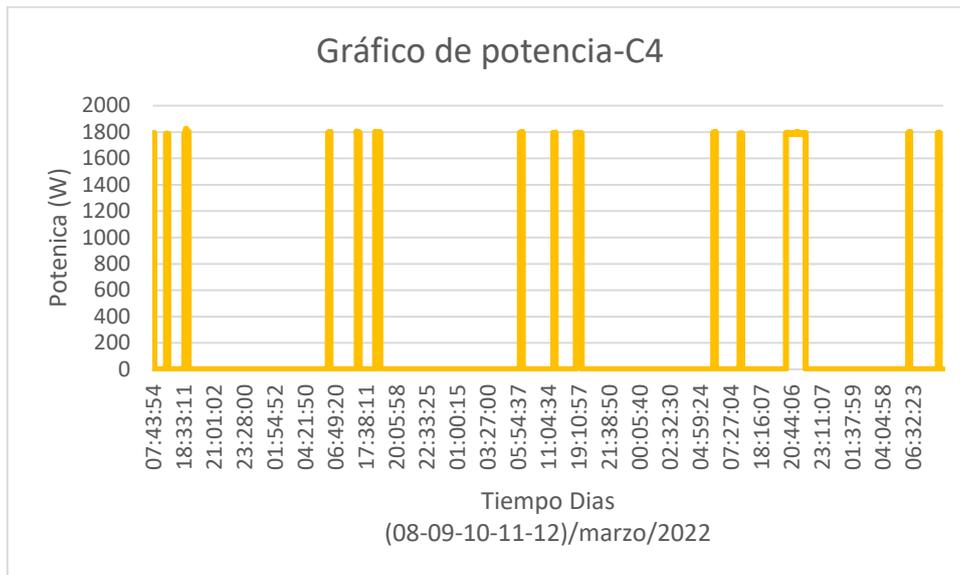


Figura 77. Gráfico de potencia del sistema bifásico de una cocina de inducción

En la Figura 77, se muestra el gráfico de potencia medido por el prototipo, los valores obtenidos y analizados son en un lapso de 5 días por tanto mide una potencia de 1800(W) cuando enciende la cocina de inducción.

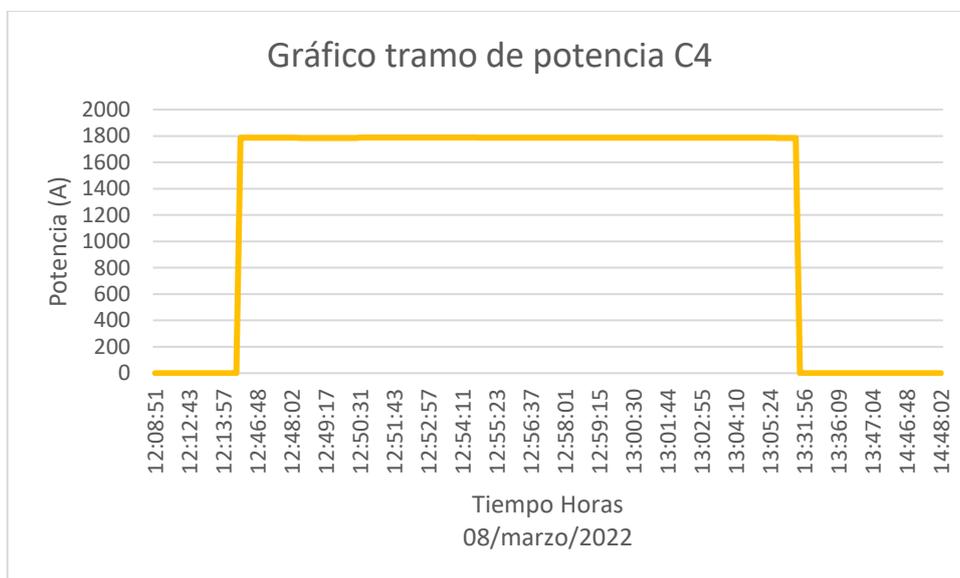


Figura 78. Gráfico de la potencia medida en el sistema bifásico de la cocina de inducción

En la Figura 78, muestra un tramo de medición de potencia en el sistema bifásico de la cocina de inducción, los datos obtenidos por el prototipo son en un periodo de 12:13 h a 13:31 h aproximadamente una hora que se conectó la cocina de inducción, y se puede observar que el valor de potencia es de 1800(W).

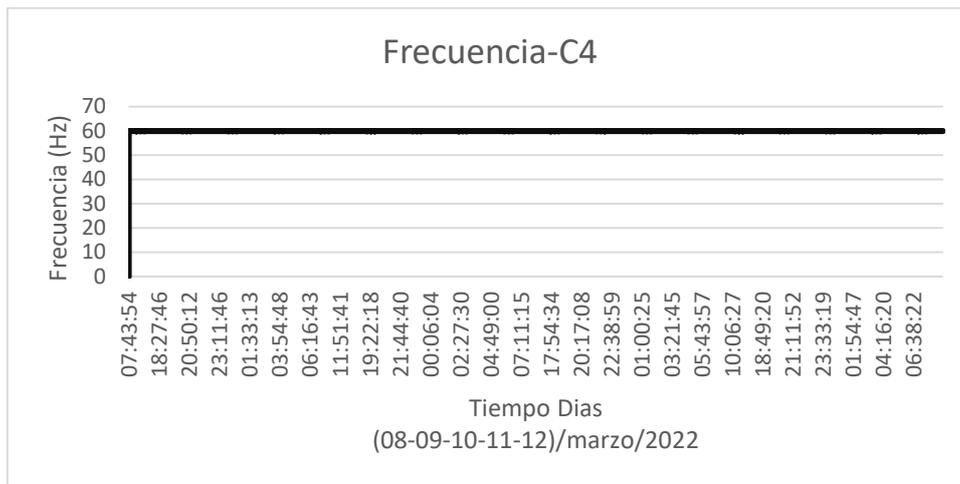


Figura 79. Gráfico de frecuencia del sistema bifásico de la cocina de inducción

En la Figura 79, se puede observar el valor de la frecuencia del sistema bifásico de la cocina de inducción la cual es de 60 (Hz).

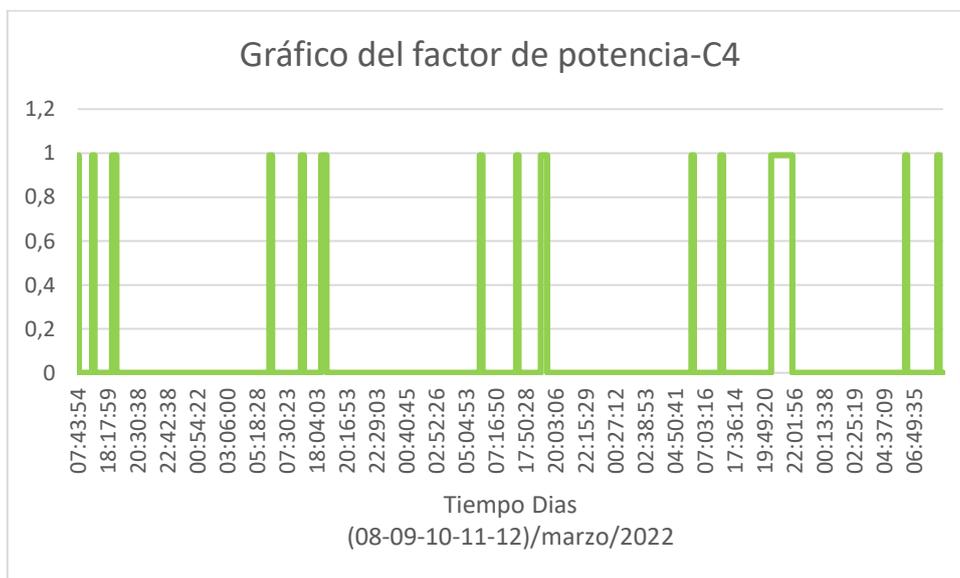


Figura 80. Gráfico de factor de potencia del sistema bifásico de la cocina de inducción

En la Figura 80, se muestra el valor medido de factor de potencia en un tiempo de 5 días por el prototipo, esto en el circuito bifásico de la cocina de inducción, la cual el prototipo da un valor de 1, esto quiere decir que es ideal e indica que toda la energía consumida por el aparato es transformada en trabajo.

3.2. Prueba 2 del laboratorio

Para la prueba del prototipo al laboratorio de automatización de la carrera de Electricidad se realizó una serie de adecuaciones al prototipo como es la modificación y utilización de módulos de adquisición de datos conocido como PZEM-004t, que en conjunto con los ESP8266 y ESP8285 se puede realizar la adquisición de las siguientes variables Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia, además la utilización de una Raspberry Pi, la misma que nos ayuda a montar el servidor local y así mantener almacenados los datos.



Figura 81. Prototipo instalado en el laboratorio de la carrera de Electricidad

En la Figura 81, se muestra el prototipo instalado en la carrera de Electricidad en el laboratorio de Control y Automatización con todas las adecuaciones necesarias para su uso.

3.2.1. Montaje de la página web en un servidor local

Para la creación de la página web se hace uso de Php, Html, Css y Java Script que son lenguajes de programación, para desarrollar aplicaciones para la web, así favoreciendo la conexión del servidor y la interfaz del usuario. La página web se desarrolla mediante la

importación de datos locales mediante Php, los mismos que se muestran en un conjunto de etiquetas estructuradas mediante Html presentando de manera gráfica y estilizada gracias a Css el cual permite modificar y rediseñar la forma en que son presentados los datos al usuario. Además, se puede presentar y extraer datos desde un sitio de alojamiento de información en línea.

Para el montaje de la página web local se instaló un servidor, en este caso se usa Apache Web Server que es un software gratuito el cual permite a los propietarios de sitios web publicar contenido. (Ramirez, 2019), mientras que para el montaje de la página Web en línea se utilizó los servicios de un Hosting gratuito (Servicio de alojamiento) llamado 000Webhost.com, el mismo que permite el alojamiento de un sitio web para compartirlo con el mundo totalmente gratis.



Figura 82. Página web montada en el servidor local

3.2.2. Manejo de IP v4

Una dirección IP es una dirección única que identifica a un dispositivo en Internet o en una red local. También es una cadena de números separados por puntos y se expresan como un

conjunto de 4 números ejemplo 192.168.0.50 estos números pueden variar de 0 a 255 (Fernández, 2022).

3.2.3. Direcciones IP estáticas

En este caso las direcciones IP estáticas son siempre las mismas una vez que la red asigne una dirección esta permanece constante. Cabe recalcar que para empresas que planean alojar su propio servidor es fundamental tener una dirección estática, que garantiza que los sitios web y dispositivos vinculados tengan una dirección fija (Fernández, 2022).

3.2.4. Aplicación FING

La aplicación Fing es unas herramientas de acceso de red, auditoría, descubrimiento, seguridad y resolución de problemas de Wi-Fi creadas para Internet de las cosas y que se puede utilizar para ver los dispositivos conectados a tu red (Atico34, 2022). Esta herramienta se utiliza en el presente proyecto para asignar la Ip estática a los dispositivos que se va a conectar dentro de una red, tomando como punto de referencia la Ip del router a utilizar.

La Raspberry Pi se encuentra preestablecida con una IP estática para la conexión Wifi (198.168.0.50). Para acceder a una conexión del Router ubicado en el laboratorio de Automatización y control de Electricidad con el nombre de red TENDA y contraseña 123qweasd, de igual manera el dispositivo móvil está establecido con una IP de conexión WiFi (198.168.0.150) como se observa en la Figura 83.

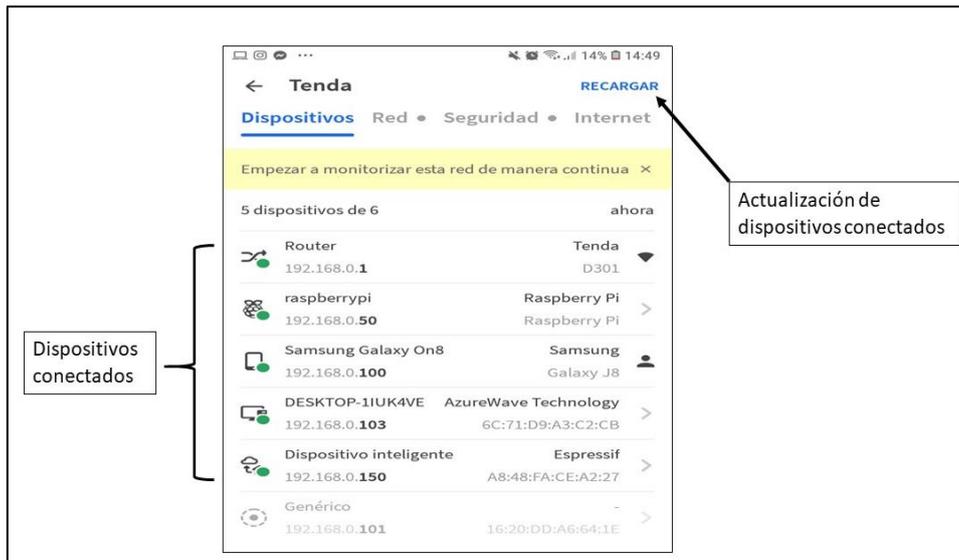


Figura 83. Aplicación FING

Para acceder a la base de datos o página Web local hay que tener en consideración que el dispositivo a conectarse se encuentre dentro de la misma red que el medidor de consumo eléctrico, además de tener en cuenta que se debe acceder al local host **RASPBERRY PI4** en este caso (**198.168.0.50**).

Para acceder a MySQL de forma local se debe tener en cuenta la siguiente dirección **192.168.0.50** dentro de esta página se requiere un usuario y contraseña para su acceso el cual es usuario: **usuar** y contraseña: **123456** como se muestra en la Figura 84.

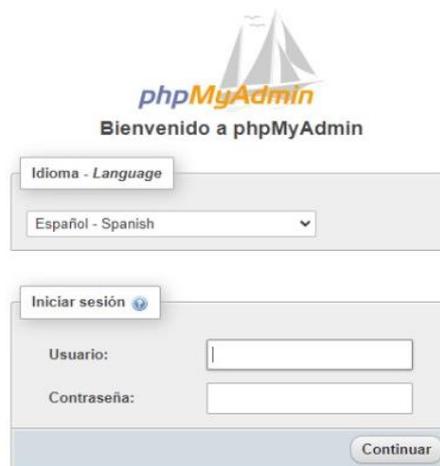


Figura 84. Servidor local

3.3. Acoplamiento del dispositivo para el laboratorio

Para verificar el funcionamiento del dispositivo se procede a la implementación del mismo en un tablero trifásico ubicado en el laboratorio de control y automatización en la carrera de ingeniería de mantenimiento eléctrico ubicado en el campus de la Universidad Técnica del Norte como se observa en la Figura 85.

Como primera consideración se tomó en cuenta el aumento de una tercera fase para lo cual se distribuyó de manera uniforme los sensores ubicados en el dispositivo, para mantener un censo equilibrado de los circuitos instalados en este tablero.



Figura 85. Prototipo instalado en el laboratorio de control y automatización

Además, se realizó una modificación utilizando módulos de adquisición de datos conocido como PZEM-004t que, en conjunto con los ESP8266, ESP8285 se puede realizar la adquisición de las siguientes variables Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia.

Con este módulo PZEM-004t se logró obtener los parámetros eléctricos antes mencionados de una manera cómoda y sencilla siendo este un módulo que se puede utilizar

en tableros de distribución, tableros de protección, reguladores de voltaje y prototipos de control eléctrico gracias a sus prestaciones y especificaciones técnicas, trabajando en un rango de voltaje de 80 a 260 VAC, potencia estimada RMS de 100 a 22000 W, frecuencia de trabajo de 45 a 65 Hz y teniendo una precisión de $\pm 1.0\%$.

Además, se realizó el diseño y fabricación de un dispositivo móvil, el cual realiza la adquisición, procesamiento y envío de datos desde una ubicación separada al tablero de protección, el mismo que se interconecta mediante comunicación WiFi con el prototipo principal del medidor de consumo eléctrico.

Este dispositivo móvil tiene ciertas diferencias con el prototipo principal ya que no incorpora un módulo PZEM-004t, sin embargo, para la adquisición de datos se utiliza el mismo sensor de corriente y además un módulo ADS1115 mientras que para censar el voltaje se utiliza un módulo ZMPT101B, estos datos son enviados hacia la placa ESP8266 que se encarga de realizar la exportación de todos los datos obtenidos en campo a continuación se presenta en la Figura 90 el dispositivo móvil.



Figura 86. Dispositivo móvil

3.4. Discusión

El medidor de consumo eléctrico es capaz de medir circuitos monofásicos y bifásicos de un tablero de control ya que por medio de los sensores utilizados obtenemos los datos de las variables como son Voltaje, Corriente, Potencia, Consumo Eléctrico, Frecuencia, Factor de potencia.

Para el ensamblaje del dispositivo se realizó la compra de materiales verificando que sean de fácil adquisición y cumplir con los requerimientos mínimos de un medidor de consumo eléctrico. Se realizó las pruebas del medidor de consumo eléctrico para verificar que cumpla con los objetivos planteados obteniendo excelentes resultados en cuanto a la comunicación de todos los dispositivos como son los ESP8266, ESP8285, Raspberry Pi, página web, servidor local y en línea.

Conclusiones

- Los métodos más utilizados en la medición de consumo eléctrico residencial son de tipo analógico, digital y electrónico, por lo cual se determina que el método más viable para el prototipo presentado, el método de medición electrónico gracias a sus prestaciones en el manejo de datos.
- Se diseñó un sistema de medición de consumo eléctrico con tecnologías IoT mediante conexión Wifi, obteniendo información basada en datos, reduciendo el riesgo de fallas técnicas por error de lectura de los medidores convencionales, obteniendo datos precisos del consumo eléctrico producido en un hogar, de la misma manera permitiendo la conexión de varios dispositivos cotidianos al Internet, y de esta manera se cumple con las necesidades planteadas del proyecto de investigación.
- Para la implementación del dispositivo se necesitó dos fases, la primera se instaló en un ambiente residencial obteniendo resultados positivos para posteriormente realizar la instalación del dispositivo en el laboratorio de Control y Automatización de la carrera de Electricidad, donde se obtuvieron resultados positivos.

Recomendaciones

- Se recomienda no perder la línea de investigación en cuanto a los métodos de medición de consumo eléctrico, como también continuar con el desarrollo de las nuevas tecnologías y prototipos de medición basados en protocolos IoT.
- Es necesario realizar el diseño y fabricación de un sistema interconectado por varios dispositivos de forma inalámbrica que permitan la medición de consumo eléctrico en diferentes espacios de la vivienda, brindando una mayor cobertura para la adquisición de datos.
- Si se requiere aplicar la implementación a nivel industrial se recomienda tener en cuenta las cargas conectadas a la red para proceder al redimensionamiento de los materiales acorde a las necesidades ya que el prototipo está diseñado para uso residencial bifásico y monofásico.

Referencias

- Actitud Ecológica. (22 de Mayo de 2020). Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de <https://actitudecologica.com/medidores-de-consumo-electrico/>
- Agencia de regulación y control de electricidad. (Diciembre de 2020). Pliego tarifario. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/resoluciones-pliegos-tarifarios/>. Recuperado el 11 de Marzo de 2021, de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/resoluciones-pliegos-tarifarios/>
- Agencia de regulación y control de electricidad. (2020). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución. Documento, <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/resoluciones-pliegos-tarifarios/>. Recuperado el 12 de Marzo de 2021, de https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/pliego_tarifario_del_spee_2020_resolucion_nro_035_19.pdf
- Alexander, C., & Sadiku, M. (2015). Fundamentos de circuitos eléctricos. México. Obtenido de https://ayudasingeneria.dotz.com.ar/files/TEORIA_DE_REDES/Fundamentos_de_circuitos_electricos-5ta_Edicion_Sadiku.pdf
- Arduino. (11 de Noviembre de 2018). [wordpress.com](https://www.wordpress.com).
- Armijos, J., & Pasantes, A. (2016). Diseño de un medidor inteligente con funciones. Cuenca.
- Atico34. (2022). Grupo Atico34. Obtenido de <https://protecciondatos-lopd.com/empresas/fing/>
- Boylestad, R. L. (2017). Introducción al análisis de circuitos. México.
- Castro, T. (2018). Sistema de medida de temperatura basado en Nodemcu y android. Obtenido de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29308/TFG_Teresa_Castro_Blanco.pdf?sequence=1
- Cerdá, L. (2014). Instalaciones Eléctricas y automatismos. Madrid: Paraninfo SA.
- Cervantes, D. (17 de Noviembre de 2016). Scidle. Obtenido de <https://scidle.com/es/esp8266-el-chip-wifi-de-bajo-coste/>
- Cisadcat, n. (2021). Copyright. Obtenido de <https://www.cisacad.net/introduccion-a-iot-v2-0-cuestionario-del-capitulo-1-respuestas/>

- Contreras, M. (2015). Desarrollo e implementación de un sistema de medición, monitoreo y control de carga eléctrica para aplicaciones domésticas. (Tesis de ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca.
- Copelco. (15 de Junio de 2021). Obtenido de <https://www.copelnet.com.ar/informacion-de-interes/energia/consumo-de-artefactos-electricos>
- Cruz, J. (1996). Definición del factor de potencia. México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Deloitte. (2023). IoT - Internet Of Things.
- Dorry, A., Kanhere, S., Jurdack, R., & Guaravaram, P. (2017). Blockchain for IoT security and privacy. IEEE percom workshop on security privacy and trust in the internet of thing.
- efor. (17 de Abril de 2021). Tecnologías de comunicación para el IoT. Obtenido de efor: <https://www.efor.es/sites/default/files/tecnologias-de-comunicacion-para-iot.pdf>
- Electronic components datasheets. (2021). Alldatasheets.com. Obtenido de <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=SCT013&sField=4>
- Electronica Lugo. (13 de Abril de 2021). Obtenido de Conceptos básicos, tipos y aplicaciones de los microcontroladores: <https://electronicalugo.com/conceptos-basicos-tipos-y-aplicaciones-de-microcontroladores/>
- Espada, P. (2012). Diseño de objetos virtuales colaborativos orientados a servicios en el marco de Internet de las cosas. Universidad de Oviedo.
- Espressif, S. (2020). ESP8285 datasheet. Obtenido de file:///C:/Users/asus/Documents/Grado%20I/documentos%20cap1/0a-esp8285_datasheet_en.pdf
- Fattori, A. (2019). Análisis del consumo de energía promedio en dispositivos IoT de baja potencia con Blockchain como solución de seguridad. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Fernández, Y. (22 de Julio de 2022). Xataka Basics. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/direcciones-ip-dinamicas-fijas-que-que-ventajas-tiene-cada>
- Guacaneme, G., & Pardo, A. (2016). Diseño e implementación de un sistema de medición de consumo de energía eléctrica y agua potable remoto con interacción al usuario basado en el concepto "Internet de las cosas". (Tesis de ingenierías). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Hasanain, S. (22 de julio de 2019). Grabcad Community. Obtenido de <https://grabcad.com/library/raspberry-pi-4-model-b-1>

- Hernandez, d. V. (2019). Programar fácil. Obtenido de <https://programarfacil.com/esp8266/esp8266-deep-sleep-nodemcu-wemos-d1-mini/>
- Idrovo, D., & Orellana, D. (2016). Diseño e implementación de un medidor de energía electrónico para vivienda, con orientación a la prevención de consumo y ahorro energético. Cuenca.
- INEC. (2011). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- IONOS. (21 de 1 de 2021). digitalguide. Obtenido de digitalguide: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/un-vistazo-a-proyectos-basados-en-raspberry-pi/>
- Iturralde, D. (2018). Diseño de un sistema de medición y monitoreo del consumo de energía por circuitos en el hogar mediante tecnología de comunicación por línea de potencia. (Tesis de ingeniería). Universidad del Azuay, Cuenca.
- Laureano, J. (30 de Agosto de 2016). Tipos de microcontroladores. Obtenido de SCRIBD: <https://es.slideshare.net/JuanJoseQuirionoLaureano/tipos-de-microcontroladores>
- MDNcontributors. (16 de Noviembre de 2021). MDN web Docs. Obtenido de https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics
- Microsoft. (2018). Get started in the world and technology of IoT. This guide will give you a strong foundation in IoT protocols and technology to help you make the right choices for your project. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/internet-of-things-iot/iot-technology-protocols/>
- Ministerio de turismo. (2020). Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Estadistica-2020-baja.pdf>
- Moreno, O. (JULIO de 2017). Biblioteca Universitaria Politécnica, Archivo digital UPM. Obtenido de IoT con servicios en la nube de Microsoft Azure : diseño y despliegue de una arquitectura IoT para el análisis de datos en tiempo real: <http://oa.upm.es/48108/>
- Muso, E., & Tipán, A. (2019). Diseño e implementación de un módulo didáctico para el análisis y corrección del factor de potencia para el laboratorio de máquinas eléctricas de la universidad técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5685/1/PI-001141.pdf>
- Pascual, A., & Morera, X. (2005). Instalaciones eléctricas. Barcelona: UOC.

- Pc componentes. (3 de Agosto de 2021). Obtenido de https://www.pccomponentes.com/caracteristicas-raspberry-pi-4?__cf_chl_captcha_tk__=4ggigAGwHiOq21wsxR9nBjH2QcnbcBTG2zVNUsWA9dk-1636394830-0-gaNycGzNCtE
- Pepeenergy. (15 de Abril de 2021). ¿Qué es la potencia aparente? Obtenido de Pepeenergy: <https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-potencia-aparente/>
- Porro, I. (7 de Febrero de 2019). IoT: protocolos de comunicación, ataques y recomendaciones. Obtenido de incebecert: <https://www.incibe-cert.es/blog/iot-protocolos-comunicacion-ataques-y-recomendaciones>
- Python. (13 de Octubre de 2021). Obtenido de <https://docs.python.org/3/tutorial/>
- R.A, D. (2006). Deploying the Internet of things. International symposium on digital object identifier, 219.
- Ramirez, M. (2019). Analisis comparativo de rendimiento a servidores web de distribución libre utilizando Apache Benchmark. Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14567/1/ECFIC-2019-ISIS-DE00034.pdf>
- Red en bus. (9 de Mayo de 2017). Wordpress.com. Obtenido de <https://clasificaciondelasredesblog.wordpress.com/2017/05/09/topologia-estrella-extendida/>
- Rodriguez, A. (2019). Control from SCADA of the power factor in an industry. Obtenido de Control from SCADA of the power factor in an industry: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/11367/Alexis%20Frank%20Rodriguez%20Suarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojo, L. (09 de Junio de 2017). Clasificación de Los Medidores. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/350837557/Clasificacion-de-Los-Medidores>
- Samaniego, D., & Velasaca, D. (2016). Diseño e implementación de un medidor de energía electrónico para vivienda orientación a la prevención de consumo eléctrico. (Ingenieros Electrónicos). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca.
- Seippel, R. (2021). Fundamentos De Electricidad. Barcelona: REVERTÉ.
- Singh, M. (2018). A game changer for securing IoT data. IEEE 4th world forum on the Internet of Things (WF-IoT).
- Team, S. (3 de Noviembre de 2020). Svitla.com. Obtenido de <https://svitla.com/blog/esp8266-vs-esp8285-vs-esp32>

- Telégrafo. (2023). El telégrafo. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto/1/como-se-genera-la-energia-electrica-en-ecuador>
- Valderrama, J., & Brea, E. (2018). ESP8266: Un microcontrolador para el Internet de las Cosas. Venezuela.
- Vallejo, W., & Medina, E. (07 de Febrero de 2011). Medidores Eléctricos. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/tocuyaniando/medidores-elctricos>
- Velasco, C. (2018). Maquinas eléctricas. Obtenido de <https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>
- Velasco, N. (2018). Microcontroladores. Obtenido de biling: <http://biling.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F3+Microcontroladores.pdf>
- Weiser, M. (1991). The computer for the Twety-first Century. Scientific American Ubicomp paper after sci am editing.
- Xataka. (25 de Julio de 2019). Raspberry Pi 4 Model B, análisis: doble de potencia para un mini PC milagroso, pequeño, pero matón. Obtenido de <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-4-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>
- Yopez, V. (26 de Octubre de 2016). Poli Blogs. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/10/26/qfd-despliegue-de-la-funcion-de-calidad/>
- Zambrano, J., & Echeverría, J. (2014). Aplicación web para la administración de los materiales almacenados en las bodegas de la empresa constructora Coinfra S.A. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.
- Zamora, B., & Calderon, J. (2013). Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para corregir el Factor de Potencia. Obtenido de Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para corregir el Factor de Potencia: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1602/1/t-ucsg-pre-tec-iem-3.pdf>

Anexos

Anexo A: Datos de los módulos ESP8266 y ESP8285

About This Guide		
Chapter	Title	Subject
Chapter 1	Overview	Overall introduction to the interfaces.
Chapter 2	GPIO	Description of GPIO functions, registers and parameter configuration.
Chapter 3	SPI Compatibility Mode User Guide	Description of functions, DEMO solution, ESP8266 software instruction and STM32 software solution.
Chapter 4	SPI Communication User Guide	Description of SPI functions, master/slave protocol format and API functions.
Chapter 5	SPI Overlap & Display Application Guide	Description of SPI functions, hardware connection of SPI overlap mode, API description and display screen console program demo.
Chapter 6	SPI Wi-Fi Passthrough 1-Interrupt Mode	Description of SPI functions, SPI slave protocol format, slave status and line breakage and API functions.
Chapter 7	SPI Wi-Fi Passthrough 2-Interrupt Mode	Description of SPI functions, SPI slave protocol format, data flow control line and API functions.
Chapter 8	HSPI Host Multi-device API	Description of HSPI functions, hardware connection and API functions.
Chapter 9	I2C User Guide	Description of I2C functions, master interface and demo.
Chapter 10	I2S Module Description	Description of I2S functions, system configuration and API functions.
Chapter 11	UART Introduction	Description of UART functions, hardware resources, parameter configuration, interrupt configuration, example of interrupt handler process and abandon serial output during booting.
Chapter 12	PWM Interface	Description of PWM functions PWM, detailed on <code>pwm.h</code> , and custom channels.
Chapter 13	IR Remote Control User Guide	Introduction on infrared transmission, parameter configuration and functions of sample codes.
Chapter 14	Sniffer Introduction	Introduction on Sniffer, application scenarios, phone App and IOT-device firmware.
Appendix	Appendix	GPIO registers, SPI registers, UART registers, Timer registers.

About This Guide

This document introduces the specifications of ESP8285.

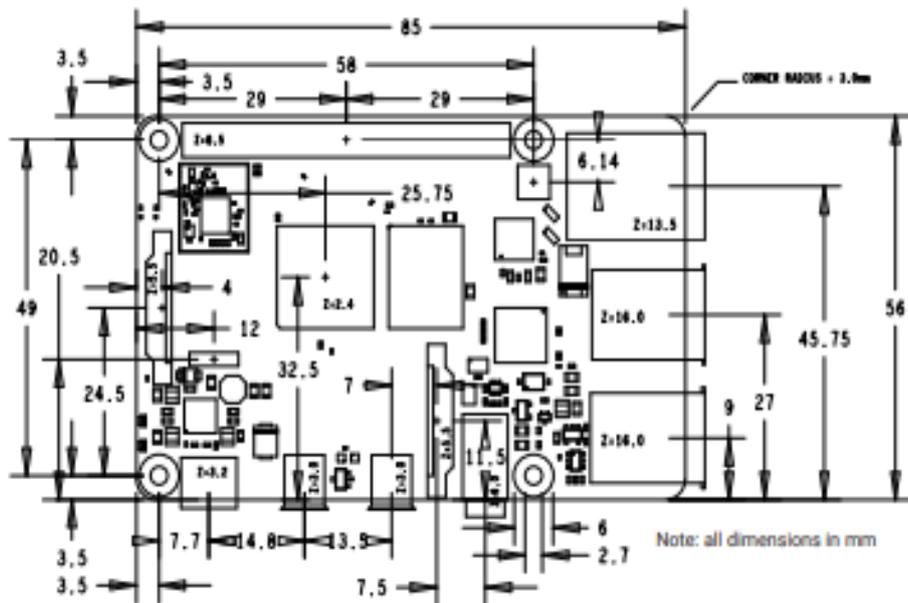
Release Notes

Date	Version	Release notes
2016.04	V1.0	First release.
2016.11	V1.1	Added Appendix B "Learning Resources".
2017.01	V1.2	<ul style="list-style-type: none">• Changed the power consumption during Deep-sleep from 10 μA to 20 μA in Table 5-2.• Changed the crystal frequency range from "26 MHz to 52 MHz" to "24 MHz to 52 MHz" in Section 3.3.• Changed the minimum working voltage from 3.0V to 2.5V.
2017.05	V1.3	Changed the chip's input impedance of 50 Ω to output impedance of 39+j6 Ω .
2017.11	V1.4	Updated Chapter 3 regarding the range of clock amplitude to 0.8 ~ 1.5V; Updated the range of operating voltage to 2.7 ~ 3.6V; Updated the range of VDDPST to 2.7 ~ 3.6V.
2018.04	V1.5	<ul style="list-style-type: none">• Added a note in Chapter 2;• Updated description about CPU in Section 3.1.1.
		<ul style="list-style-type: none">• Update document cover;• Added a note for Table 1-1;• Updated Wi-Fi key features in Section 1.1;• Updated description of the Wi-Fi function in 3.5;• Updated pin layout diagram;• Fixed a typo in Table 2-1;
2018.12	V1.6	<ul style="list-style-type: none">• Removed Section AHB and AHB module;• Restructured Section Power Management;• Fixed a typo in Section UART;• Removed description of transmission angle in Section IR Remote Control;• Added a SPI pin in Table 4-2;• Updated the diagram of packing information;

Anexo B: Datasheet RSPBERRY Pi4

Specification

Processor:	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Memory:	1GB, 2GB or 4GB LPDDR4 (depending on model)
Connectivity:	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports.
GPIO:	Standard 40-pin GPIO header (fully backwards-compatible with previous boards)
Video & sound:	2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported) 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 4-pole stereo audio and composite video port
Multimedia:	H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics
SD card support:	Micro SD card slot for loading operating system and data storage
Input power:	5V DC via USB-C connector (minimum 3A) 5V DC via GPIO header (minimum 3A) Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT)



WARNINGS

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/3A DC or 5.1V/ 3A DC minimum¹. Any external power supply used with the Raspberry Pi 4 Model B shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- This product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface in use and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance and result in damage to the unit and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- Where peripherals are connected that do not include the cable or connector, the cable or connector must offer adequate insulation and operation in order that the relevant performance and safety requirements are met.

SAFETY INSTRUCTIONS

To avoid malfunction or damage to this product please observe the following:

- Do not expose to water, moisture or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose it to heat from any source; Raspberry Pi 4 Model B is designed for reliable operation at normal ambient room temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.

Aexo C: Hoja de datos de SCT013

0.333V Split core current transformer



model: SCT013

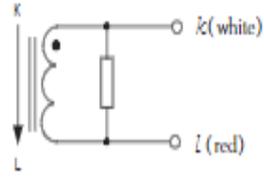
Characteristics:
 Split core, 0.333V output, Built-in with sampling resistance,
 leading wire 1 metre, standardΦ3.5 three core plug output,
 (Patent no.: ZL 2015 3 0060067.X)

Technical index:

Suspended mounting, output with cable
 Operation temperature: -25℃~+70℃
 Storage temperature: -30℃~+90℃
 work voltage: ≤660V
 Work frequency: 50Hz-1KHz
 Dielectric strength: 3.5KV 50Hz 1min



Wiring schematic:



Voltage output type : Built-in with sampling resistance
 Voltage output type : not allowed secondary short circuit
 When the plug without audio frequency,
 the white line is the end of the same name

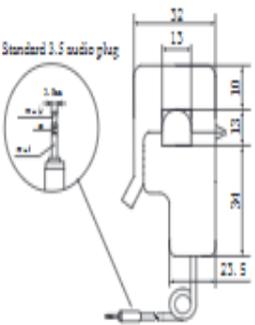
Technical Parameters table:

Rated Input(Effective value)	10 20 30 50 80 100 A
measurement range	20%~120% A
Rated output	0.333 V
Accuracy	±1%
Linearity	±1%
frequency	50~1K Hz
weight	50 g

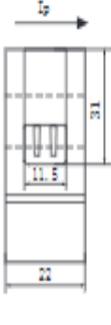
Order Format: model Input output Accuracy
 SCT013/xxA/0.333V/1%

Noted: The rated current ≤100A are the standard product

Outline size: (in:mm):



Front view



Side view

Installation Diagram
 Primary coil through hole method



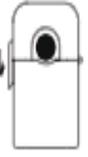
1 open the clamp



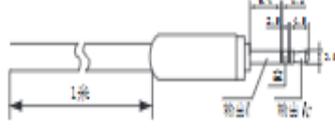
2 make it upper



3 put the primary coil in the hole



4 close the clamp



Standard three core plug schematic diagram

Anexo D: Hoja de datos PZEM 004T

PZEM004T

Arduino communication library for Peacefair PZEM-004T Energy monitor

Serial communication

This module is equipped with TTL serial data communication interface, you can read and set the relevant parameters via the serial port; but if you want to communicate with a device which has USB or RS232 (such as computer), you need to be equipped with different TTL pin board (USB communication needs to be equipped with TTL to USB pin board; RS232 communication needs to be equipped with TTL to RS232 pin board), the specific connection type as shown in Figure. 2. In the below table are the communication protocols of this module:

No	Function	Head	Data1- Data5	Sum
1a	Voltage Req	B0	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the voltage value)	1A
1b	Voltage Resp	A0	00 E6 02 00 00 (Meter reply the voltage value is 230.2V)	88
2a	Current Req	B1	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the current value)	1B
2b	Current Resp	A1	00 11 20 00 00 (Meter reply the current value is 17.32A)	D2
3a	Active power Req	B2	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the active power value)	1C
3b	Active power Resp	A2	08 98 00 00 00 (Meter reply the active power value is 2200w)	42
4a	Read energy Req	B3	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the energy value)	1D
4b	Read energy Resp	A3	01 86 9f 00 00 (Meter reply the energy value is 99999wh)	C9
5a	Set the module address Req	B4	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to set the address, the address is 192.168.1.1)	1E
5b	Set the module address resp	A4	00 00 00 00 00 (Meter reply the address was successfully set)	A4

Illustration of the communication protocol example:

1. Set the communication address: 192.168.1.1

Send command: B4 C0 A8 01 01 00 1E

Reply data: A4 00 00 00 00 00 A4

Note: The above example illustrate that setting the communication address as 192.168.1.1 (the user can set their own address based on their preferences and needs).

Sending commands and replying data automatically are as shown above, the data are expressed in hexadecimal; the last byte of the sending and replying data are 1E and A4, belong to cumulative sum. At sending commands: $B4 + C0 + A8 + 01 + 01 + 00 = 21E$ (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is 21E, take the last two bytes 1E to be used the cumulative sum data in sending commands; data in reply: $A4 + 00 + 00 + 00 + 00 + 00 = A4$ (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is A4, which is the cumulative sum data in reply.

The explanation of the cumulative sum is now finished, the following parameter examples are the same as this, there is no explanation any more.

2. Set the power alarm threshold:20 KW

Send command: B5 C0 A8 01 01 14 33

Reply data: A5 00 00 00 00 00 A5

Note: 14 in the sending command is the alarm value (14 is a hexadecimal data representation, which converted to decimal is 20). What you should note is the power alarm value of this module is based on KW units, which means the minimum alarm value is 1KW, the maximum value is 22KW.

3. Read the current voltage

Send command: B0 C0 A8 01 01 00 1A

Reply data: A0 00 E6 02 00 00 88

Note: Reply voltage data is D1D2D3 = 00 E6 02, 00 E6 represent the integer-bit of the voltage, 02 represent the decimal of the voltage, the decimal is one digit, converts 00 E6 to decimal is 230; converts 02 to decimal is 2, so the current voltage value is 230.2V.

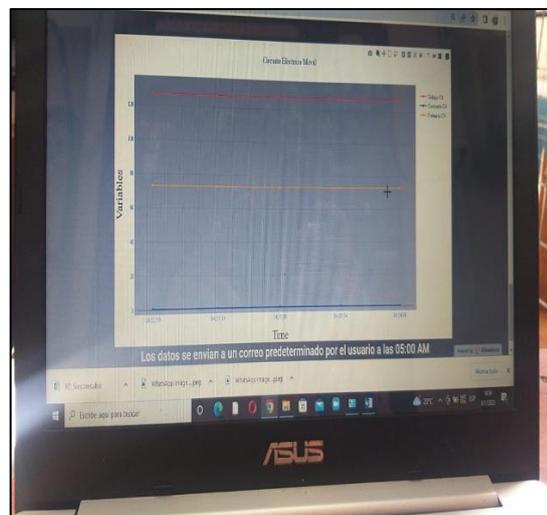
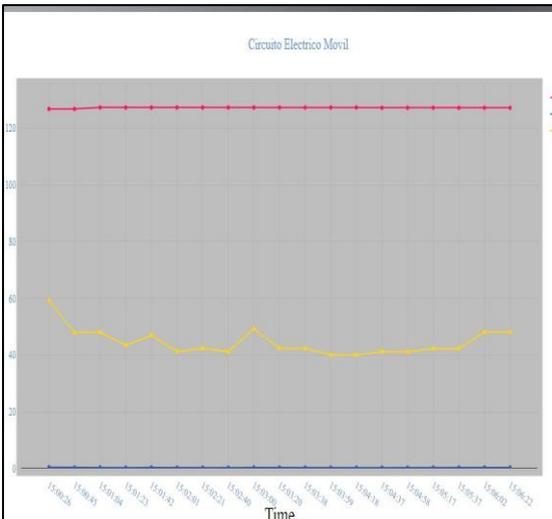
4. Read the current current

Send command: B1 C0 A8 01 01 00 1B

Reply data: A1 00 11 20 00 00 D2

Note: Reply current data is D2D3 = 11 20, 11 represent the integer-bit of the current, 20 represent the decimal of the current, the current decimal is two digits, converts 11 to decimal is 17; converts 20 to decimal is 32, so the current current value is 17.32 A.

Anexo E: Prototipo de un Sistema de medición de consumo eléctrico con módulos ESP 8266 Y 8285 con protocolos Iot.



Anexo F: Aplicación FING, visualización de IP dispositivos

The screenshot shows the FING application interface. At the top, there is a status bar with various icons and the time 12:22. Below the status bar, the app title "Tenda" is displayed with a back arrow and a "RECARGAR" button. A navigation bar contains "Dispositivos" (underlined), "Red", "Seguridad", and "Internet". A yellow banner at the top of the main content area says "Empezar a monitorizar esta red de manera continua" with a close icon. Below this, it indicates "5 dispositivos" and "ahora". The main content area lists five devices with their IP addresses and MAC addresses:

Device Name	IP Address	MAC Address	Manufacturer
Router	192.168.0.1	-	Tenda D301
raspberrypi	192.168.0.50	-	Raspberry Pi
Samsung Galaxy On8	192.168.0.100	-	Samsung Galaxy J8
Genérico	192.168.0.101	16:20:DD:A6:64:1E	-
DESKTOP-1IUUK4VE	192.168.0.103	6C:71:D9:A3:C2:CB	AzureWave Technology

At the bottom of the screen, there is a navigation bar with five icons: a magnifying glass (search), "A-Z" (sort), a list icon (filter), a hamburger menu icon, and a trash can icon.

Anexo G: Código de Python

```
#LIBRERIA MOSQUITO MQTT
import paho.mqtt.client as mqtt # Importar librerias desde protocolo mqtt
#
import os # Importar libreria del sistema operativo
from time import sleep # Importar la librerias para el tiempo
import sys # Imjportar libreria sys para utilizar decimales en las variables
#conecion serial
import serial # importar libreria para utilizar los puertos serie
import time # IMportar la libreria tiempo
import socket # Importar la libreria socket para comunicar aplicaciones
#coneccion base de datos
import MySQLdb # Importar la liobreria MySQLdb para usar la base de datos
#coneccion con realtime
import pyrebase # Importar la libreria para usar la base de datos en linea
#configuracion base de datos
usb = 0
conexion = MySQLdb.connect("localhost","usuar","123456","info_db")
cursor = conexion.cursor()
sql = "select*from datos"
#cursor.execute(sql)
#res = cursor.fetchall()
print("play")
time.sleep(35) # Tiempo de pausa
#####
#Previo inicio a la conexion realtime
config = { # Paquete de credenciales para poder conectar con la base de datos en linea
datos por firebase
"apiKey": "2FJGxP17SZ4tzruVuQRCvwfi3JEBbyw5PuyhH94d",
"authDomain": "medidor-de-corriente-3598e1.firebaseio.com",
"databaseURL": "https://medidor-de-corriente-3598e1.firebaseio.com",
"storageBucket": "medidor-de-corriente-3598e1.appspot.com"
}
# Inicio la conexcion de firebase con las credenciales
firebase = pyrebase.initialize_app(config)
db = firebase.database() # ingreso a la base de datos
#Conexion al puerto serial del ESP
ser = serial.Serial("/dev/ttyUSB0",baudrate=9600) # Asignacion del puerto serie 0 con los
sensores 1-2
ser1 = serial.Serial("/dev/ttyUSB1",baudrate=9600)#sensor 3-4
time.sleep(1)
contador = 0
contador1 = 0
contador2 = 0
contador3 = 0
contador4 = 0
contador5 = 0
#####
voltaje11 = 0.0
voltaje22 = 0.0
voltaje33 = 0.0
voltaje44 = 0.0
```

corriente11 = 0.0
corriente22 = 0.0
corriente33 = 0.0
corriente44 = 0.0
potencia11 = 0.0
potencia22 = 0.0
potencia33 = 0.0
potencia44 = 0.0
energia11 = 0.0
energia22 = 0.0
energia33 = 0.0
energia44 = 0.0
frecuencia11 = 0.0
frecuencia22 = 0.0
frecuencia33 = 0.0
frecuencia44 = 0.0
fpotencia11 = 0.0
fpotencia22 = 0.0
fpotencia33 = 0.0
fpotencia44 = 0.0

voltaje1 = 0.0
voltaje2 = 0.0
voltaje3 = 0.0
voltaje4 = 0.0
corriente = 0.0
corriente1 = 0.0
corriente2 = 0.0
corriente3 = 0.0
corriente4 = 0.0
potencia1 = 0.0
potencia2 = 0.0
potencia3 = 0.0
potencia4 = 0.0
energia1 = 0.0
energia2 = 0.0
energia3 = 0.0
energia4 = 0.0
frecuencia1 = 0.0
frecuencia2 = 0.0
frecuencia3 = 0.0
frecuencia4 = 0.0
fpotencia1 = 0.0
fpotencia2 = 0.0
fpotencia3 = 0.0
fpotencia4 = 0.0
corrientetotal = 0.0
energiatotal = 0.0
corrientetotal1 = 0.0
energiatotal1 = 0.0
movil = "
movilC1 = 0.000
movilV1 = 0.000
movilP1 = 0.000
consumoanterior = 0.000

```

consumom1 = 0.0
rein = 0
rein1 = 0
indicador = 0
cont = 0
inicio = 0
print("Send Data to Firebase Using Raspberry Pi")
print("_____")
print()
db.child("Tablas").remove()
db.child("Tablas1").remove()
db.child("Tablas").remove()
db.child("Voltaje M1").remove()
db.child("Potencia M1").remove()
db.child("Corriente M1").remove()
#CIRCUITO 1
db.child("Voltaje C1").remove()
db.child("Corriente C1").remove()
db.child("Potencia C1").remove()
db.child("Energia C1").remove()
db.child("Frecuencia C1").remove()
db.child("F-Potencia C1").remove()
#CIRCUITO 2
db.child("Voltaje C2").remove()
db.child("Corriente C2").remove()
db.child("Potencia C2").remove()
db.child("Energia C2").remove()
db.child("Frecuencia C2").remove()
db.child("F-Potencia C2").remove()
#CIRCUITO 3
db.child("Voltaje C3").remove()
db.child("Corriente C3").remove()
db.child("Potencia C3").remove()
db.child("Energia C3").remove()
db.child("Frecuencia C3").remove()
db.child("F-Potencia C3").remove()
#CIRCUITO 4
db.child("Voltaje C4").remove()
db.child("Corriente C4").remove()
db.child("Potencia C4").remove()
db.child("Energia C4").remove()
db.child("Frecuencia C4").remove()
db.child("F-Potencia C4").remove()
#VARIABLES TOTALES
db.child("Corriente Total").remove()
db.child("Energia Consumida").remove()
db.child("Voltaje Bifasico").remove()
db.child("Voltaje Monofasico").remove()
#VARIABLE FECHA
db.child("Fecha").remove()
db.child("Hora").remove()
db.child("Horas").remove()
#Lectura del ultimo valor en la base
archivo1 = open("consumo.txt","r")
contenido1 = archivo1.read()

```

```

print(contenido1)
consumoanterior = float (contenido1)
conexion = MySQLdb.connect("localhost","usuar","123456","info_db")
cursor = conexion.cursor()
#sql = "SELECT *FROM datos WHERE cont=(SELECT max(cont) FROM datos)"
sql = "SELECT max(cont) FROM datos"
cursor.execute(sql)
num = cursor.fetchone()
for cont in num:
    print(cont)
conexion.commit()
conexion.close()
while True:
    #Especificacion de hora y fecha para Mariadb
    hora = time.strftime("%H:%M:%S")
    dia = time.strftime("%d/%m/%y")
    if (contador == 0):
        if (contador1 <= 5):
            ser = serial.Serial("/dev/ttyUSB0",baudrate=9600)
            ser.write('s1'.encode('utf-8'))
            read_serial = ser.readline()
            cadena = read_serial[0:4]
            if (cadena == b'1-Vo'):
                voltaje11 = read_serial[11:17]
                print("Voltaje C1:",voltaje11,"V")
                voltaje1 = voltaje11.decode('utf-8')
            elif (cadena == b'1-Cu'):
                corriente11 = read_serial[11:15]
                print("Current C1:",corriente11,"A")
                corriente1 = corriente11.decode('utf-8')
            elif (cadena == b'1-Po'):
                potencia11 = read_serial[9:13]
                print("Power C1:",potencia11,"W")
                potencia1 = potencia11.decode('utf-8')
            elif (cadena == b'1-En'):
                energia11 = read_serial[10:15]
                print("Energia C1:",energia11,"Kwh")
                energia1 = energia11.decode('utf-8')
            elif (cadena == b'1-Fr'):
                frecuencia11 = read_serial[13:17]
                print("Frecuencia C1:",frecuencia11,"Hz")
                frecuencia1 = frecuencia11.decode('utf-8')
            elif (cadena == b'1-PF'):
                fpotencia11 = read_serial[6:10]
                print("F.Potencia C1:",fpotencia11)
                fpotencia1 = fpotencia11.decode('utf-8')
            contador1 = contador1 + 1
        elif (contador1 >= 6):
            contador = 1
            contador1 = 0
            hora1 = time.strftime("%H:%M:%S")
            db.child("Voltaje C1").set(voltaje1) #envio de datos del sensor 1 a realtime
            db.child("Corriente C1").set(corriente1) #envio de datos del sensor 1 a realtime
            db.child("Potencia C1").set(potencia1) #envio de datos del sensor 1 a realtime
            db.child("Energia C1").set(energia1) #envio de datos del sensor 1 a realtime

```

```

db.child("Frecuencia C1").set(frecuencia1) #envio de datos del sensor 1 a realtime
db.child("F-Potencia C1").set(fpotencia1) #envio de datos del sensor 1 a realtime
db.child("Horas").child("Hora1").push(hora1)
print(corriente1)
print ("OK C1")
ser.close()
time.sleep(1)
if(contador == 1):
    if (contador1 <= 5):
        ser = serial.Serial("/dev/ttyUSB0",baudrate=9600)
        ser.write('s2'.encode('utf-8'))
        read_serial = ser.readline()
        cadena1 = read_serial[0:4]
        if (cadena1 == b'2-Vo'):
            voltaje22 = read_serial[11:17]
            print("Voltaje C2:",voltaje22,"V")
            voltaje2 = voltaje22.decode('utf-8')
        elif (cadena1 == b'2-Cu'):
            corriente22 = read_serial[11:15]
            print("Current C2:",corriente22,"A")
            corriente2 = corriente22.decode('utf-8')
        elif (cadena1 == b'2-Po'):
            potencia22 = read_serial[9:13]
            print("Power C2:",potencia22,"W")
            potencia2 = potencia22.decode('utf-8')
        elif (cadena1 == b'2-En'):
            energia22 = read_serial[10:15]
            print("Energia C2:",energia22,"Kwh")
            energia2 = energia22.decode('utf-8')
        elif (cadena1 == b'2-Fr'):
            frecuencia22 = read_serial[13:17]
            print("Frecuencia C2:",frecuencia22,"Hz")
            frecuencia2 = frecuencia22.decode('utf-8')
        elif (cadena1 == b'2-PF'):
            fpotencia22 = read_serial[6:10]
            print("F.Potencia C2:",fpotencia22)
            fpotencia2 = fpotencia22.decode('utf-8')
        contador1 = contador1 +1
    elif(contador1 >= 6):
        contador1 = 0
        contador = 2
        hora2 = time.strftime("%H:%M:%S")
        #CIRCUITO 2
        db.child("Voltaje C2").set(voltaje2) #envio de datos del sensor 1 a realtime
        db.child("Corriente C2").set(corriente2) #envio de datos del sensor 1 a realtime
        db.child("Potencia C2").set(potencia2) #envio de datos del sensor 1 a realtime
        db.child("Energia C2").set(energia2) #envio de datos del sensor 1 a realtime
        db.child("Frecuencia C2").set(frecuencia2) #envio de datos del sensor 1 a realtime
        db.child("F-Potencia C2").set(fpotencia2) #envio de datos del sensor 1 a realtime
        db.child("Horas").child("Hora2").push(hora2)
        print("OK C2")
        ser.close()
        time.sleep(1)
if(contador == 2):
    if (contador1 <= 5):

```

```

ser1.close()
ser1 = serial.Serial("/dev/ttyUSB1",baudrate=9600)
ser1.write('s3'.encode('utf-8'))
read_serial1 = ser1.readline()
cadena2 = read_serial1[0:4]
if (cadena2 == b'3-Vo'):
    voltaje33 = read_serial1[11:17]
    print("Voltaje C3:",voltaje33,"V")
    voltaje3 = voltaje33.decode('utf-8')
elif (cadena2 == b'3-Cu'):
    corriente33 = read_serial1[11:15]
    print("Current C3:",corriente33,"A")
    corriente3 = corriente33.decode('utf-8')
elif (cadena2 == b'3-Po'):
    potencia33 = read_serial1[9:13]
    print("Power C3:",potencia33,"W")
    potencia3 = potencia33.decode('utf-8')
elif (cadena2 == b'3-En'):
    energia33 = read_serial1[10:15]
    print("Energia C3:",energia33,"Kwh")
    energia3 = energia33.decode('utf-8')
elif (cadena2 == b'3-Fr'):
    frecuencia33 = read_serial1[13:17]
    print("Frecuencia C3:",frecuencia33,"Hz")
    frecuencia3 = frecuencia33.decode('utf-8')
elif (cadena2 == b'3-PF'):
    fpotencia33 = read_serial1[6:10]
    print("F.Potencia C3:",fpotencia33)
    fpotencia3 = fpotencia33.decode('utf-8')
    contador1 = contador1 +1
elif(contador1 >= 6):
    contador1 = 0
    contador = 3
    hora3 = time.strftime("%H:%M:%S")
    #CIRCUITO 3
    db.child("Voltaje C3").set(voltaje3) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Corriente C3").set(corriente3) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Potencia C3").set(potencia3) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Energia C3").set(energia3) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Frecuencia C3").set(frecuencia3) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("F-Potencia C3").set(fpotencia3) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Horas").child("Hora3").push(hora3)
    print("OK C3")
    ser1.close()
    time.sleep(1)
if(contador == 3):
    if (contador1 <= 5):
        ser1.close()
        ser1 = serial.Serial("/dev/ttyUSB1",baudrate=9600)
        ser1.flush()
        ser1.write('s4'.encode('utf-8'))
        read_serial1 = ser1.readline()
        cadena3 = read_serial1[0:4]
        if (cadena3 == b'4-Vo'):
            voltaje44 = read_serial1[11:17]

```

```

    print("Voltaje C4:", voltaje44, "V")
    voltaje4 = voltaje44.decode('utf-8')
elif (cadena3 == b'4-Cu'):
    corriente44 = read_serial1[11:15]
    print("Current C4:", corriente44, "A")
    corriente4 = corriente44.decode('utf-8')
elif (cadena3 == b'4-Po'):
    potencia44 = read_serial1[9:13]
    print("Power C4:", potencia44, "W")
    potencia4 = potencia44.decode('utf-8')
elif (cadena3 == b'4-En'):
    energia44 = read_serial1[10:15]
    print("Energia C4:", energia44, "Kwh")
    energia4 = energia44.decode('utf-8')
elif (cadena3 == b'4-Fr'):
    frecuencia44 = read_serial1[13:17]
    print("Frecuencia C4:", frecuencia44, "Hz")
    frecuencia4 = frecuencia44.decode('utf-8')
elif (cadena3 == b'4-PF'):
    fpotencia44 = read_serial1[6:10]
    print("F.Potencia C4:", fpotencia44)
    fpotencia4 = fpotencia44.decode('utf-8')
    contador1 = contador1 + 1
elif(contador1 >= 6):
    contador1 = 0
    contador = 4
    hora4 = time.strftime("%H:%M:%S")
    #CIRCUITO 4
    db.child("Voltaje C4").set(voltaje4) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Corriente C4").set(corriente4) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Potencia C4").set(potencia4) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Energia C4").set(energia4) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Frecuencia C4").set(frecuencia4) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("F-Potencia C4").set(fpotencia4) #envio de datos del sensor 1 a realtime
    db.child("Horas").child("Hora4").push(hora4)
    print("OK C4")
    ser1.close()
    time.sleep(1)
if(contador == 4):
    contador = 5
    def on_connect(client, userdata, flags, rc):
        print("Connected with result code "+str(rc))
        client.subscribe("casa/salon/temperatura")
    def on_message(client, userdata, message):
        movil = str(message.payload)
        print(movil)
        movilV1 = voltaje1
        movilV1 = (float(movilV1))
        #movil1 = str(message.payload)
        movilC = movil[10:15]
        movilC1 = (float(movilC))/100.
        #movilV = movil[19:24]
        #movilV1 = (float(movilV))/100
        movilP1 = movilC1*movilV1*0.9
        consumom1 = movilP1/120

```

```

#VARIABLES DEL DISPOSITIVO MOVIL
if (movilC1 >= 0.0001):
    db.child("Corriente M1").set(movilC1)
    db.child("Tablas1").child("CorrienteM1").push(movilC1)
if (movilV1 >= 0.0001 ):
    db.child("Voltaje M1").set(movilV1)
    db.child("Potencia M1").set(movilP1)
    #PARA LOS GRAFICOS
    #db.child("Tablas1").child("CorrienteM1").push(movilC1)
    db.child("Tablas1").child("VoltajeM1").push(movilV1)
    db.child("Tablas1").child("PotenciaM1").push(movilP1)

print("Current M1:",movilC1,"A")
print("Voltaje M1:",movilV1,"V")
print("PotenciaP1",movilP1,"W")
print ("OK M1")
#return (movilC1,movilV1)
def main():
    mqtt_client = mqtt.Client()
    mqtt_client.on_connect = on_connect
    mqtt_client.on_message = on_message
    mqtt_client.connect('localhost', 1883, 60)
    mqtt_client.loop_start()
if __name__ == '__main__':
    main()
if(contador == 5):
    contador = 6
    ser.close()
    ser1.close()
    energiatotal =
consumoanterior+float(energia1)+float(energia2)+float(energia3)+float(energia4)+consumo
m1
    energiatotal1 = round (energiatotal, 4)

corrientetotal=float(corriente1)+float(corriente2)+float(corriente3)+float(corriente4)+float(mov
ilC1)
    corrientetotal1 = round (corrientetotal, 4)
    #Base de datos local
    lista = [dia,hora,voltaje1,corriente1,potencia1,energia1,frecuencia1,fpotencia1,
            voltaje2,corriente2,potencia2,energia2,frecuencia2,fpotencia2,
            voltaje3,corriente3,potencia3,energia3,frecuencia3,fpotencia3,
            voltaje4,corriente4,potencia4,energia1,frecuencia4,fpotencia4,movilC1,movilV1,movilP1]

    lista1 = str(lista)
    archivo = open("historial.txt","a")
    archivo.write(lista1 + '\n')
    archivo.close()

    lista2 = str(energiatotal1)
    archivo2 = open("consumo.txt","w")
    archivo2.write(lista2 + '\n')
    archivo2.close()
#VARIABLES TOTALES
db.child("Corriente Total").set(corrientetotal1) #envio de datos del sensor 1 a realtime

```

```

db.child("Energia Consumida").set(energiatotal1) #envio de datos del sensor 1 a
realtime
db.child("Voltaje Bifasico").set(voltaje3) #envio de datos del sensor 1 a realtime
db.child("Voltaje Monofasico").set(voltaje1) #envio de datos del sensor 1 a realtime
db.child("Voltaje M1").set(movilV1)
db.child("Potencia M1").set(movilP1)
db.child("Corriente M1").set(movilC1)
#VARIABLE FECHA
db.child("Fecha").set(dia) #envio de datos del sensor 1 a realtime
#Grafica totales
if (rein < 25):
  rein = rein +1
  db.child("Tablas").child("Energia").push(energiatotal1)
  db.child("Tablas").child("Voltajemono").push(voltaje1)
  db.child("Tablas").child("Voltajebi").push(voltaje3)
  db.child("Tablas").child("Corriente").push(corrientetotal1)
  db.child("Tablas").child("factorp").push(fpotencia4)
  db.child("Tablas").child("Hora").push(hora)
else :
  rein = 0
  inicio = inicio +1
  db.child("Tablas").remove()
  db.child("Voltaje M1").remove()
  db.child("Potencia M1").remove()
  db.child("Corriente M1").remove()
  db.child("Voltaje C1").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Corriente C1").remove()#envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Potencia C1").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Energia C1").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Frecuencia C1").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("F-Potencia C1").remove()
  db.child("Voltaje C2").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Corriente C2").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Potencia C2").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Energia C2").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Frecuencia C2").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("F-Potencia C2").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Voltaje C3").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Corriente C3").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Potencia C3").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Energia C3").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Frecuencia C3").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("F-Potencia C3").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Voltaje C4").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Corriente C4").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Potencia C4").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Energia C4").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Frecuencia C4").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("F-Potencia C4").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Corriente Total").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Energia Consumida").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Voltaje Bifasico").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Voltaje Monofasico").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Fecha").remove() #envio de datos del sensor 1 a realtime
  db.child("Horas").remove()

```

```

if(inicio == 6):
    os.system("sudo reboot")
    ser.close()
    ser1.close()
if (rein1 < 25):
    rein1 = rein1 +1
    #Primer Circuito
    db.child("Tablas1").child("Hora1").push(hora)
    db.child("Tablas1").child("VoltajeC1").push(voltaje1)
    db.child("Tablas1").child("CorrienteC1").push(corriente1)
    db.child("Tablas1").child("PotenciaC1").push(potencia1)
    db.child("Tablas1").child("EnergiaC1").push(energia1)
    db.child("Tablas1").child("F-PotenciaC1").push(fpotencia1)
    #Segundo Circuito
    db.child("Tablas1").child("VoltajeC2").push(voltaje2)
    db.child("Tablas1").child("CorrienteC2").push(corriente2)
    db.child("Tablas1").child("PotenciaC2").push(potencia2)
    db.child("Tablas1").child("EnergiaC2").push(energia2)
    db.child("Tablas1").child("F-PotenciaC2").push(fpotencia2)
    #Tercer Circuito
    db.child("Tablas1").child("VoltajeC3").push(voltaje3)
    db.child("Tablas1").child("CorrienteC3").push(corriente3)
    db.child("Tablas1").child("PotenciaC3").push(potencia3)
    db.child("Tablas1").child("EnergiaC3").push(energia3)
    db.child("Tablas1").child("F-PotenciaC3").push(fpotencia3)
    #Cuarto Circuito
    db.child("Tablas1").child("VoltajeC4").push(voltaje4)
    db.child("Tablas1").child("CorrienteC4").push(corriente4)
    db.child("Tablas1").child("PotenciaC4").push(potencia4)
    db.child("Tablas1").child("EnergiaC4").push(energia4)
    db.child("Tablas1").child("F-PotenciaC4").push(fpotencia4)
else :
    rein1 = 0
    db.child("Tablas1").remove()
    time.sleep(1)
print("OK VT")
if(contador==6):
    ser.close()
    ser1.close()
    contador = 0
    cont = cont + 1
    conexion = MySQLdb.connect("localhost","usuar","123456","info_db")
    cursor = conexion.cursor()
    #Base de datos en linea
    listado = (cont,dia,hora,voltaje1,corriente1,potencia1,energia1,frecuencia1,fpotencia1,
        voltaje2,corriente2,potencia2,energia2,frecuencia2,fpotencia2,
        voltaje3,corriente3,potencia3,energia3,frecuencia3,fpotencia3,
        voltaje4,corriente4,potencia4,energia1,frecuencia4,fpotencia4,movilC1,movilV1,movilP1)
    sql="insert into datos VALUES (%s, %s, %s)"
    cursor.execute(sql,listado)
    conexion.commit()
    conexion.close()
    print("OK MYSQL")

```