



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**Diseño y construcción de un prototipo de un sistema de medida, supervisión  
y análisis de consumo y calidad de energía en una edificación.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN.**

**AUTOR:** Rivera Álvarez, Anderson Nixon

**DIRECTOR:** Castillo Calvas, Tuesman Daniel, Mgtr.

**LOJA – ECUADOR**

**2019**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2019

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Mgtr.

Tuesman Daniel Castillo Calvas.

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un sistema de medida, supervisión y análisis de consumo y calidad de energía en una edificación**, realizado por **Anderson Nixon Rivera Álvarez**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, julio de 2019

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo **Anderson Nixon Rivera Álvarez**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: “Diseño y construcción de un sistema de medida, supervisión y análisis de consumo y calidad de energía en una edificación”, de la Titulación de Electrónica y Telecomunicaciones, siendo **Tuesman Daniel Castillo Calvas** director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f. ....

Autor: Rivera Álvarez Anderson Nixon

Cédula: 1900751064

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con todo mi amor principalmente a Dios y a la virgen del Cisne, quien inspiraron mi espíritu para la realización del presente estudio. Brindándome salud y bendiciones para alcanzar esta gran meta propuesta. A mis padres; Lic. Marianita Álvarez, y Lic. Luis Rivera; siendo un pilar fundamental en mi vida llenándome de confianza y amor. Agradecido con ellos por inculcar en mi persona, esfuerzo, valentía y grandes valores. Siendo de gran motivación y apoyo en cada etapa de mi vida. A mis hermanos Edwin Rivera, Israel Rivera, que me regalaron apoyo y cariño incondicional, han estado conmigo en todo momento, alentándome para ser cada día mejor. A Gabriela Aguilar, por ser mi compañera de vida, mi complemento fundamental por estar presente en todo momento, motivándome y ayudándome con cada muestra de cariño y amor. A mis amigos y compañeros que, en esta trayectoria, se cultivó una bonita amistad.

***Anderson Nixon***

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí. Por sus consejos llenos de amor y sabiduría inspirados en el amor de Dios.

A mi familia, amigos y compañeros que de manera directa o indirecta realizaron su pequeño aporte de confianza, amistad y compañerismo. Siendo partícipes de este gran proceso.

A la universidad técnica particular de Loja que día a día, orienta a sus estudiantes en las aulas del conocimiento.

A los docentes de la carrera de ingeniería de electrónica y telecomunicaciones por brindar sus conocimientos en cada ciclo académico brindando un granito de arena de sabiduría y experiencia.

Agradeciendo de manera especial al ingeniero Tuesman Castillo, quien brindó su confianza para la realización del presente trabajo, así como la disposición de su tiempo para la correcta guía y ejecución del trabajo de investigación.

***Anderson Nixon***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
<b>Objetivo General</b> .....	<b>4</b>
<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>4</b>
CAPÍTULO I.....	5
<b>1.1 Introducción</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2 Prototipos y sistemas de gestión de energía.</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3 Descripción de SGE desarrollados en la UTPL.</b> .....	<b>8</b>
1.3.1 Sistema para el control y consumo de energía eléctrica para dispositivos domésticos ....	8
1.3.2 Hub de medición de consumo de energía eléctrica para uso doméstico. ....	12
<b>1.4 Análisis para la optimización de los sistemas</b> .....	<b>15</b>
1.4.1 Sensor voltaje ZMPT101B .....	15
1.4.2 Módulo ESP32-WROOM V1.....	16
CAPÍTULO II .....	17
<b>2.1 Introducción</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2 Parámetros de CA (Corriente alterna).</b> .....	<b>18</b>
2.2.1 Voltaje.....	18
2.2.2 Corriente .....	21
2.2.3 Tipos de corriente alterna .....	23
2.2.4 Consumo eléctrico .....	24
<b>2.3 Conceptos de Potencia.</b> .....	<b>25</b>
2.3.1 Factor de potencia.....	25
2.3.2 Potencia Aparente (S).....	25
2.3.3 Potencia Activa (P).....	26

2.3.4	Potencia Reactiva (Q) .....	26
<b>2.4</b>	<b>Tipos de Cargas.....</b>	<b>26</b>
2.4.1	Cargas resistivas.....	27
2.4.2	Cargas capacitivas.....	28
2.4.3	Cargas inductivas. ....	28
<b>2.5</b>	<b>Calidad de energía.....</b>	<b>29</b>
2.5.1	Definición de calidad de energía. ....	29
2.5.2	Importancia de calidad de energía. ....	29
2.5.3	Beneficios de calidad de energía. ....	30
2.5.4	THD .....	30
2.5.5	Desbalance.....	31
2.5.6	Desequilibrio tensión.....	31
<b>2.5</b>	<b>Medidores de consumo eléctrico. ....</b>	<b>32</b>
2.5.1	Distribución medidor individual .....	32
2.5.2	Distribución en tablero eléctrico .....	32
2.5.3	Medidores individuales de consumo eléctrico.....	32
2.5.4	Indicadores de consumo conectados al tablero eléctrico.....	33
CAPÍTULO III .....		34
<b>3.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Diagrama general del sistema. ....</b>	<b>35</b>
<b>3.3</b>	<b>Sensor de corriente del HUB de medición.....</b>	<b>36</b>
3.3.1	Especificaciones sensor corriente SCT-013 .....	36
3.3.2	Funcionalidad sensor corriente. ....	38
<b>3.4</b>	<b>Transformador de voltaje AC 110V.....</b>	<b>38</b>
3.4.1	Circuito divisor de voltaje .....	39
3.4.2	Transformador de voltaje AC-ZMPT101B.....	39
3.4.3	Configuración sensor AC ZMPT101B .....	41
<b>3.5</b>	<b>Prediseño HUB de medición de energía. ....</b>	<b>43</b>
3.5.1	Detección cruce por cero (voltaje-corriente). ....	44
3.5.2	Prediseño simulación.....	46
3.5.3	Circuito impreso. ....	47
3.5.4	Montaje de componentes. ....	48
3.5.5	Integración prototipo final. ....	48
<b>3.6</b>	<b>Comunicación y envío de datos. ....</b>	<b>49</b>



3.6.1	Tipos de redes.....	50
3.6.2	Configuración modo AP (Acces Point) ESP32. ....	51
3.6.3	Datos de conexión. ....	52
3.6.4	Aplicación desarrollo Android Studio. ....	53
3.6.5	Diagrama de proceso aplicación.....	53
3.6.6	Interfaz aplicación.....	54
<b>3.7</b>	<b>IoT actualidad e importancia.....</b>	<b>55</b>
CAPÍTULO IV .....		56
<b>4.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>57</b>
<b>4.2</b>	<b>Pruebas prototipo final.....</b>	<b>57</b>
4.2.1	Preparación zona de pruebas. ....	57
4.2.2	Monitoreo de variable voltaje. ....	58
4.2.3	Calidad de energía, factor de potencia.....	59
4.2.4	Consumo tiempo real. ....	62
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>65</b>
ANEXOS .....		69
<b>ANEXO A.....</b>		<b>70</b>
<b>ANEXO B.....</b>		<b>71</b>
<b>ANEXO B.....</b>		<b>72</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red local de almacenamiento .....	8
Figura 2. Control remoto, visualización información .....	9
Figura 3. NodeMCU ESP8266 .....	10
Figura 4. Sensor de corriente ACS712 .....	11
Figura 5. Módulo Relé .....	11
Figura 6. Conexión ACS712 con nodeMCU.....	12
Figura 7. Conexión general del sistema.....	12
Figura 8. Esquema general (medidor inteligente).....	13
Figura 9. Diagrama de bloques, funcionamiento del sistema .....	13
Figura 10. Medidor inteligente con la placa nodeMCU esp8266.....	13
Figura 11. Funcionamiento medidor inteligente nodeMCU esp8266.....	14
Figura 12. Esquema conexión medidor inteligente.....	14
Figura 13. Sensor voltaje ZMPT101B.....	15
Figura 14. Placa de desarrollo para ESP32 NodeMcu-32 .....	16
Figura 15. Onda de voltaje en relación al tiempo .....	19
Figura 16. Esquema corriente alterna monofásica .....	23
Figura 17. Desfase corriente alterna trifásica. ....	24
Figura 18. Relación factor de potencia.....	25
Figura 19. Comportamiento carga resistiva .....	27
Figura 20. Carga resistiva, potencia instantánea. ....	27
Figura 21. Carga capacitiva, potencia instantánea.....	28
Figura 22. Diagrama general sistema de monitoreo energético.....	35
Figura 23. Sensor current SCT-013-030.....	37
Figura 24. Sensor corriente, vista interior.....	38
Figura 25. Esquema circuito divisor de voltaje.....	39
Figura 26. Módulo transformador de voltaje.....	40
Figura 27. Conexión sensor transformador con NODEM ESP32 .....	42
Figura 28. Fuente de poder DC PWS2000. ....	42
Figura 29. Onda sinusoidal, 5 VAC.....	43
Figura 30. Pruebas del monitor de energía.....	43
Figura 31. Prediseño analizador de energía. ....	44
Figura 32. Circuito detector cruce por cero. ....	45
Figura 33. Módulo conversor ADS1115.....	45
Figura 34. Prediseño del circuito en proteus 8.0. ....	46
Figura 35. Diseño de pistas de circuito ISIS (PROTEUS 8.0).....	46
Figura 36. Vista en 3D, simulación pistas. ....	47
Figura 37. Circuito diseñado, impreso método planchado. ....	47
Figura 38. Integración de componentes utilizados al prototipo. ....	48
Figura 39. Vista espacial, caja de prototipo .....	48
Figura 40. Vista posterior y lateral, diseño prototipo. ....	49
Figura 41. Prototipo final, material acrílico.....	49
Figura 42. Redes LAN.....	50
Figura 43. Redes de área amplia (WAN).....	50

Figura 44. Configuración (AP) módulo ESP32,.....	51
Figura 45. Nombre de red creada. ....	52
Figura 46. Diagrama proceso general de aplicación. ....	53
Figura 47. Interfaz logotipo aplicación. ....	54
Figura 48. Visualización de parámetros a monitorear .....	54
Figura 49. Base de datos voltaje y corriente. ....	55
Figura 50. Preparación supresora de picos, para pruebas. ....	57
Figura 51. Indicador de voltaje Emon-GC.....	58
Figura 52. Comprobación de voltaje rms, con multímetro. ....	58
Figura 53. Plancha convencional (carga resistiva).....	59
Figura 54. Comportamiento carga resistiva. ....	60
Figura 55. Foco ahorrador (carga inductiva) .....	60
Figura 56. Foco ahorrador (carga inductiva) .....	61
Figura 57. Comportamiento, carga inductiva/resistiva.....	61
Figura 58. Interfaz consumo, aplicación Emon-GC.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros del sensor corriente.....	11
Tabla 2. Especificación sensor corriente SCT-013 .....	37
Tabla 3. Especificaciones módulo transformador de voltaje .....	41

## **RESUMEN.**

Para conocer el consumo promedio y la calidad de energía de una vivienda o una edificación, se necesita monitorear y suministrar señales de corriente y tensión en tiempo real. Para el análisis de estas señales, se usa el aplicativo móvil "Monitor Energy" que recibe la información que se programó en la placa ESP32 que incluye módulo WI-FI para el envío y recepción de datos. Con la información adquirida por los sensores de corriente y voltaje y los procesos realizados en la placa ESP32, se puede efectuar un sinnúmero de soluciones para reducir el consumo promedio. Además, las señales obtenidas sirven para comprender el factor de potencia y realizar una diferenciación de los tipos de cargas que se conectan a la red (resistivas, capacitivas, inductivas). Una solución efectiva y precisa para empresas, instituciones y hogares que necesiten determinar la calidad de energía y el consumo promedio en kW/h en tiempo real.

**PALABRAS CLAVES:** consumo, calidad, placa ESP32, aplicativo móvil, voltaje, corriente, factor de potencia.

## ABSTRACT

To know the average consumption and the quality of the energy of a house or a building, it is necessary to monitor and provide current and voltage signals in real time. For the analysis of these signals, the mobile application "Monitor Energy" is used, which receives the information that was programmed on the ESP32 board that includes a Wi-Fi module for sending and receiving data. With the information acquired by the current and voltage sensors and the processes carried out in the ESP32 board, a number of solutions can be made to reduce the average consumption. In addition, the signals serve to understand the power factor and a differentiation is made of the types of loads that are connected to the network (resistive, capacitive, inductive). An effective and precise solution for companies, institutions and households that need to determine the quality of energy and the average consumption in kW/h in real time.

**KEYWORDS:** consumption, quality, ESP32 board, mobile application, voltage, current, power factor.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo de energía eléctrica es un tema de gran importancia, por lo que concientiza a las personas a usar de mejor manera este recurso y con ello poder lograr eficiencia y productividad. El consumo masivo de la energía, ha motivado a tener más alternativas para la generación y distribución de este recurso, un claro ejemplar es la energía renovable que hace uso de recursos naturales que no se pueden agotar. El descuido inconsciente del correcto aprovechamiento eléctrico genera varios inconvenientes; entre ellos, costos elevados en las planillas mensuales. Sin embargo, estos problemas pueden ser solucionados, para reducir en cierto porcentaje los costos del servicio eléctrico. Se debe recalcar que la solución, no es solamente para empresas grandes o instituciones, sino para cualquier usuario que necesite monitorear y suministrar señales de corriente y tensión en tiempo real, para determinar la calidad de las señales y poder determinar el consumo promedio.

Los beneficios de supervisar y analizar el consumo de energía son varios, entre ellos se tiene seguridad, ya que se garantiza el cumplimiento de las normas existentes respecto a la calidad energética. Además, con los datos obtenidos y el análisis realizado se puede efectuar un sinnúmero de soluciones que permitan aprovechar de mejor manera el recurso energético y así poder disminuir el costo de las planillas mensuales. Es por ello, y gracias al avance de la tecnología, existen dispositivos comerciales llamados analizadores de energía, que son accesibles y fáciles de utilizar posicionándose como una gran opción para monitorear el consumo eléctrico.

En lo que respecta sistemas de medida y supervisión de calidad de energía se han realizado diversos prototipos como trabajos de investigación y se los ha validado con prototipos comerciales existentes en el mercado. La presente investigación tiene como propósito la integración de estos sistemas desarrollados en la Universidad Técnica Particular de Loja, que realizarán un proceso previamente programado para cuantificar un promedio de cuanto consume un usuario del servicio de energía eléctrica; con ello el usuario podrá conectar o desconectar el dispositivo que no utiliza del sistema eléctrico. Además, los datos de consumo podrán ser visualizados en tiempo real mediante una herramienta de software en la cual se podrá controlar remotamente desde una conexión de red. La misión de esta investigación es crear una iniciativa que concientice a las personas sobre el desperdicio involuntario del consumo energético, a través de la visualización y cuantificación del consumo de energía eléctrica en tiempo real.

## Objetivo General

Diseñar y construir un sistema de medición, supervisión y análisis de consumo y calidad de energía en una edificación.

## Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema de monitoreo integrando los prototipos existentes en la titulación de Electrónica y telecomunicaciones.
- Construir el sistema de medición y validarlo con un equipo de precisión
- Diseñar e implementar el sistema de análisis de variables en un aplicativo móvil.



**CAPÍTULO I**  
**ESTADO DEL ARTE SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA**

## **1.1 Introducción**

El presente capítulo es una recopilación de trabajos de investigación desarrollados en distintas universidades, que tratan sobre sistemas de monitoreo y calidad de energía. Existen diversas soluciones y tecnologías con las que se puede trabajar, simplemente difieren en la capacidad y el precio de cada dispositivo a utilizar. Además, se analiza directamente dos prototipos desarrollados en la UTPL, determinando la descripción de cada sistema y el funcionamiento. Con el análisis respectivo se busca plantear propuestas para optimizar de alguna manera los sistemas anteriormente desarrollados.

## **1.2 Prototipos y sistemas de gestión de energía.**

En, (Brito E. & Campoverde E., 2014) presentan, el diseño e implementación de un analizador de calidad de energía de alto desempeño, basado en tecnología CompactRIO FPGA. El cual valora la arquitectura de software y hardware que se aplica a un prototipo que realiza un análisis de calidad energética, PQA para circuitos trifásicos. El sistema embebido está integrado con un controlador CompactRIO, y desarrollado con tres algoritmos que se ejecutan en: FPGA, procesador Real-Time y Host. El FPGA procesa los algoritmos de adquisición de señales eléctricas, las funciones de cálculo en cambio las ejecuta el procesador, y para poder almacenar, graficar y visualizar las variables el host las realiza mediante rutinas. Las pruebas del prototipo fueron realizadas en el edificio UGTI-UTPL midiendo los parámetros eléctricos correspondientes además se utilizó como instrumento de referencia un Fluke 435 y el prototipo PAQ.

Se presenta en 2018 el trabajo de titulación de (Moreno Q., 2018) que mide y realiza un control del consumo promedio de energía eléctrica directamente para dispositivos domésticos. Entre las ventajas que se pueden acotar en el presente sistema es brindar información y seguridad al usuario, la función principal es controlar la desconexión y conexión de los equipos conectados a los enchufes del hogar, y estimar el consumo eléctrico en tiempo real. Para lograr un monitoreo con los dispositivos del hogar, primero se toma la señal eléctrica que circula en cualquier dispositivo que se encuentre conectado, se determina la señal y se realiza un algoritmo que calcule la potencia y consumo eléctrico. Los datos serán observados en un dispositivo móvil o un computador, gracias al servidor web realizado, que presenta datos y lecturas en tiempo real, utilizando tecnología base de datos mysql.

En 2018 se presenta un Hub de medición del consumo promedio de energía netamente para uso doméstico de una red monofásica. El presente sistema envía los datos obtenidos a una plataforma web a través de una conexión red inalámbrica WI-FI. El sistema realiza las

mediciones correspondientes a potencias y al consumo eléctrico de una vivienda en el cual se realiza las pruebas. La programación se la realizó, en la placa nodeMCU esp8266 ya que es funcional y económica, también se utiliza un divisor de voltaje conectado a un transformador a 12 voltios AC para finalmente ser conectado a un ADC. Se usó un sensor tipo pinza para medir corriente ya que este instrumento no es invasivo. (Pérez A., 2018).

(Peláez A. & Jiménez P., 2018) presentó como trabajo de titulación un sistema de medición y monitoreo del consumo de energía por circuitos en el hogar, mediante tecnología de comunicación por línea de potencia, lo realizaron creando una red local combinando protocolos de comunicación PLC (comunicación por línea de potencia) y TCP/IP. Además, para la supervisión y adquisición de los parámetros de energía, realizaron una aplicación para monitorear los datos obtenidos en tiempo real.

En el trabajo de titulación de (Valencia M., 2016) se diseña un prototipo analizador de calidad de energía eléctrica, basándose en algoritmos de procesamiento digital de señales, haciendo uso de un microcontrolador CORTEX-ARM. El prototipo se basa en algoritmos matemáticos como Fourier, convolución en frecuencia y métodos estadísticos. El sistema es capaz de almacenar y enviar cada evento de medición a un dispositivo mediante Bluetooth.

En (Nuñez B., Romero E., & Salazar G., 2016) presentaron el trabajo de titulación referente a un sistema de monitoreo del consumo de la energía eléctrica por medio de una aplicación Android. Consiste en el diseño de un prototipo capaz de funcionar como instrumento de medición de los parámetros eléctricos que cualquier medidor de energía eléctrica convencional es capaz de hacer, sin embargo, lo novedoso del proyecto planeado, es que tiene la peculiaridad de transmitir esta información a través de WI-FI hasta cada uno de los dispositivos móviles. La aplicación será capaz de exhibir los valores de la magnitud de los parámetros consumo de energía eléctrica, según el dimensionamiento de la carga instalada en la residencia y la tarifa a la que corresponda el consumidor de dicho servicio.

Este prototipo que funciona como instrumento de medición, tensión, corriente, potencia, factor de potencia y consumo de energía, está compuesto por un circuito transductor de corriente, un circuito transductor de voltaje, un circuito regulador de voltaje a 3.3 volt, un módulo WI-FI modelo ESP8266 y por supuesto el microcontrolador que se empleó el Atmega328P, que se encuentra montado sobre la placa Arduino UNO R3 (Nuñez B. et al., 2016)

El trabajo presentado en 2014 se basa en, un sistema de medición de consumo de potencia en una red eléctrica monofásica, capaz de analizar y alertar las principales fallas eléctricas y registrar el consumo de energía a partir del análisis de las señales de corriente y voltaje, estas fueron llevadas del tiempo continuo al discreto por medio de la digitalización. Además, se

presentó un prototipo que mostro la forma de onda de las señales y el valor de la potencia consumida de una carga eléctrica. Este diseño fue posible a través del desarrollo de los dos ejes de modelamiento planteados para esta tesis que son: El análisis fasorial y la transformada rápida de Fourier (Muñoz L., 2014).

La Transformada Rápida de Fourier, la cual permite hallar el espectro en frecuencia de una señal, con lo que se puede detectar un transitorio de voltaje, sobretensión, atenuación, corte de energía, entre otras alteraciones que perturban la calidad de energía eléctrica que a lo largo del tiempo pueden generar mayor consumo, lo que conlleva a la insatisfacción de los usuarios, que sienten que a pesar de que realizan un control exhaustivo del consumo de energía eléctrica, aun presentan problemas en la facturación, casos cotidianos que suceden en instalaciones domiciliarias y/o medianas y pequeñas industrias (Muñoz L., 2014).

### **1.3 Descripción de SGE desarrollados en la UTPL.**

#### **1.3.1 Sistema para el control y consumo de energía eléctrica para dispositivos domésticos**

El prototipo desarrollado por (Moreno Q., 2018) administra de forma remota los dispositivos que se encuentren conectados, para realizar la desconexión y conexión de manera inalámbrica, esta acción se la puede ejecutar en cualquier lugar donde se encuentre el usuario. La investigación desarrollada genera alternativas que se introducen en los conceptos de Smart home y domótica. Se utiliza para la comunicación inalámbrica WI-FI, debido al crecimiento y aceptación que esta tecnología tiene, además por el servicio global de internet que ofrece.

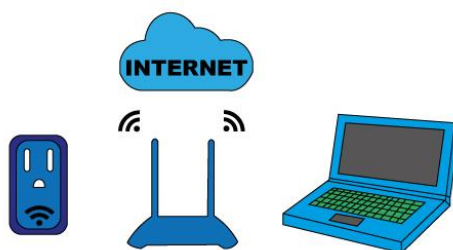


Figura 1. Red local de conexión y envío de datos  
Fuente:(Moreno Q., 2018)  
Elaboración:(Moreno Q., 2018)

En la Figura 1, previamente se configuró un punto de acceso para realizar la comunicación del enchufe conectado de manera individual con cualquier ordenador configurado para la recolección de datos. La función principal que realizará el enchufe inteligente es recolectar toda la información necesaria de la red eléctrica y enviarla a un ordenador. La base de datos

se encuentra en el ordenador almacenando la información de las señales obtenidas para ser analizadas. El enchufe inteligente se forma principalmente por un punto central que realiza las funciones más importantes como encender o desconectar cualquier dispositivo de la red eléctrica. El sensor de corriente ubicado de manera independiente realiza la función de medir el flujo de corriente eléctrica de cada dispositivo conectado, es por ello que está integrado un módulo relé para controlar el flujo de corriente. Finalmente, con un módulo WI-FI se envía información de los datos obtenidos (Moreno Q., 2018).

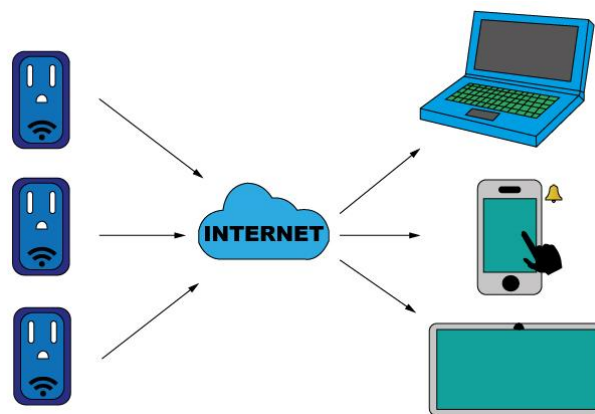


Figura 2. Control remoto, visualización información  
Fuente: (Moreno Q., 2018)  
Elaboración: (Moreno Q., 2018)

### **Placa de programación ESP8266**

La placa ESP8266, usualmente es utilizada para crear proyectos con la finalidad que puedan hacer uso del internet y enviar y recibir información siendo una opción muy económica. Entre las ventajas que se puede destacar de este microcontrolador es su interfaz en lo que respecta a desarrollo que es gratuita y abierta a nivel de hardware y software. En lo que respecta a sistemas inalámbricos se posee como una gran opción para trabajar. Controlando así los pines de manera remota e inalámbrica.

La placa ESP8266 se integra dentro de un conjunto embebido. El procesador es el encargado de realizar la gestión en lo que respecta a entradas y salidas. Los cálculos para que funcionen los programas se realizan en la MCU. Teniendo una velocidad de operatividad de 80MHz, llegando hasta los 160MHz.

Trabajar con el ESP8266, es una gran experiencia ya que esta placa lo tiene todo, se hace referencia a utilizar un ordenador. Sin embargo, necesita una memoria interna para almacenar los programas que se trabajan.

A continuación, se nombra sus principales características.

- Integra en la placa un módulo WI-FI con frecuencia 2.4 GHz
- Su memoria RAM es aproximadamente de 50 kB
- Su MCU es de bajo consumo siendo de 32-bit.
- Pines GPIO 17 tanto de entrada como de salida.
- Conversor ADC (señal analógica 10-bit).

Para el almacenamiento de sketches o programas el módulo consta de memoria flash. Para acceder al ESP-12 integrado en la placa existe un cableado interno desde el ESP8266 lo cual facilita su acceso.

Adicionalmente se menciona a continuación sus características:

- Pines utilizados para alimentar sensores.
- Alimentación de la placa a través de un conversor serie-USB.
- Selección para resetear.
- Acceso cómodo a los pines
- Estado del módulo con indicadores LEDs.



Figura 3. ESP8266 módulo para conexión internet.  
Fuente: (Guangdong, China.,2018)  
Elaboración: (Guangdong, China.,2018)

### **(ACS712) Sensor-corriente.**

El sensor medidor ACS712 es utilizado para medir corriente continua y alterna, el cual obtendrá la medición de la intensidad eléctrica. Es de gran importancia este sensor ya que con la señal obtenida se podrá obtener la potencia consumida por una carga partiendo de la corriente. Como ventaja es un sensor robusto y económico en el mercado haciendo uso de un sensor de efecto Hall que lleva internamente, detectando campo magnético.

Tabla 1. Parámetros del sensor corriente.

MODELO	RANGO	SENSIBILIDAD
CurrentSen-30A-T	Corriente (-30 a 30 A)	65 mV/A

Fuente: (Naylamp, 2016)

Elaboración: (Naylamp, 2016)



Figura 4. Medición individual, sensor de corriente.

Fuente: (Naylamp, 2016)

Elaboración: (Naylamp, 2016)

## Relé.

Es utilizado usualmente para líneas de media o alta potencia, siendo un dispositivo electromecánico el cual realiza la función de conmutar. Con este módulo se controla diversos circuitos electrónicos ya que tiene una línea eléctrica que se encuentra aislada del circuito principal. Se usa mayoritariamente en circuitos electrónicos ya que cualquier proyecto que se encuentre conectado a la red se lo puede controlar de una manera segura y eficiente (Rapetti, 2013). Es por ello que se dio elección al módulo relé ya que el proyecto necesita utilizar la red eléctrica. Y la mejor opción para controlar señales de voltaje y luego procesarlas es el relé conjuntamente con la placa ESP8266.



Figura 5. Interruptor, denominación Relé

Fuente: (fabricante songle.,2017)

Elaboración: (fabricante songle.,2017)

## Esquemas de conexión.

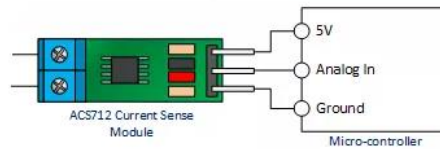


Figura 6. Conexión módulo corriente y placa esp32  
Fuente: ( Naylamp, 2016)  
Elaboración: ( Naylamp, 2016)

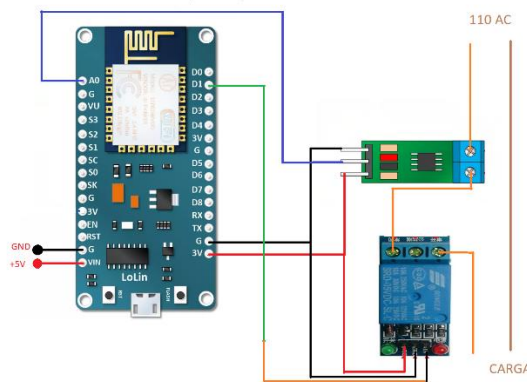


Figura 7. Conexión medidor inteligente.  
Fuente: (Moreno Q., 2018)  
Elaboración: (Moreno Q., 2018)

### 1.3.2 Hub de medición de consumo de energía eléctrica para uso doméstico.

La placa desarrollada en el trabajo de titulación de (Pérez A., 2018) está conectada a dos sensores para medir corriente y voltaje en tiempo real. Los datos obtenidos por los sensores son procesados por la placa de desarrollo, y luego enviados a un servidor web para poder ser visualizados. El funcionamiento del sistema se lo puede visualizar en la figura 8. El medidor inteligente se conecta a la red local de la vivienda (WIFI) para enviar datos al servidor web. Se utiliza la red eléctrica para alimentar el circuito electrónico y con ello al momento de conectarlo también medirá el voltaje. Posteriormente que la señal fue adquirida se realiza un conjunto de procesos internos correspondientes a la programación para obtener las distintas variables de factor de potencia, también potencia activa y reactiva. Luego se hace uso del módulo WIFI que integra la placa para enviar los datos a la base de datos MySQL y ser monitoreados en un ordenador.



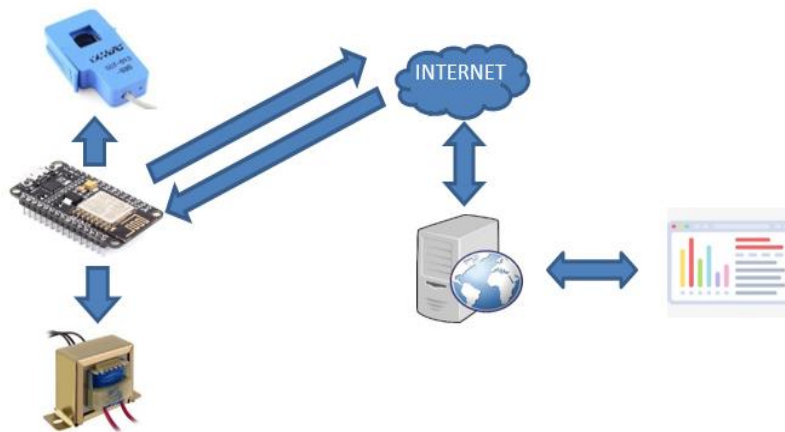


Figura 8. Hub general de medición.  
 Fuente: (Pérez A., 2018)  
 Elaboración: (Pérez A., 2018)

El proceso de que realiza el HUB de medición para el envío de la información obtenida lo describe la figura 9.

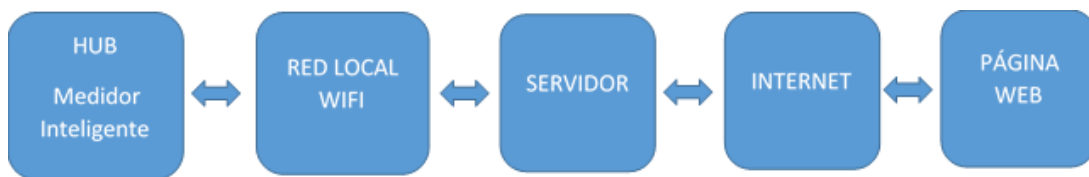


Figura 9. Esquema de bloques del funcionamiento  
 Fuente: (Pérez A., 2018)  
 Elaboración: (Pérez A., 2018)

### Diseño con nodeMCU esp8266

En el diseño de la figura 10 se observa el medidor HUB, el cual se encuentra conectado con un sensor de corriente, el esquemático del sistema general se lo realiza en la herramienta sketchup para tener una visión del prototipo final.

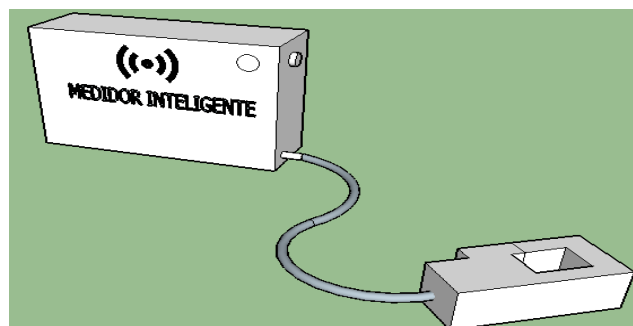


Figura 10. Prototipo diseño 3D Hub de medición  
 Fuente: (Pérez A., 2018)  
 Elaboración: (Pérez A., 2018)

Para realizar la correcta medición de la señal de corriente y voltaje se necesita un conversor ADC, ya que el ESP8266 solo cuenta con una entrada análoga impidiendo que se lean las dos señales es por ello que se acopla un ADC extra. Además, con esta integración se evitará la saturación del microcontrolador.

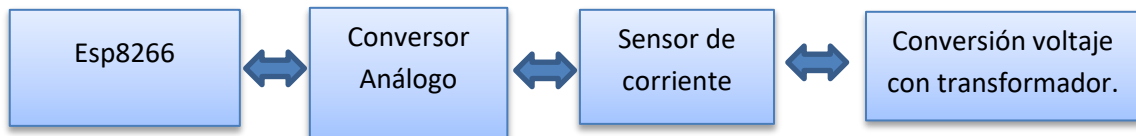


Figura 11. Diagrama de bloques proceso general del sistema.  
 Fuente: (Pérez A., 2018)  
 Elaboración: (Pérez A., 2018)

### Diseño del esquema general.

En la figura 12 se observa la conexión respectiva de los dispositivos necesarios para el funcionamiento.

Mediante el conversor análogo a digital se puede introducir las señales correspondientes al voltaje y la corriente. La configuración diferencial que proporciona el conversor es una característica esencial ya que permite mejorar la resolución de las señales. Además, este modo utilizado realiza la función de adecuar las dos señales para obtener la información necesaria de la onda completa. La inmunidad al ruido es otra ventaja adicional que ofrece este módulo.

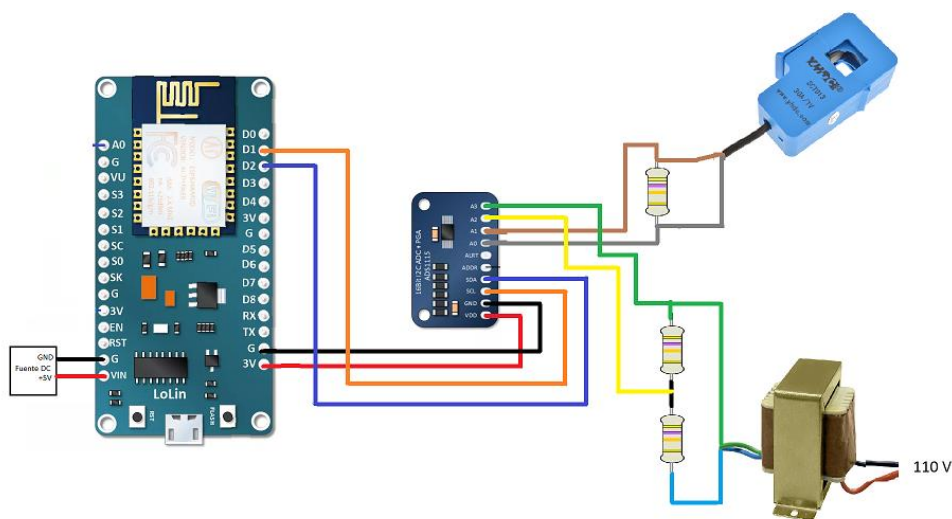


Figura 12. Puntos de conexión del medidor inteligente  
 Fuente: (Pérez A., 2018)  
 Elaboración: (Pérez A., 2018)

## 1.4 Análisis para la optimización de los sistemas.

Para la optimización de los prototipos anteriores se adoptará una nueva forma para realizar la conversión de voltaje de la red monofásica de 120 VAC a 5 VAC, reemplazando el transformador utilizado en el prototipo anterior, con el objetivo de ahorrar espacio y disminuir el peso en la caja del prototipo final y poder obtener la señal de voltaje con más precisión. Es por ello que se tiene dos alternativas para lograr este objetivo. La primera es realizar un circuito divisor de voltaje, con los cálculos correspondientes para disminuir el voltaje de recepción de 120 VAC a 5 VAC permitidos por el microcontrolador que se está usando. Como segunda alternativa es utilizar un módulo existente en el mercado (zmt101B) que realiza la función de un transformador, adquiriendo señales de voltaje AC y enviando información al microcontrolador. Esta es una alternativa muy eficiente ya que este módulo es compatible con la mayoría de microcontroladores su funcionalidad y tamaño son una de las características principales para elegir este sensor.

En lo que respecta al microcontrolador para realizar los procesos de adquisición de las señales de voltaje y corriente, se reemplazará el Esp8266 utilizado en los prototipos anteriores por una versión mejorada por el fabricante; el ejemplar es el módulo ESP32-WROOM versión 1. La ventaja principal que ofrece esta plataforma es la capacidad de conexión de internet que facilita el envío y recepción de datos. En los apartados posteriores se describirá las características técnicas del módulo elegido.

### 1.4.1 Sensor voltaje ZMPT101B



Figura 13. Sensor voltaje ZMPT101B  
Fuente: (Songle.,2018)  
Elaboración: (Songle.,2018)

El módulo transformador de voltaje alterno ZMPT101B aporta una gran solución al realizar medidas de voltaje (AC), ya que, la mayoría de microcontroladores convencionales no puede realizar la adquisición de estas señales directamente. Esto sucede por el rango de alimentación de los microcontroladores que varía de (3 a 5 v). Por lo tanto, la función principal de este módulo es reducir el voltaje para poder tomar los datos correspondientes y monitorear las señales en tiempo real. En lo que respecta a sistemas con el nuevo concepto de internet

de las cosas se puede desarrollar diversas aplicaciones de monitoreo y control. Con ello se tendrá una idea clara del consumo energético y los datos se verán reflejados en los dispositivos móviles que se envíe mediante el módulo WIFI («Transformador de voltaje AC - ZMPT101B», s. f.).

#### 1.4.2 Módulo ESP32-WROOM V1.

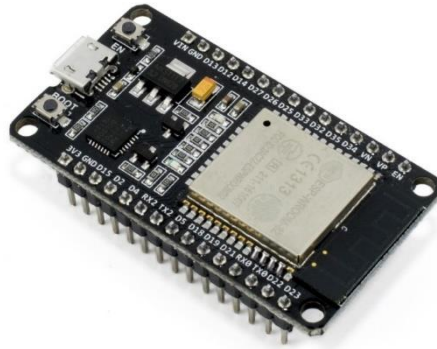


Figura 14. Placa de desarrollo para ESP32 NodeMcu-32  
Fuente: (Maker ESPRESSIF.,2016)  
Elaboración: (Maker ESPRESSIF.,2016)

Una versión mejorada al módulo utilizado en los anteriores trabajos es el que indica la figura 14 un módulo de bajo costo, pero con características esenciales. El principal objetivo de la elección de esta placa de programación es las capacidades WIFI que posee, puede ser configurado como (Ap) punto de acceso, o como cliente. Posee un CPU con dos núcleos que permite la programación en dos procesadores al mismo tiempo. Es una versión mejorada que incorpora Bluetooth, mas de 10 pines análogos, pines táctiles y pines para alimentar cualquier sensor a utilizar. Lo más importante es, que tiene un lenguaje de código abierto, permitiendo añadir incontables librerías para su funcionamiento. («Placa de desarrollo para ESP32 NodeMcu-32», s. f.).

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 Introducción**

El presente capítulo describe los conceptos y variables que involucra un sistema de gestión de energía. Además, se menciona el concepto de calidad de energía los aspectos generales y la importancia que radica. Así como los conceptos que priorizan este trabajo de investigación, conceptos eléctricos, parámetros de corriente y voltaje, que son de gran importancia para poder realizar el diseño correspondiente. Además, se describe algunos factores que afectan la calidad de energía y finalmente se define algunas tecnologías que hacen posible el desarrollo de los sistemas de medida y análisis de consumo de energía para poder visualizar los datos correspondientes en tiempo real.

## **2.2 Parámetros de CA (Corriente alterna).**

Antes de abordar la conceptualización se debe tener en cuenta que, cuando existe una trayectoria completamente cerrada y se interconectan dos o más componentes se considera un circuito eléctrico en el cual, las variables básicas son la corriente y el voltaje, ya que estas describen el flujo de carga a través de los elementos del circuito y la energía requerida para que la carga fluya.

### **2.2.1 Voltaje**

A continuación, se define Voltaje desde una perspectiva general teniendo en cuenta la interpretación de cada autor en los contextos investigados por lo tanto se tiene que:

(Richard C. & James A., s. f.) definen en su ejemplar de circuitos eléctricos; el voltaje que pasa a través de un elemento es el trabajo (energía) que se requiere para mover una unidad de carga de un punto a otro la unidad de voltaje es el voltio. Además, se puede interpretar al voltaje como la magnitud física que es capaz de cuantificar la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos («Voltaje - EcuRed», s. f.).

### **Voltaje pico a pico (Vpp)**

Como una concepción general es el voltaje que se mide desde la parte superior de la forma de onda, llamada cresta hasta el fondo de la forma de onda llamada valle. Analizando la gráfica se puede determinar que existen dos voltajes pico. La diferencia que se tiene de estos voltajes es denominado voltaje pico.

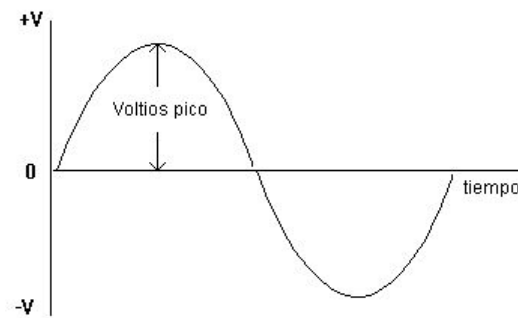


Figura 15. Onda de voltaje en relación al tiempo  
 Fuente: (Autor)  
 Elaboración: (Autor)

### **Voltaje eficaz (Vrms).**

Una onda senoidal correspondiente a voltaje de corriente alterna puede representarse de manera equivalente con un voltaje DC, produciendo los mismos efectos como calentamiento. Es por ello que es un método con el cual se denota esta relación. Haciendo otra referencia la forma de onda senoidal en corriente alterna puede especificarse como una señal DC, ya que son equivalentes al entregar misma cantidad de energía a cualquier carga de un circuito como lo realiza la señal alterna sobre un ciclo.

Por lo tanto, con el valor RMS, se puede comparar la cantidad de energía de una onda de corriente alterna, y una onda de corriente continua que suministran a un circuito. Es por ello que se puede comparar la disipación en lo que respecta a la potencia de las formas de onda alterna y continua, por lo que el voltaje RMS es un valor equivalente. («¿Qué es el Voltaje RMS?», s. f.). Es importante recalcar que la señal alterna cuando tiene forma senoidal, su ecuación viene representada por:

$$V_{EF} = \frac{V_{MAX}}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$V_{EF}$  = Tensión eficaz [V].

$V_{MAX}$  = Tensión máxima [V].

### Valor instantáneo.

Se conoce como valor instantáneo de una señal de corriente alterna a cualquier punto en un instante de tiempo dado. Es el valor obtenido en cada instante de tiempo en la función senoidal en un determinado ángulo. Para proceder a realizar el cálculo se multiplica el máximo valor de la señal senoidal por la función seno del ángulo respectivo. Las ondas varían con el tiempo por lo que existirán variaciones en el ángulo. Para determinar el valor instantáneo se debe tener en cuenta el comportamiento de este tipo de señales que suelen tener desplazamiento inicial («Corriente alterna senoidal - FisicaPractica.Com», s. f.). Por lo consiguiente, la expresión sería la siguiente:

$$V_{(t)} = V_{MAX} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) \quad (2)$$

$V_{(t)}$  = Tensión especificada para un instante [V]

$V_{MAX}$  = máximo valor de tensión [V]

$\omega$  = velocidad angular [grados/rad/s]

$t$  = Tiempo calculado de tensión [s]

$\varphi$  = fase inicial [grados o radianes]

### Fase ( $\varphi$ ).

Las señales senoidales tienen diferente comportamiento pueden estar desplazadas en su mismo eje horizontal el cual hace referencia a estar desplazada en el tiempo. Por ello lo que realiza la fase es representar el valor de ángulo inicial y su unidad de medida son los radianes o grados. Un ejemplo claro son las funciones senoidales, ya que el seno está desplazado 90 grados del coseno.

### Periodo ( $T$ ).

Hablar de periodo en señales alternas es mencionar el tiempo que tarda un ciclo de una señal alterna y se lo mide en segundos.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f} \quad (3)$$



### **Frecuencia ( $f$ ).**

Haciendo referencia a la fórmula (3) la frecuencia es el inverso del periodo. Correspondiente a la cantidad de ciclos por unidad de tiempo de una señal alterna. La unidad de medida es (Hz).

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

### **Velocidad angular ( $\omega$ ).**

En la mayoría de contextos la velocidad angular también se denomina como pulsación. Lo que realiza es representar con que velocidad existe la variación del ángulo de giro. La velocidad angular está expresada de la siguiente manera.

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (5)$$

$\omega$ =Velocidad angular [rad/s]

$f$ = Frecuencia de la señal [Hz]

## **2.2.2 Corriente**

Es una magnitud eléctrica definida como cantidad de carga eléctrica, que sobre un determinado tiempo transcurre a través de un punto en concreto de un material conductor. La unidad de medida es el amperio (A). En un circuito convencional la corriente fluye del polo positivo al polo negativo a través de un material conductor (Oscar Torrente A., s. f.).

### **Corriente continua**

Como se mencionó en el apartado anterior para que fluyan las cargas se necesita un material conductor o semiconductor. El estudio de este tipo de corriente eléctrica, determina que las cargas tienen un único sentido para transportarse, es decir no varían con el tiempo como lo hacen las señales alternas.

Las ventajas de la corriente alterna en referencia a la corriente continua son notables, principalmente por las posibilidades de transporte y transformación. Es por ello que las grandes redes utilizan la corriente alterna como punto exclusivo de transporte. No obstante, existen un sinnúmero de aplicaciones que hacen uso de corriente continua, la cual necesita que la corriente alterna llega un punto específico para con un rectificador convertirla en señal continua («Corriente continua», s. f.) .

### **Utilización de corriente continua.**

Esencialmente utilizada en donde haya un consumo de voltaje mínimo, es decir aplicaciones donde la energía se produce por pilas o sistemas previos diseñados. Además donde se necesite almacenar energía de manera limitada un claro ejemplar son las baterías («Corriente continua», s. f.) .

### **Corriente alterna.**

Se denomina corriente alterna cuando la magnitud y polaridad del voltaje varían cíclicamente. Por lo tanto, el voltaje va tomando valores positivos y negativos con una frecuencia determinada.

Este es el tipo de corriente que llega a los hogares y empresas proveniente de la red eléctrica general. Una razón es porque la corriente alterna es más fácil de y eficiente de transportar a lo largo de grandes distancias. Además, la corriente alterna puede ser convertida a distintos valores de tensión aumentando o disminuyendo según nos interese a través del transformador (Oscar Torrente A., s. f.).

Al hablar de una ondulación común se hace énfasis que la onda sigue una función trigonométrica seno, mediante alternadores la forma de onda senoidal es la más eficiente para producir energía eléctrica siendo muy práctica. Sin embargo, se tiene que recalcar que no solamente se hace uso de formas de onda común ya que existen ondas cuadas triangulares. La señal de voltaje varía de una manera en común recorriendo los valores máximos y mínimos de la onda de manera cíclica. Siendo la mitad del semiciclo positiva y la otra mitad negativa. Por lo tanto, la corriente circulará en un instante de tiempo en un sentido y la otra mitad en sentido opuesto. («Corriente alterna», s. f.).

### **Aplicaciones de corriente alterna.**

Al trabajar con voltajes elevados, el transporte se complica es por ello que la principal de la corriente alterna es que facilita esa distribución, siendo muy eficiente y fácil, para la recepción se utiliza transformadores teniendo gran ventaja de distribución.

La mayoría de dispositivos electrónicos operan con corriente continua, sin embargo, estos sistemas no pueden explotar las ventajas que ofrece un sistema trifásico. Es por ello, que se necesita un rectificador simple. Con los circuitos inversores es posible obtener corriente alterna a partir de la corriente eléctrica continúa generando parámetros apropiados de frecuencia, voltaje, forma de onda («Corriente alterna», s. f.).

### 2.2.3 Tipos de corriente alterna

#### Corriente alterna monofásica.

El sistema de distribución de energía eléctrica en un hogar convencional es monofásico. Existiendo una única señal correspondiente a la corriente, que se transmite por su cable designado como fase usualmente color marrón, y realiza un retorno por el cable neutro, cerrando el circuito. Este tipo de corriente facilita una tensión de 110/125 voltios, lo que hace apropiada para que puedan funcionar en electrodomésticos y luminarias («LA INSTALACION ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA. - PDF», s. f.).

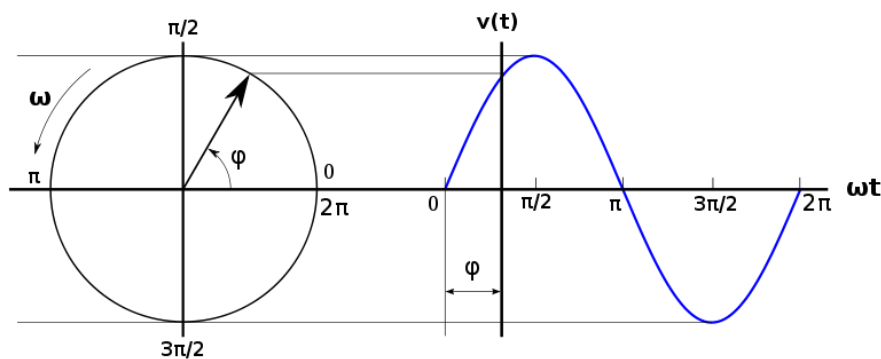


Figura 16. Esquema corriente alterna monofásica  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

Como se puede observar en la figura 16, se utiliza una línea y un neutro obteniendo como valor práctico 120 voltios. Sin embargo, en algunos hogares se utilizan dos líneas dando como resultado 220 voltios que por lo general se utiliza para las cocinas de inducción. Se debe tener claro que en circuitos de corriente alterna la potencia entregada depende de la carga conectada al circuito y más concretamente al desfase que provoque la carga entre  $v$  e  $i$ .

#### Corriente alterna trifásica.

A diferencia de un sistema monofásico en la corriente trifásica existen 3 corrientes alternas, se producen en un general de manera simultánea. Posteriormente estas 3 corrientes se transportan por su conductor designado, representado por colores, marrón, negro y gris. Se añade al igual que un sistema monofásico un retorno común de las 3 fases y con ello se cierra los 3 circuitos.

Estarán desfasadas  $120^\circ$  como se mencionó anteriormente cada fase tiene su etiqueta correspondiente así se tiene: Primera fase (R), Segunda fase (S) y la tercera fase (T), además se debe recalcar que se tiene un punto de descarga llamado neutro (N) («LA RED TRIFASICA | El rincon del electrico», s. f.).

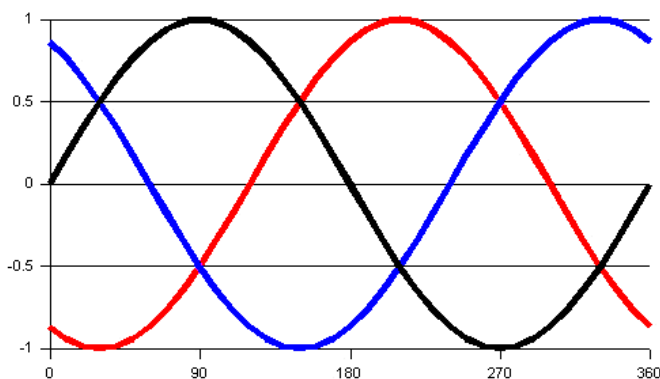


Figura 17.Desfase corriente alterna trifásica.  
Fuente: ((«LA RED TRIFASICA | El rincon del electrico», s. f.))  
Elaboración: ((«LA RED TRIFASICA | El rincon del electrico», s. f.))

#### 2.2.4 Consumo eléctrico

Es la energía demandada o necesitada para suministrar el costo durante un plazo de tiempo denominado periodo de facturación. Este aspecto es facturado por las comercializadoras al aplicarse un precio del kW/h que es el que determina la cantidad de dinero que tendrá que pagar el cliente a la empresa que brinda el servicio. Es por ello que controlar el consumo eléctrico de nuestra vivienda o empresa es de vital importancia para el ahorro de la economía interna.

Gracias al avance tecnológico se puede conocer el consumo eléctrico en tiempo real ya sea en la empresa o el hogar. Una alternativa considerable es utilizar un medidor de consumo general. Este dispositivo realiza la función de controlar costo consumido por hora, y notifica en el caso que se exceda el límite fijado de consumo.

Sin embargo, la exigencia de los usuarios ha llevado a desarrollar dispositivos que miden el consumo eléctrico independientemente es decir utilizar un medidor para cada toma corriente. Para ello basta con conectar el dispositivo a monitorear en el medidor independiente y obtener las variables necesarias («Consumo eléctrico - Información práctica - Energía - Tolosaldea - Tolosaldea Garatzen», s. f.).

## 2.3 Conceptos de Potencia.

### 2.3.1 Factor de potencia

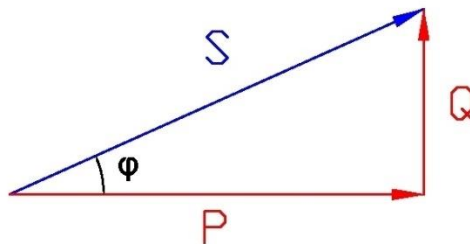


Figura 18. Relación factor de potencia  
Fuente: (Ruelas R., 2015)  
Elaboración: (Ruelas R., 2015)

Factor de potencia se describe como una medida de la eficiencia y rendimiento eléctrico de un receptor o sistema eléctrico. En el siguiente apartado se describirá las componentes que tiene la energía eléctrica de corriente alterna. Entre ellas se puede decir en términos generales que la potencia activa resulta más familiar ya que usan los equipos para efectuar un trabajo útil (Calor, movimiento, luz) esta potencia activa se mide en watts (W), y se representa por la letra P. La que resulta más difícil de comprender es la potencia reactiva (Q), ya que solo se hace presente por sus efectos, es el que establece el campo magnético de un motor o el campo electrostático poniendo como ejemplo de un condensador o capacitor, está en cambio se mide en Var, (voltios amperes reactivos). Por lo tanto, se tiene las dos potencias la activa y la reactiva fluyendo en los sistemas eléctricos de potencia en corriente alterna, se define además un término adicional de potencia aparente para describir el total, o aparente del flujo de potencia. La potencia aparente se mide en VA (volts-amperes) representado con la letra (S) (Ruelas R., s. f.).

### 2.3.2 Potencia Aparente (S)

También conocida como potencia total, resulta al realizar la correspondiente suma geométrica entre las potencias reactiva y activa. Este tipo de potencia es la que suministra una planta de electricidad cuando funciona sin tener ninguna carga, es la potencia suministrada por la red de alimentación limitando a la utilización de elementos como transformadores y otros componentes de circuitos eléctricos.

$$S = V \cdot I \quad (6)$$

S =Potencia total, volt-ampere (VA).

V = Voltaje de corriente, volt

I = Intensidad corriente eléctrica, (A)

### 2.3.3 Potencia Activa (P)

También llamada como energía útil ya que en el proceso de transformación de energía eléctrica es aprovechada como trabajo, es la energía que se usa en realidad. Esta potencia es la que realmente es consumida por los circuitos y, por lo tanto, esta potencia es utilizada para conocer la demanda eléctrica.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (7)$$

P = Potencia de consumo eléctrico, expresada en watt (W)

V = Voltaje de la red de alimentación, representada en volt

I = Intensidad corriente (A)

Cos = Valor del factor de potencia o coseno de "fi".

### 2.3.4 Potencia Reactiva (Q)

La potencia reactiva es la que consumen los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina o enrollado, sirve para crear un campo electromagnético, pero en si no genera ningún trabajo útil. La potencia reactiva esta 90 ° desfasada de la potencia activa. Mientras más bajo sea el factor de potencia, mayor será la potencia reactiva consumida

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (8)$$

Q = carga reactiva o inductiva, en volt-ampere reactivo (VAR)

S = pot. aparente, expresada en volt-ampere (VA)

P = pot activa o resistiva, expresada en watt (W)

## 2.4 Tipos de Cargas.

Partiendo del principio de la conservación de la energía, los equipos y dispositivos que utilizan energía eléctrica tienen la función de transformarla en otro tipo, por lo que encontraremos aparatos eléctricos que convierten la energía eléctrica en otro tipo de energía como puede ser: energía calorífica, luminosa. Además, existen, algunos electrodomésticos que liberan energía en sentido opuesto, es decir, desde el propio dispositivo a la fuente de alimentación. Electrodomésticos como frigoríficos, lavadoras, taladros o soldadores. Estos electrodomésticos tienen componentes inductivos o capacitivos como los motores. Esto complica bastante la situación a la hora de medir el consumo. Aquí es donde se produce el desfase que no es más que un desplazamiento en el tiempo (Logan, s. f.). Es por ello que en el apartado siguiente se describe y se analiza los tipos de cargas.

### 2.4.1 Cargas resistivas.

Carga resistiva Convierte la energía eléctrica en calorífica. La resistencia depende de la tensión y de la corriente. Como expresión matemática es cierta, pero como concepto puede estar lejos de la realidad, ya que la resistencia depende principalmente del material y de sus características físicas (Logan, s. f.). Se comporta como un mecanismo que disipa calor al momento que resiste la electricidad, parte de la energía eléctrica es disipada como calor. Usan toda la energía que se les suministra. Por ejemplo, las bombillas incandescentes, un calentador de agua, un secador de pelo o una plancha. Por lo tanto, se deduce como todo aquello que sea capaz de iluminar y calentar. En estos casos la potencia se puede aproximar a tener el voltaje y la corriente en fase figura 19; y multiplicando las dos magnitudes se obtiene la potencia eléctrica (potencia instantánea). Lo más importante es que en todo momento esta potencia es positiva como lo demuestra la figura 20.

#### Comportamiento cargas resistivas.

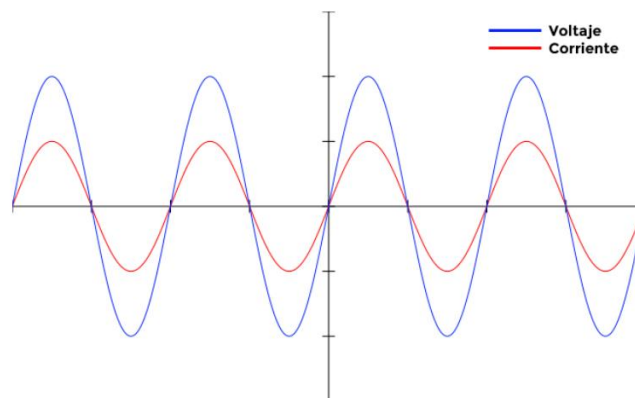


Figura 19. Comportamiento carga resistiva  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

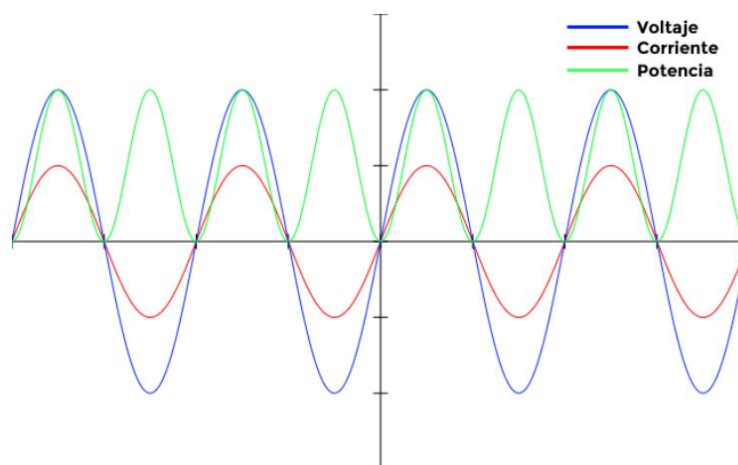


Figura 20. Carga resistiva, potencia instantánea.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 2.4.2 Cargas capacitivas.

Mayoritariamente los capacitores son utilizados en dispositivos que se conforman con embobinados como los motores eléctricos, fuentes de poder etc. La característica principal de un capacitor es almacenar energía eléctrica capacitancia (C). En el mercado la mayoría de capacitores tiene como unidad el microfaradio, sin embargo; se debe recalcar que la unidad principal de medida es el faradio. El proceso general comienza cuando la corriente lleva el voltaje de un capacitor luego este a través de las terminales comienza en cero voltios cuando la corriente está en su máximo. Luego que la carga se encuentra en la placa con el capacitor, lo que hace el voltaje es elevarse provocando que la corriente caiga. Por lo tanto si un capacitor se descarga, el voltaje cae mientras la corriente se eleva.

### Comportamiento cargas capacitivas

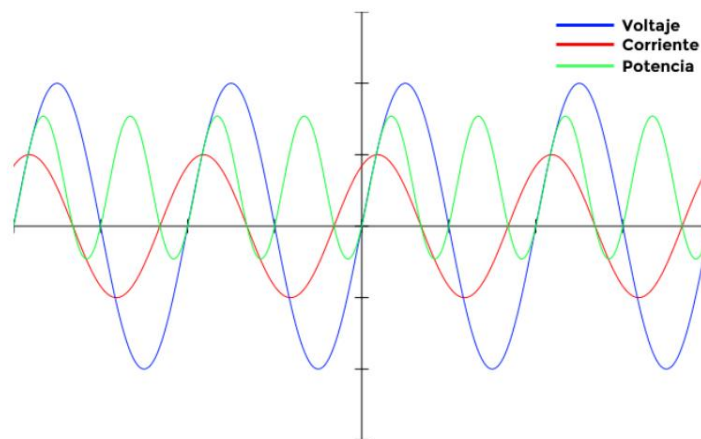


Figura 21. Carga capacitiva, potencia instantánea.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 2.4.3 Cargas inductivas.

En lo que respecta a cargas inductivas se tiene transformadores, bobinas etc. Como se conoce el principio fundamental de un transformador está constituido por dos inductores el primario y el secundario. En el cual entre ellos se induce una corriente eléctrica, cuando existe un cambio de corriente este induce un campo magnético. Por lo tanto, la potencia que toma la carga en su primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna, crea un campo magnético variable. Introduciéndose a las leyes de Faraday y Lenz, se va a producir primeramente una tensión en la bobina opuesta a la fuente que la produce. Es por ello que en el siguiente medio ciclo la potencia regresa a la fuente. Es decir, la bobina adquiere potencia de la fuente, parte de ella la usa y luego la regresa y no la consume.



## **2.5 Calidad de energía.**

Es posible lograr una buena calidad energética, para ello es necesario regular de manera correcta el voltaje y también lograr eliminar algunos factores armónicos. Por lo tanto, si no existen acciones correctivas para mitigar ciertos efectos los usuarios estarán expuestos a un sinnúmero de fallas en los sistemas que lleva consigo factores que se añaden como disminución de producción y confiabilidad.

### **2.5.1 Definición de calidad de energía.**

La calidad de energía se define como un nivel de excelencia, utilizado para describir los atributos y caracterizar algunas variaciones de tensión, referentes a: armónicos, fluctuaciones de tensión, transitorios y factor de potencia y con ello determinar el funcionamiento óptimo del sistema de potencia. La tensión que se suministra a una carga o a una instalación está caracterizada por cinco parámetros básicos: frecuencia, magnitud, forma de onda, desbalance y continuidad. La calidad en el servicio de electricidad depende directamente de los usuarios que hacen uso de ella, el costo se lo mide en Kw-h. Es por ello que se debe tener un equilibrio constante en el uso energético y una alternativa para lograrlo es monitorear el consumo en tiempo real y así determinar la calidad energética (Ramírez S. & Cano E., 2006).

### **2.5.2 Importancia de calidad de energía.**

Como se mencionó anteriormente, la calidad de energía es caracterizar todo lo relacionado con las variaciones de tensión y con ello determinar sus parámetros. El recurso energético en la actualidad es de gran importancia, ya que se utiliza en todo ámbito social: en el hogar, en el trabajo en la agricultura, etc. Es por ello que la mayoría de empresas y usuarios cada día tienen mejor perspectiva y conciencia de lo que implica este recurso. Gracias al avance tecnológico existen diversas herramientas que ayudan a los usuarios a poder monitorear el consumo energético en tiempo real y tener información para luego ser analizada.

(Arellano A., Mireles D., & Samayoa R, 2011) afirman, que la importancia de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan del lado del sistema de la compañía suministradora de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de la energía eléctrica con calidad. Sin embargo, el presente trabajo se enfoca a utilizar los parámetros energéticos referentes al voltaje para con ello tener información de lo que se consume en tiempo real y distinguir cuando se está desperdiciando el recurso energético y dar un mejor uso de este recurso.

### 2.5.3 Beneficios de calidad de energía.

Existen numerosas actividades para poder tener una buena calidad energética, entre ellos esta seleccionar correctamente los equipos que aportan información del monitoreo de las señales eléctricas. Con ello también se puede realizar un análisis sistemático de los datos, identificando los eventos que ocurran durante el intervalo de monitoreo. Un beneficio significativo es trabajar con analizadores que realizan las labores de medición para lograr diagnosticar adecuadamente las variables eléctricas asociadas con la instalación.

Algo de control se hace directamente a través de electrónica de conversión de potencia, como son impulsores de ca, cd, y fuentes de energía conmutadas, además de equipos electrónicos que está en los controles periféricos, como computadoras y controladores lógicos programables (PLC'S). Con la disponibilidad de estos complejos controles, se puede desarrollar procesos mucho más precisos, y un sistema de medición más sensible, lo que hace a estos aún más susceptibles a los efectos de los disturbios en el sistema eléctrico (Saucedo D. & Taxis J., 2008).

### 2.5.4 THD

Una onda perfecta de potencia puede ser distorsionada, por lo que se necesita saber el efecto de distorsión que existió sobre ella de esto se encarga la Distorsión Armónica Total (THD), realizando un estudio de cuanto la carga conectada esta distorsionando la señal proporcionada por el suministro de energía eléctrica. El concepto de THD es de vital importancia para garantizar un sistema eléctrico de calidad. La THD es un factor que está involucrado en los sistemas eléctricos en la corriente y voltaje, sin embargo, demasiada distorsión afecta la calidad de los sistemas causando problemas. (Team, 2017).

El suministrador eléctrico provee energía en una forma de onda sinusoidal limpia. Sin embargo, en su trayectoria atraviesa diferentes tipos de cargas, obligando que el voltaje y la corriente utilice diferentes tasas. Este proceso hace que la distorsión se vea reflejada desde la carga al sistema. La THD viene descrito por:

$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{n=3,5,7,\dots} V_n^2}{V_1^2}} \quad (8)$$

Es de gran importancia conocer los múltiplos de la frecuencia portadora ya que la distorsión ocurre en estos múltiplos de (50 o 60 Hz) conocidos como armónicos. Por ejemplo, hablando del tercer armónico de una línea de 60 Hz sería correspondiente a 180 Hz, en cambio el séptimo armónico tendría lugar a 420 Hz. El porcentaje que se acumula en la distorsión con

relación a la potencia total se denomina THD. Cabe recalcar que la medición del THD se lo realiza por separado para la corriente y el voltaje (Team, 2017).

### 2.5.5 Desbalance

Desbalance es un parámetro de calidad de energía que indica la diferencia de las tensiones entre sí. Este factor se lo describe en porcentajes. En términos generales se considera 0% un desbalance ideal, aunque un desbalance del 5% también se considera aceptable. Este parámetro es producido al realizar remodelaciones sin planificación técnica y también al incorporar cargas nuevas al sistema eléctrico, por ello el sistema sufre un desbalance. Lo que afecta el desbalance principalmente son los equipos trifásicos aquellos que poseen elementos inductivos como motores y bombas que hacen incrementar la temperatura, siendo un blanco fácil para fallas. («Desbalance de Voltaje en Instalaciones Eléctricas - Genteca C.A.», s. f.).

$$\%Desbalance = \frac{(CM - Cm) \times 100}{CM} \quad (10)$$

CM=Carga mayor

Cm=Carga menor

### 2.5.6 Desequilibrio tensión

El desequilibrio es un problema de calidad de la energía que afecta gravemente a los sistemas de distribución de baja tensión. Para que un sistema se encuentre equilibrado o simétrico deben cumplir dos condiciones específicas entre ellas deben tener la misma amplitud las tensiones y corrientes y presentar un desplazamiento de 120 grados entre ellas. Por lo tanto, el sistema es asimétrico o desequilibrado cuando no cumplen ninguna de las dos condiciones. En general, el operador intenta conseguir un sistema de tensión equilibrado en el punto de acoplamiento común (pcc) entre la red de distribución y la red interna del usuario. En condiciones normales, estas tensiones están determinadas por las tensiones terminales de los generadores, la impedancia del sistema eléctrico y las corrientes inducidas por las cargas en la red de transporte y distribución («Desequilibrio de tensión -», 2014).

Las cargas de baja tensión son por lo general monofásicas, por lo tanto, el equilibrio no es garantizado, algunos ejemplares son las computadoras o sistemas de iluminación. En la mayoría de casos particulares en instalaciones de secciones departamentales u oficinas. Los circuitos se distribuyen en tres fases, una fase para cada piso de un departamento o edificio, o bien conexiones alternativas en filas de casas de una urbanización. Sin embargo, el equilibrio de la carga correspondiente en el transformador central fluctúa, esto se debe a los ciclos de trabajo de las diferentes cargas individuales que se añaden al sistema.

## **2.5 Medidores de consumo eléctrico.**

El objetivo de un medidor es monitorizar en tiempo real o en almacenamiento de una base de datos el consumo de energía eléctrica de los dispositivos que se conectan a la red eléctrica. Son de gran importancia ya que permite al usuario o a la empresa localizar de manera efectiva en donde puede ahorrar energía. Sin embargo, en el mercado existen un sinnúmero de alternativas y medidores por lo tanto se debe conocer las funcionalidades que cada medidor aporta.

### **2.5.1 Distribución medidor individual**

Se conectan directamente a cualquier enchufe de la empresa o vivienda en donde se desee realizar el monitoreo y posterior a ello se conectan los dispositivos a medir. Por lo general en una residencia se utiliza uno en cada enchufe o a su vez los dispositivos necesarios para conectar los equipos. Lo que realizan es monitoreo en tiempo real y algunos dispositivos guardan el registro de variación del consumo del tiempo.

### **2.5.2 Distribución en tablero eléctrico**

Son equipos de medición que se colocan en el tablero general de la vivienda para monitorear el consumo eléctrico en su totalidad, se pueden visualizar los datos en tiempo real directamente en un monitor o en una plataforma web que se configura para la adquisición de las señales que se están midiendo («Medidores de consumo eléctrico de uso doméstico», 2018).

### **2.5.3 Medidores individuales de consumo eléctrico.**

Con estos medidores el usuario tendrá a disposición los datos reales de cuanto consumen sus electrodomésticos o los dispositivos conectados, además podrán denotar que incluso los electrodomésticos con tan solo estar conectados ya están consumiendo energía este modo se denomina standby, en varias ocasiones pasa desapercibido, generando costos a la planilla mensual, a continuación, se detallan algunos medidores dependiendo sus funcionalidades:

#### **Sin monitorización de energía**

Son más económicos, la función principal es indicar un promedio del consumo energético. Y a su vez proporcionan el coste de la energía consumida. Varían de 15 a 40 dólares su precio («Medidores de consumo eléctrico de uso doméstico», 2018).

### **Con monitorización de energía.**

Complejos y caros, estos registran los datos de consumo. Son compatibles con plataformas como Android, IOS, y se puede obtener un historial del consumo por día y hora. Algunas aplicaciones están desarrolladas para hacer la desconexión remota del dispositivo que se encuentra conectado. Tienen conexión directa con internet y el usuario se puede registrar con sus datos personales. Los precios de estos equipos están en un rango de 20 a 70 dólares.

#### **2.5.4 Indicadores de consumo conectados al tablero eléctrico.**

Este tipo de analizadores no necesitan ser conectados independientemente en cada enchufe ya que se conecta un solo medidor en el cuadro eléctrico específicamente en el cable de alimentación. La función es analizar el consumo general de toda la vivienda, y se obtienen datos como la potencia consumida por la vivienda para compararla con la potencia que se contrató, el consumo total de la vivienda por standby, el control instantáneo del consumo de la vivienda. Tener una potencia contratada mayor a lo que se necesita conlleva gastos innecesarios es por ello que estos analizadores contribuyen a realizar un monitoreo y con ello ajustar la potencia requerida. Los analizadores tienen conexión a internet y se puede visualizar en tiempo real desde un monitor o desde el Smartphone («Medidores de consumo eléctrico de uso doméstico», 2018).

**CAPÍTULO III  
PREDISEÑO**

### 3.1 Introducción

El capítulo actual aborda el prediseño y la propuesta para el sistema de medida supervisión y análisis de consumo y calidad energética. En el apartado actual se desarrolla la propuesta actual para enriquecer y mejorar los sistemas que fueron realizados. Se realiza una topología general del sistema, en el cual se describe cada etapa. Se realiza una descripción de las características funcionales de los sensores nuevos a utilizar y se esquematiza los nuevos diseños con los cambios propuestos.

### 3.2 Diagrama general del sistema.

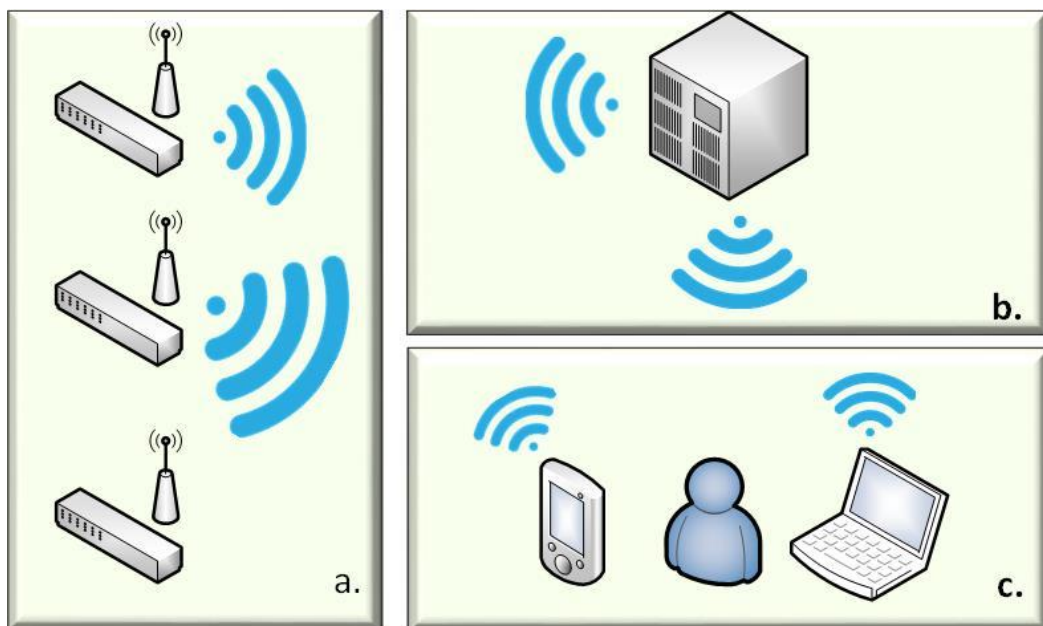


Figura 22. Diagrama general sistema de monitoreo energético  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

La figura 22 muestra 3 esquemas de lo que respecta al sistema de monitoreo energético, la fig.22 (a); representa los sensores inteligentes independientes que se utilizan para el control y consumo de energía eléctrica para dispositivos domésticos. Se utiliza un sensor en cada interruptor; estos medidores inteligentes incorporan un módulo ESP8266, provista de una tarjeta WI-FI facilitando el envío de datos de manera inalámbrica para recopilar y analizar la información en un aplicativo móvil. En el cual se podrá visualizar el consumo del electrodoméstico conectado al medidor inteligente en tiempo real.

En la etapa 2 fig.22 (b), se incorporó en el cuadro eléctrico o medidor general, un sensor de consumo. El objetivo de esta etapa es analizar el consumo general de toda la vivienda y

obtener datos referentes a la potencia consumida. Similar a la etapa 1 envía los datos obtenidos en tiempo real a un servidor para luego ser visualizados en un dispositivo móvil. Se debe recalcar que las mediciones provistas por este sensor son generales sin tener conocimiento de cual dispositivo está consumiendo mayor energía.

En la etapa 3 fig.22 (c), aborda la propuesta del presente trabajo de investigación; mejorar el HUB de medición de energía sustituyendo el transformador actual que tiene ciertos inconvenientes de operatividad con un sensor liviano, que cumple las mismas funciones de transformar el voltaje. Sin embargo, previo a ello se realizarán algunas pruebas de configuración del sensor a utilizar. Una de las características primordiales del nuevo sensor al igual que el transformador necesita ser robusto ya que va conectado directamente a la tabla de control, es por ello que se conectará a la red del hogar a monitorear. Como segunda propuesta es realizar el cambio del sensor de corriente de 100 amperios por un sensor de 30 amperios para que realice las medidas con más precisión.

### **3.3 Sensor de corriente del HUB de medición.**

La primera propuesta es reemplazar el sensor de corriente de 100 amperios a un sensor de 30 amperios. El propósito específico es obtener lecturas más precisas en las mediciones, ya que la corriente en algunos dispositivos varía entre 1 a 5 amperios. El sensor de corriente de 100 amperios hace una discriminación en valores de corriente bajos, adquiriendo datos que no son precisos. La solución a este inconveniente es reemplazando por un sensor de 30 amperios y así se podrá obtener lecturas más claras y precisas; a continuación, se especifica algunas características del sensor.

#### **3.3.1 Especificaciones sensor corriente SCT-013**

Los transformadores de corriente (TC) se utilizan con la finalidad de medir corriente alterna, son sensores robustos que se usan para redes monofásicas. Su estructura interna es un núcleo dividido, adecuado para el uso en proyectos, ya que se puede enganchar directamente a cualquier cable de alta tensión o neutral sin tener que hacer ningún trabajo de alta tensión eléctrica.





Figura 23. Sensor current SCT-013-030  
 Fuente: (YHDC CURRENT SENSOR, .2014)  
 Elaboración: ( YHDC CURRENT SENSOR., 2014)

A continuación, en la tabla 2; se describe las características del sensor a utilizar, recalcando que en el mercado existen sensores con diferente rango de medición. Una de las características principales de la elección del sensor actual de 30 amperios es que lleva consigo internamente una resistencia burden o de carga. El objetivo de esta resistencia es convertir la corriente a un voltaje limitado que pueda ser adquirido por cualquier microcontrolador. Sin embargo, en otros modelos de sensor como el SCT-100 no lleva consigo una resistencia de carga por lo que se debe incluir mediante los cálculos pertinentes para no dañar el microcontrolador en el que se está adquiriendo los datos.

Tabla 2. Especificación sensor corriente SCT-013

<b>Corriente de entrada</b>	0 ~ 30A AC/1V
<b>Modo de salida</b>	0 ~ 1V
<b>No linealidad</b>	± 1%
<b>Resistencia Grado</b>	Grado B
<b>Temperatura operación</b>	-25 ° C ~ + 70 ° C
<b>Rigidez dieléctrica</b>	1000 V AC / 1min 5 mA
<b>Longitud del cable</b>	100cm
<b>Plug</b>	3.5mm
<b>Tamaño</b>	13mm x 13mm

**Fuente :**(«ACS712 Current Sensor User Manual», s. f.)  
**Elaboración:** (Autor)

### 3.3.2 Funcionalidad sensor corriente.

El principio de funcionamiento de los sensores de corriente es similar a un transformador el devanado primario es la corriente que circula por el cable a medir. Su devanado secundario viene por defecto de 2000 espiras. Es de gran importancia el devanado secundario que tiene el sensor ya que la cantidad de espiras se relaciona con la corriente de la fase que se está abrazando y lo que el sensor nos entrega. La relación existente en este devanado es la que lo diferencia de los otros modelos de sensor de corriente. Por lo general los sensores de corriente de 100 A tienen una resistencia interna de carga llamada burden.(Naylamp, 2016).

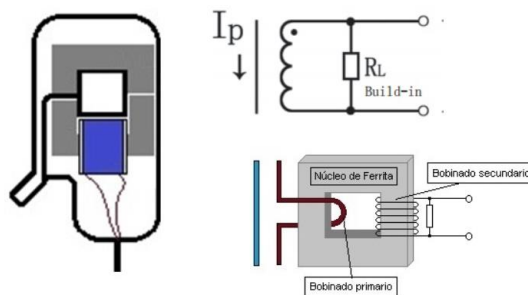


Figura 24. Sensor corriente, vista interior.  
Fuente: (Naylamp, 2016).  
Elaboración: (Naylamp, 2016).

A este tipo de sensores se los conoce como Sensores CT (Current transformers), que como se explicó son transformadores, Por el núcleo solo debe de atravesar una sola línea, si pasamos por ejemplo los dos cables de una conexión monofásica, nuestra lectura será 0, puesto que los cables tienen corrientes opuestas.

Una ventaja de SCT-013 es ser no invasivo por lo que no se necesita cortar o interrumpir la energía eléctrica para realizar la medición ya que es una pinza amperimétrica que cubre a la fase de la red.

### 3.4 Transformador de voltaje AC 110V.

El siguiente apartado describe la propuesta de mejora con respecto al transformador que se utilizó en el HUB para realizar la medición del voltaje. El transformador es robusto y pesado haciendo que el prototipo final sea incómodo para los usuarios. Por lo tanto, se ha investigado distintas alternativas para poder realizar la medición (AC) y lograr reemplazar el transformador actual. Las alternativas se describen a continuación:

### 3.4.1 Circuito divisor de voltaje.

Un Divisor de Tensión o Divisor de Voltaje es un circuito que divide la tensión de entrada en el circuito en otras dos diferentes y más pequeñas de salida. En electrónica se usa para alimentar un dispositivo conectado, con una tensión más pequeña que la que proporcionan las pilas o baterías disponibles. En definitiva, sirve para obtener una tensión más pequeña partiendo de una tensión mayor.

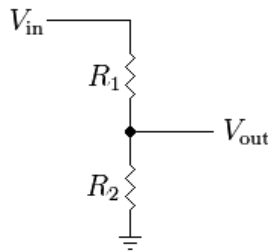


Figura 25. Esquema circuito divisor de voltaje.  
Fuente: (autor)  
Elaboración: (autor)

La fórmula para calcular divisor de tensión viene dada por.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Sabiendo los valores de las resistencias, se obtiene directamente el valor de la tensión de salida. Al margen de la fórmula general vista antes, la mejor forma de resolver estos circuitos es considerando que es un simple circuito de 2 resistencias en serie. Sin embargo, esta solución no es considerada para el desarrollo del Hub de medición ya que se expone al circuito a una conexión directa alterna de 120 voltios, siendo peligrosa para el usuario. No obstante, los cálculos serían netamente teóricos ya que, las resistencias llegarían a sobrecalentarse incluso llegar a quemarse.

### 3.4.2 Transformador de voltaje AC-ZMPT101B

El módulo de voltaje está compuesto internamente por un pequeño transformador que cumple la función de realizar un aislamiento galvánico esto es por motivos de seguridad para el correcto uso. Existe un lado primario el cual se conecta a la red eléctrica que se quiere medir en los hogares convencionales se tendrá 110 VAC si se utiliza una red monofásica de una línea. En cambio, el lado secundario del transformador se encuentra un divisor de tensión conjuntamente con un circuito con amplificador operacional el cual acondiciona el desplazamiento en la salida análoga. («Cara mengakses sensor tegangan 220v ZMPT101B», 2017).

El módulo integra como se mencionó en las características un potenciómetro con el cual se podrá regular la amplitud de la onda senoidal. Por defecto la onda de salida senoidal se encuentra desplazada en el cuadrante positivo esto es con el objetivo de no tener parte negativa de la señal y así medir la onda completamente en el microcontrolador. El desplazamiento es directamente proporcional con la alimentación del módulo. Además, un circuito acondicionador de señal, permite la posibilidad que cualquier placa de programación pueda interpretar estos datos de la señal de voltaje, previamente el microcontrolador debe tener una entrada analógica. Con ello se puede tener cálculos de energía como voltaje pico a pico ( $V_{pp}$ ), voltaje eficaz ( $V_{rms}$ ).

### Pines del módulo AC ZMPT101B



Figura 26. Módulo transformador de voltaje.  
Fuente: («Cara mengakses sensor tegangan 220v ZMPT101B», 2017)  
Elaboración: («Cara mengakses sensor tegangan 220v ZMPT101B», 2017)

- a. Voltaje de alimentación del módulo (5Vdc)
- b. Voltaje de salida (análogo)
- c. Gnd
- d. Gnd
- e. Fuente de voltaje (AC-Neutral)
- f. Fuente de voltaje (AC-Fase)

## Características operativas.

Tabla 3. Especificaciones módulo transformador de voltaje

Parámetros técnicos ZMPT107	
Rango voltaje AC	110-220 V
Microcontrolador trabajo	Arduino-avr
Temperatura	-40 centigrados - +70 grados centigrados
Corriente nominal de entrada	2mA
Corriente nominal de salida	2ma
Dimensiones PCB	50x19mm

Fuente: («Cara mengakses sensor tegangan 220v ZMPT101B», 2017)

Elaboración: (Autor)

### 3.4.3 Configuración sensor AC ZMPT101B

Para el correcto funcionamiento del sensor se debe realizar configuraciones previas, haciendo uso de osciloscopio se puede observar la forma de onda de la señal de salida del sensor, y con ello calibrar el sensor para proceder a realizar las pruebas correspondientes. A continuación, se describe los pasos que se realizaron.

### Conexión del sensor de voltaje AC ZMPT101B

En el punto anterior se especifica los pines correspondientes del sensor, se puede alimentar el sensor con 3.3V-5V. Se procede a conectar la línea y el neutro de la conexión eléctrica a los pines correspondientes N y L. El sensor tiene un pin correspondiente de la salida (out), el cuál va conectado a la placa de procesamiento de lecturas análogas. Se tiene que ser muy cuidadosos al conectar el sensor a la red eléctrica; aislar completamente los puertos de Línea y neutro para evitar cualquier accidente, incluso algún corto circuito no deseado.

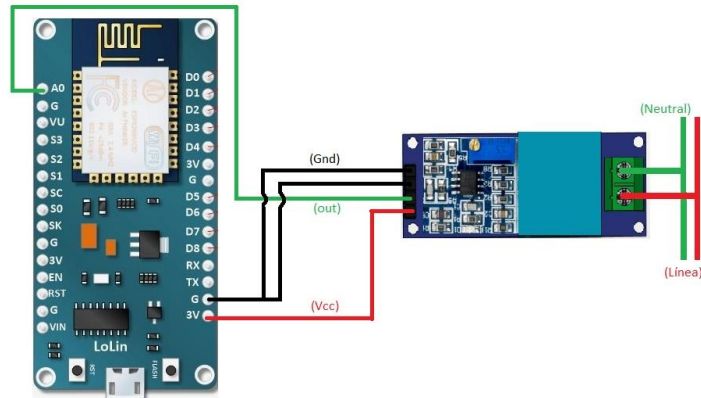


Figura 27. Conexión sensor transformador con NODEM ESP32  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### Alimentación del sensor.

La fuente que se utilizó para realizar las pruebas correspondientes es la **DC PWS2000**, utilizando 5V, para alimentar al sensor transformador. Las ventajas de usar la fuente mencionada es que la selección del voltaje requerido es precisa, proporcionando confiabilidad.

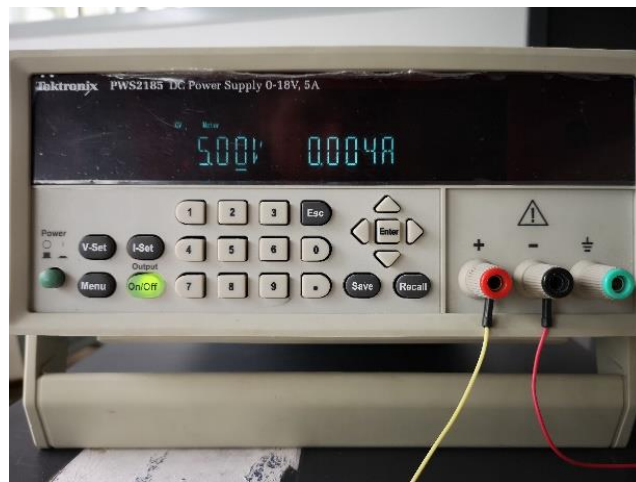


Figura 28. Fuente de poder DC PWS2000.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### Calibración potenciómetro interno visualización osciloscopio

Para calibrar el sensor de voltaje se necesita un osciloscopio en el cual se observará la forma de onda que es directamente proporcional con el giro del potenciómetro en dirección de las manecillas del reloj. Lo recomendable es tener una onda senoidal de 5V AC, tal como lo indica la figura 29.

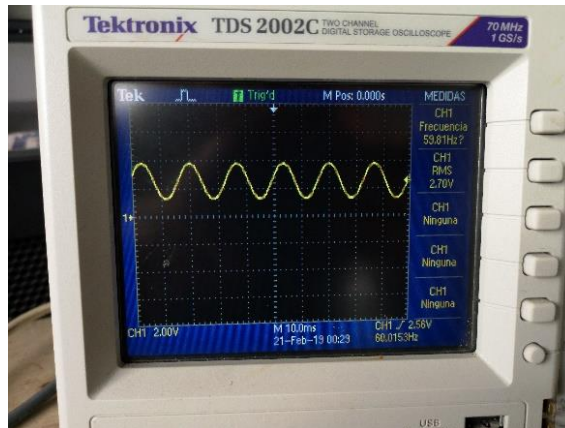


Figura 29. Onda sinusoidal, 5 VAC.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.5 Prediseño HUB de medición de energía.

Se utilizó un tablero protoboard para realizar las pruebas correspondientes, en donde se colocó el microcontrolador ESP32 junto al sensor de corriente y voltaje y demás componentes. Se colocó una pantalla Oled 0.96mm para visualizar las lecturas en tiempo real, esto en el caso que no se tenga un teléfono celular con la aplicación desarrollada. Además, se utilizó un supresor de picos para obtener de cualquier punto de la conexión eléctrica del hogar la fase y el neutro que van conectados al sensor de voltaje para el monitoreo de tensión. Utilizando específicamente la fase de la conexión eléctrica, se coloca el sensor de corriente tipo pinza, abrazando el cable para realizar las mediciones.

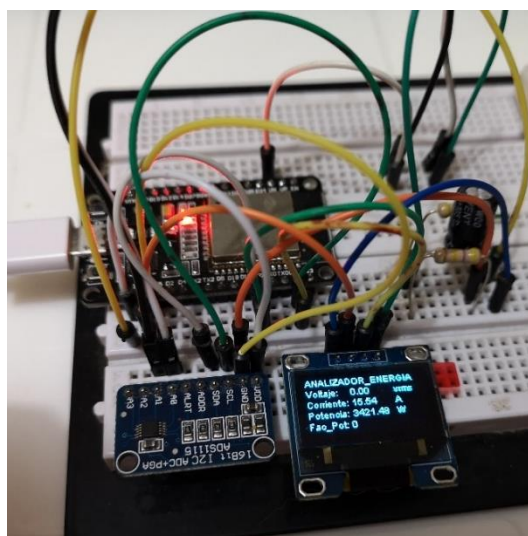


Figura 30. Pruebas del monitor de energía.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

En el diseño actual, se reemplazó el esp8266 por un nodem esp32, por sus características de procesamiento y comunicación de internet. El transformador común fue reemplazado por el sensor de voltaje ACMT101B. Respecto al sensor de corriente se reemplazó el SCT- 100 por un sensor de 30 amperios que incluye una resistencia de carga o burden interna. Además, se utiliza un ADS1115, para obtener mejor resolución y resultados con respecto a la lectura de señal de corriente. En la figura 31 se muestra el esquema general del nuevo prototipo.

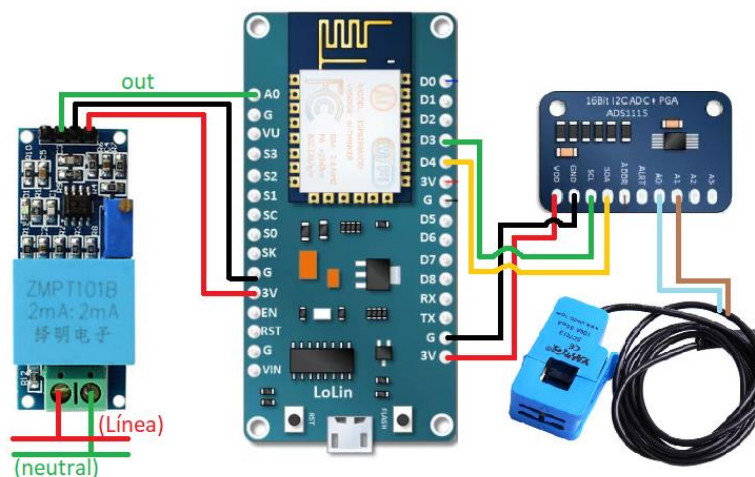


Figura 31. Prediseño analizador de energía.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.5.1 Detección cruce por cero (voltaje-corriente).

Como se mencionó en el apartado anterior se determinará el factor de potencia correspondiente a los dispositivos que se encuentren conectados en la red del hogar, y con ello conocer y diferenciar si estas cargas tienen comportamiento, resistivo, inductivo o capacitivo. Para realizar este análisis, se tiene que adquirir las señales de voltaje y corriente y con ello determinar si la onda de corriente respecto a la de voltaje está en fase, se adelanta o retrasa. Es por ello que se realiza un circuito que acondiciona las señales y determina el desfase de estas dos ondas. Lo que realiza las librerías o instancias de EMON.LIB es determinar el momento exacto del cruce por cero de las señales de corriente y voltaje al conectar una carga. Por ejemplo, si se conecta a la red una carga puramente resistiva se tiene un factor de potencia igual a 1 por consecuencia las ondas de voltaje y corriente estarán en fase. Sin embargo, si el factor de potencia es menor que la unidad se deduce que la carga conectada es capacitiva o inductiva, es decir la señal de voltaje y corriente se encuentran desfasadas.



## Circuito detección cruce por cero

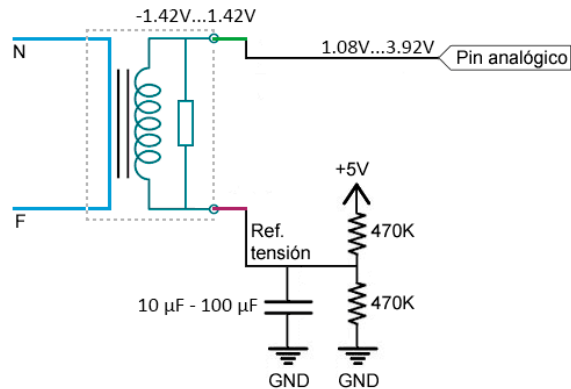


Figura 32. Circuito detector cruce por cero.

Fuente: (Autor)

Elaboración: (Autor)

## Circuito para medir corriente y potencia.

En lo que respecta a la medición de potencia y corriente se utiliza un convertor análogo digital de 16-bit ADS1115, por su precisión y calidad de conversión que ofrece este módulo. Además, se evita saturar la programación interna del NODEM ESP32. El sensor de corriente como se mencionó anteriormente es el SCT-013 de 30 amperios el cual va a realizar las lecturas de la corriente conectando a la fase de la red eléctrica. Posterior a ello estas lecturas ingresarán al convertidor especificado para enviar la información en formato digital al microcontrolador ESP32. La comunicación se realiza por L2C, siendo un protocolo confiable y compatible con la placa que se está ocupando.

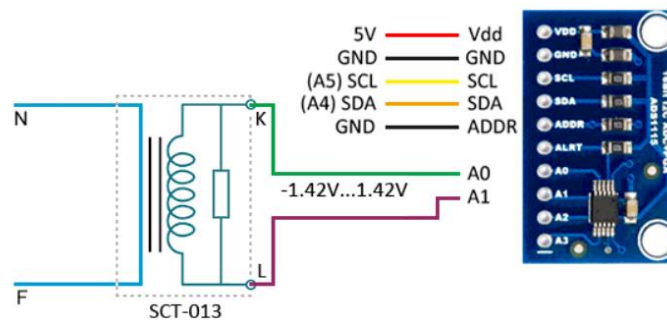


Figura 33. Módulo convertor ADS1115.

Fuente: (Autor)

Elaboración: (Autor)

### 3.5.2 Prediseño simulación.

Luego de haber concluido la etapa de pruebas con la programación correspondiente, se ha decidido utilizar el software proteus versión 8.0 (Labcenter Electronics Ltd, 2016), con el objetivo de diseñar y realizar las pistas correspondientes para proceder a quemar la baquela en donde se encontrarán los componentes de manera ordenada para comodidad del usuario.

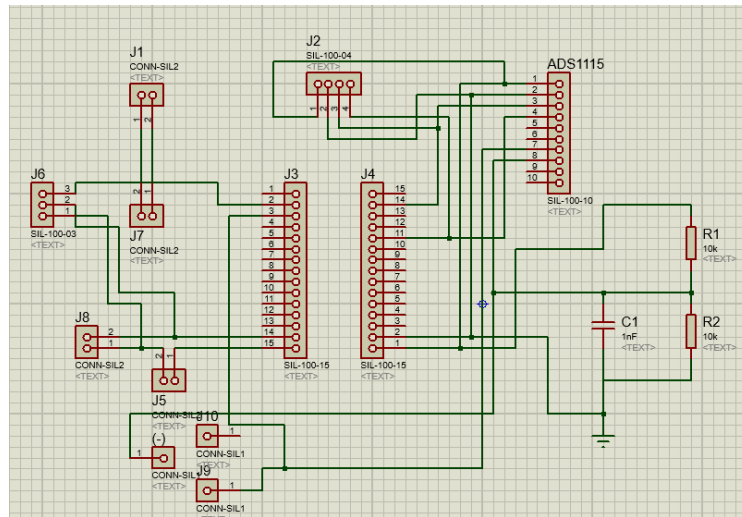


Figura 34. Prediseño del circuito en proteus 8.0.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

Luego de haber colocado y estructurado el orden de los componentes a utilizar se procede a simular cada una de las pistas que va a tener el circuito mediante el ISIS, complemento de proteus como lo indica la figura 35.

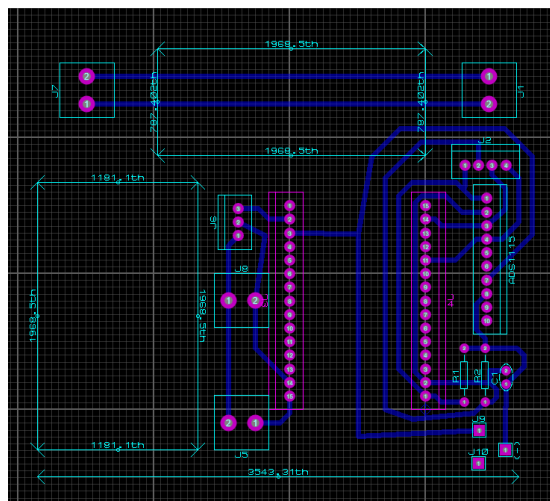


Figura 35. Diseño de pistas de circuito ISIS (PROTEUS 8.0)  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

Otra herramienta muy importante de Proteus (Labcenter Electronics Ltd, 2016), es que permite explorar los componentes que se desea imprimir en la placa final con su vista panorámica en 3D, con ello se puede determinar si los componentes están ordenados y la segmentación correspondiente para la proyección del CASE final.

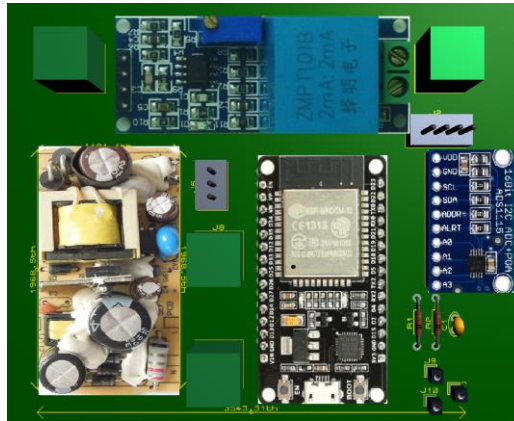


Figura 36. Vista en 3D, simulación pistas.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.5.3 Circuito impreso.

Luego de haber simulado las pistas en proteus, se procede a utilizar la técnica de planchado alrededor de 10 minutos para quemar el circuito en una baqueta tipo fibra de vidrio. Como resultado final lo indica la figura 37.

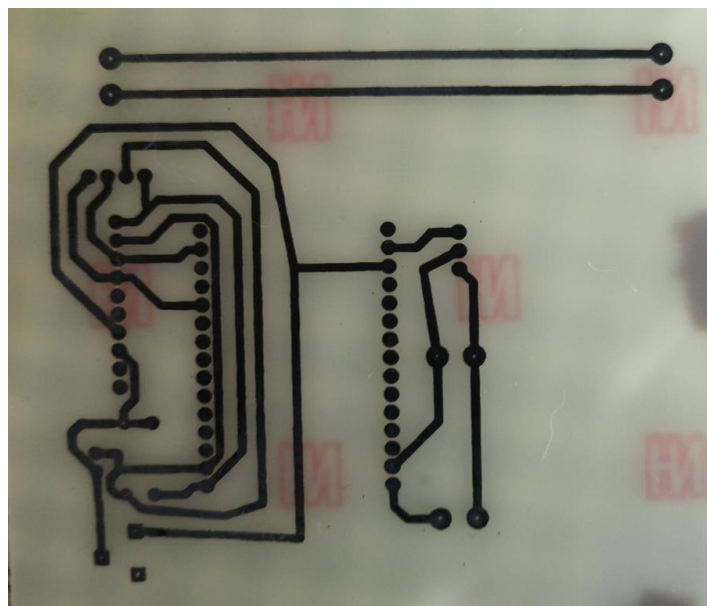


Figura 37. Circuito diseñado, impreso método planchado.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.5.4 Montaje de componentes.

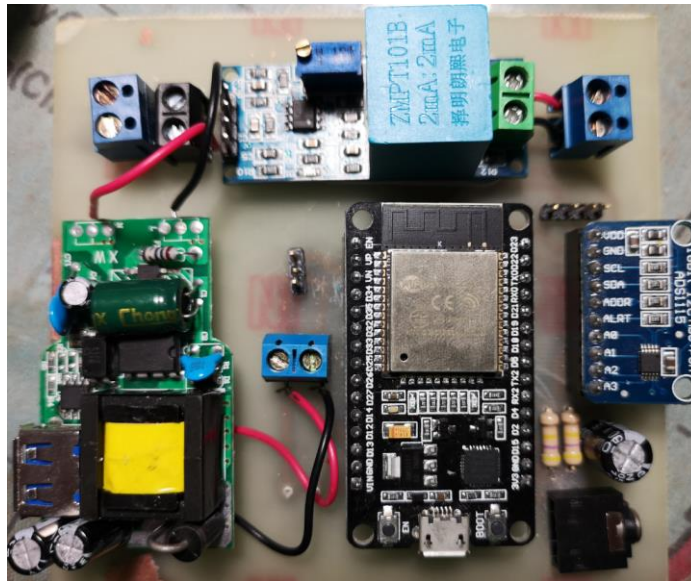


Figura 38. Integración de componentes utilizados al prototipo.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.5.5 Integración prototipo final.

Para ensamblar el prototipo final se decidió colocarlo en una caja prediseñada de material acrílico. Se eligió este tipo de material ya que es similar al cristal, pero con calidad superior, puede fácilmente adquirir y acoplarse a diversos métodos. Fácil de doblar y realizar las perforaciones necesarias que el presente prototipo necesita. Para ello, se realizó el diseño correspondiente en el software SolidWorks (Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp, 2017) para tener el diseño y las medidas correspondientes para poder realizar las perforaciones y el seccionamiento correspondiente.

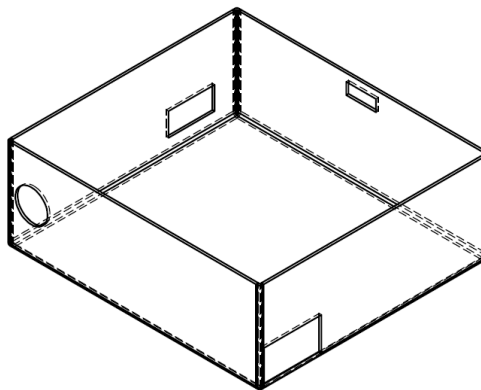


Figura 39. Vista espacial, caja de prototipo  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

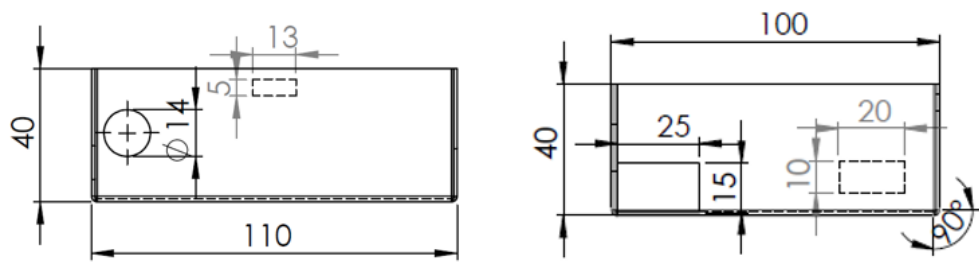


Figura 40. Vista posterior y lateral, diseño prototipo.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

Finalmente se introduce el prototipo a la caja diseñada, como lo muestra la figura 41, como se observa tiene un diseño bastante agradable, liviano y cómodo para el usuario, brindado robustez al prototipo protegiéndolo en el peor de los casos de una caída.

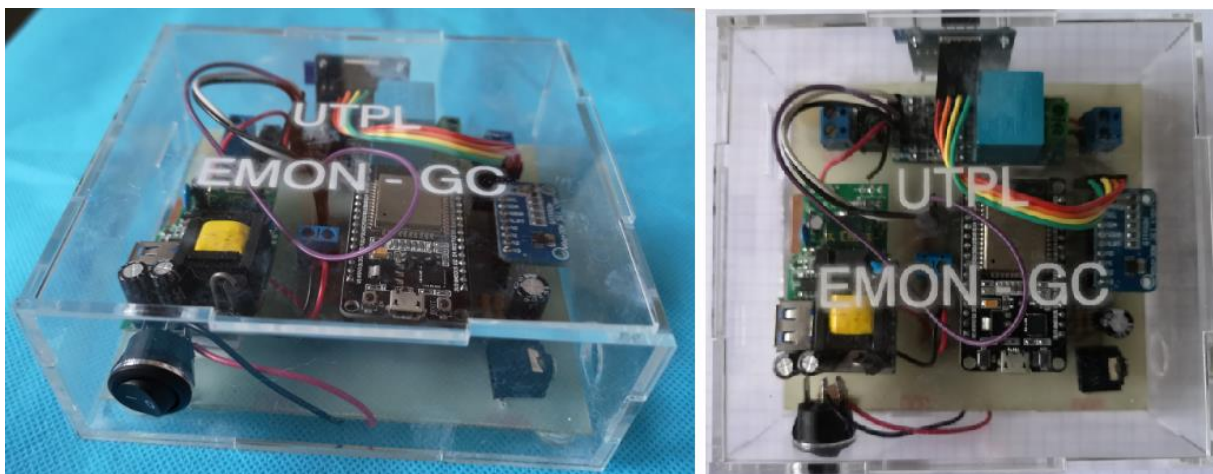


Figura 41. Prototipo final, material acrílico  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.6 Comunicación y envío de datos.

Para la obtención de datos es recomendable almacenarlos de manera independiente del microcontrolador, con el objetivo de no saturar la placa que se está utilizando. Es por ello que los datos de consumo y monitoreo energético se están almacenando en una base de datos externa, se visualiza en tiempo real en un aplicativo móvil (EMON-GC). En el siguiente apartado se menciona el proceso que se utilizó para enviar, almacenar y recibir los datos.

### 3.6.1 Tipos de redes.

Los dos tipos de redes más comunes de una infraestructura de red son: la red de área local (LAN) y la red de área extensa (WAN). A continuación, se describe brevemente las redes mencionadas.

#### Redes de área local (LAN).

Como descripción general es una red que proporciona conectividad en un hogar, edificio o campus, por lo general abarcan su conectividad en un área geográfica pequeña. La interconexión de sus terminales, se la realiza en áreas limitadas («Principios básicos de routing y switching», s. f.).

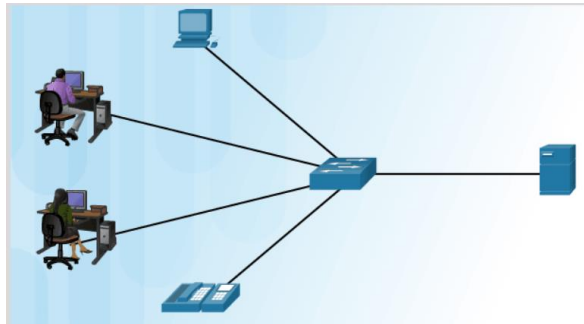


Figura 42. Redes LAN

Fuente: («Principios básicos de routing y switching», s. f.)

Elaboración: («Principios básicos de routing y switching», s. f.)

#### Redes de área amplia (WAN).

A diferencia de LAN, son infraestructuras que abarcan un área geográfica extensa. Entre las características principales conectan redes LAN a través de áreas extensas. Son administradas por varios proveedores de servicios («Principios básicos de routing y switching», s. f.).

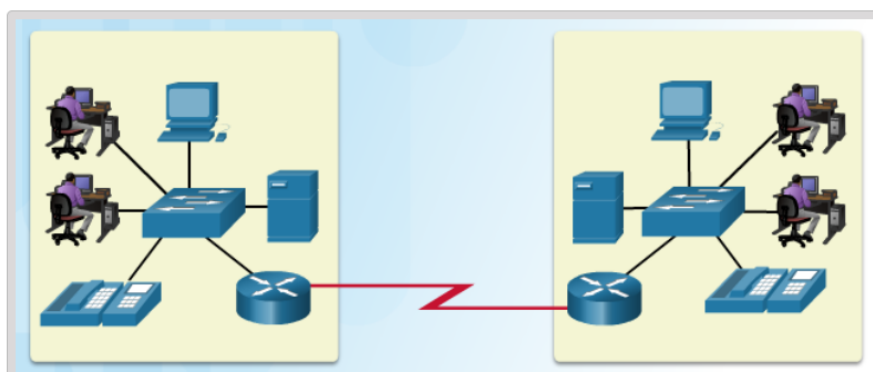


Figura 43. Redes de área amplia (WAN)

Fuente: («Principios básicos de routing y switching», s. f.)

Elaboración: («Principios básicos de routing y switching», s. f.)

### 3.6.2 Configuración modo AP (Acces Point) ESP32.

Con el microcontrolador ESP32, se crea una red de área local inalámbrica (WLAN), siendo un punto central de conexión en un área determinada. Con ello, cualquier dispositivo Android, que tenga acceso a las credenciales configuradas de conexión, y si dispone de la aplicación creada **EMON-GC**, podrá acceder a las funcionalidades de la misma. A continuación, se describirá la configuración que se debe realizar para crear un punto de acceso con el ESP32.



Figura 44. Configuración (AP) módulo ESP32,  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

En primera instancia se debe incluir las librerías correspondientes a conexión WI-FI, y las librerías de conexión del módulo ESP32. Además, la librería "Json" indispensable para el intercambio de información, por lo que se usó en sistemas que requieren mostrar o enviar información para ser interpretada.

```
#include <ArduinoJson.h>
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>
```

Posteriormente, se debe incluir una dirección clase C, con su respectiva máscara y su puerta de enlace.

```
IPAddress local_ip(192,168,1,1);
IPAddress gateway(192,168,1,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);
WebServer server(80);
```

Se debe declarar el nombre de la red, así como la contraseña.

```
const char* ssid = "Monitor Energy";
const char* password = "12345678";
```

Uno de los puntos más importantes para activar la placa ESP32, como punto de acceso es colocar el comando softAP, como se lo indica a continuación.

```
Serial.begin(115200);

WiFi.softAP(ssid, password);
WiFi.softAPConfig(local_ip, gateway, subnet);
delay(200);

server.on("/", handle_OnConnect);
```

Se engloban de manera general las variables a utilizar colocando todas las instancias en un proceso.

```
}
void printMeasure(String prefix, float value, String postfix)
{
```

Se envía toda la información obtenida, a la página web, en el caso actual al aplicativo móvil.

```
root.printTo(paginaweb);
server.send(200, "text/html", paginaweb);
```

### 3.6.3 Datos de conexión.

La red creada como punto de acceso, fue configurada con el nombre de “Monitor Energy”, con una contraseña estándar de 8 caracteres; correspondiente a “12345678”. La aplicación creada “Emon-GC”, tiene como condición ejecutarse únicamente, cuando el usuario está conectado a la red correspondiente a “Monitor Energy”, caso contrario la aplicación automáticamente finalizará su ejecución.

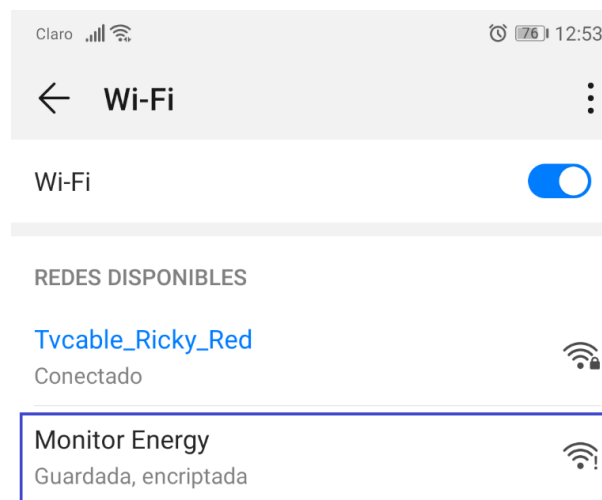


Figura 45. Nombre de red creada.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)



Al encontrar la red correspondiente, el usuario accede como se mencionó en el punto anterior y se ejecuta la aplicación de monitoreo de consumo energético.

### 3.6.4 Aplicación desarrollo Android Studio.

La aplicación “Emon-GC”, fue desarrollada en la plataforma Android Studio que es un entorno desarrollado para dispositivos Android. Una de las ventajas de utilizar este software es que es una plataforma abierta y gratuita y es compatible para Windows. Las renderizaciones son en tiempo real y se puede ejecutar en tiempo real la aplicación.

### 3.6.5 Diagrama de proceso aplicación.

A continuación, se describe el proceso de ejecución que realizará la aplicación al momento de conectarse a la red y su funcionalidad de manera general.

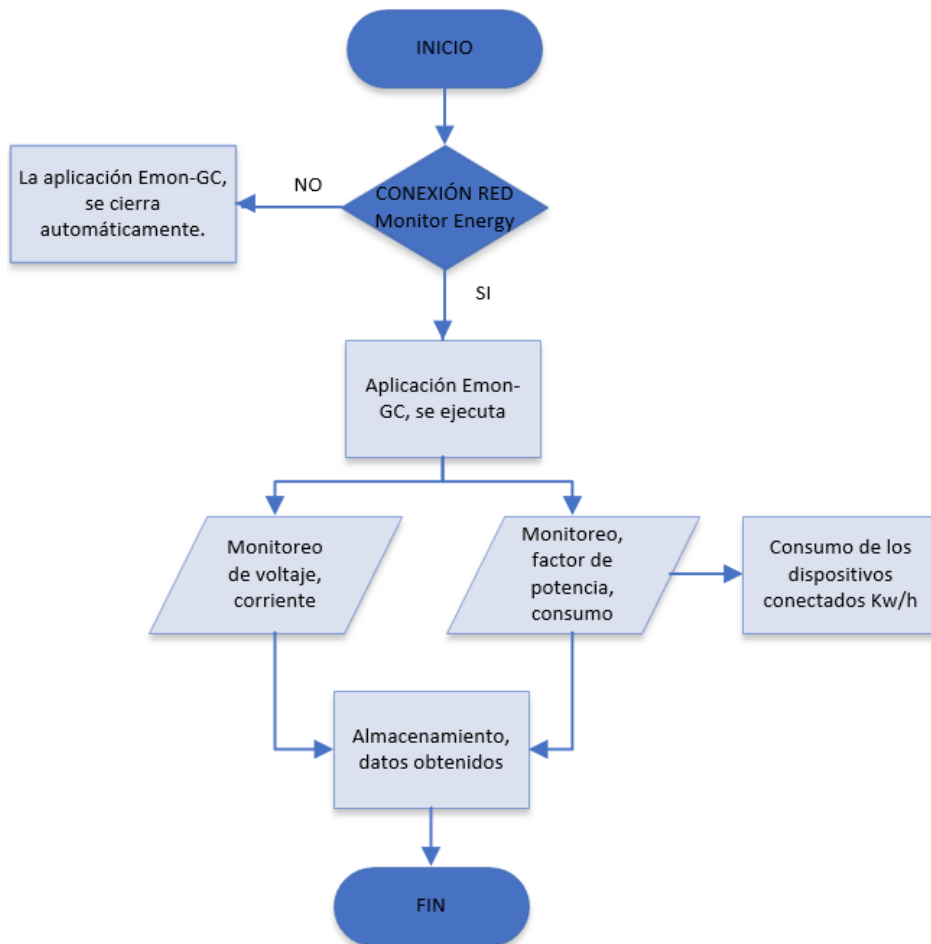


Figura 46. Diagrama proceso general de aplicación.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.6.6 Interfaz aplicación.

El diseño de la aplicación que se realizó, es una interfaz amigable e interactiva con el usuario. Las variables que se indicarán en tiempo real son: voltaje, corriente, factor de potencia y el consumo en Kw/h. El diseño que se escogió para mostrar los datos son circunferencias con perillas, semejante a un reloj análogo convencional, así como lo muestra la figura.

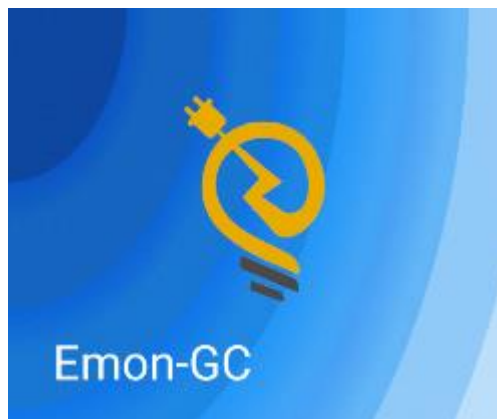


Figura 47. Interfaz logotipo aplicación.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)



Figura 48. Visualización de parámetros a monitorear  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

Se ejecutará una gráfica como indicador de las variaciones de voltaje y corriente. Para visualizarla simplemente se ingresa en la sección de voltaje y corriente así lo indica la figura.

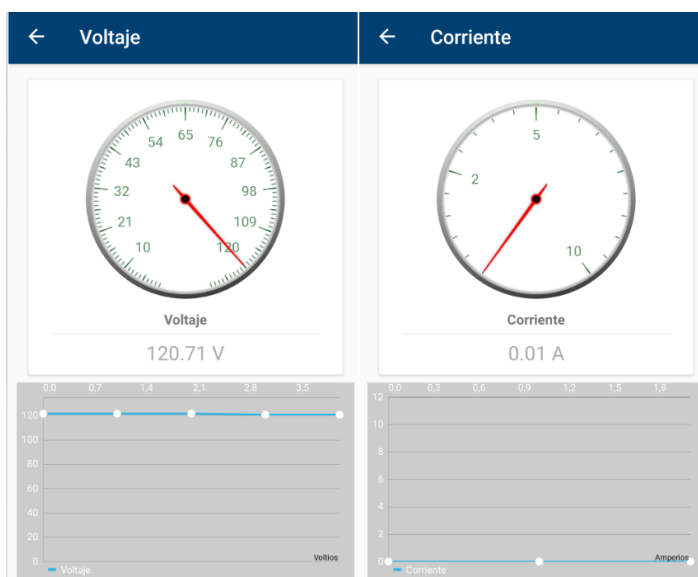


Figura 49. Base de datos voltaje y corriente.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

### 3.7 IoT actualidad e importancia.

En un mundo globalizado, la internet de las cosas conlleva a un conjunto de dispositivos conectados entre sí. Sumándose cada día billones de usuarios añadiendo sistemas y sensores que ayudan con el sustento de la sociedad. Esto se da en temas de salud, educación y conocimiento. Es una nueva forma y tendencia que revoluciona el mundo entero gobiernos y empresas se suman cada día a la obtención de ideas inteligentes a través de equipos remotos conectados al internet. («Revista Electroindustria - IoT y la importancia de la automatización», s. f.).

Como se puede apreciar en la actualidad los factores y aplicaciones derivadas a IoT conllevan consigo factores relacionados con el éxito. Por lo general las tecnologías se combinan e integran con los diferentes sectores, usuarios y comunidades con un objetivo principal resolver necesidades. Haciendo crecer de manera sustentable el negocio de la lot creando nuevas soluciones inteligentes desafíos y propuestas. El usuario es dependiente de la tecnología, el smartphone se ha convertido en una gran herramienta.

**CAPÍTULO IV  
RESULTADOS**

## 4.1 Introducción

El presente capítulo aborda la puesta en marcha del prototipo analizador de calidad de energía, conjuntamente con la aplicación realizada Emon-GC para mostrar los datos en tiempo real a través de conexión de internet. Para las pruebas realizadas se ha considerado usar un supresor de picos, ya que se obtiene directamente la fase y neutro para comodidad de las pruebas correspondientes. La red creada para conectar el aplicativo tiene el nombre de Monitor Energy, la cual se va ingresar con los parámetros establecidos.

## 4.2 Pruebas prototipo final.

### 4.2.1 Preparación zona de pruebas.

Para el monitoreo energético de potencia se utiliza el sensor de corriente SCT-030 mencionado en los apartados anteriores, el cual es un sensor no invasivo tipo pinza que necesita envolver la fase de la red eléctrica. En una red eléctrica convencional, la fase y el neutro se distribuyen de manera generalizada, teniendo consigo varios puntos de conexión en todo el hogar. Por cuestión de pruebas y seguridad se utiliza un supresor de picos para conectarlo en cualquier punto de distribución. Luego se retira la cubierta del cable principal del supresor de picos con el objetivo de abrazar la fase con el sensor de corriente. Como lo indica la figura 50.

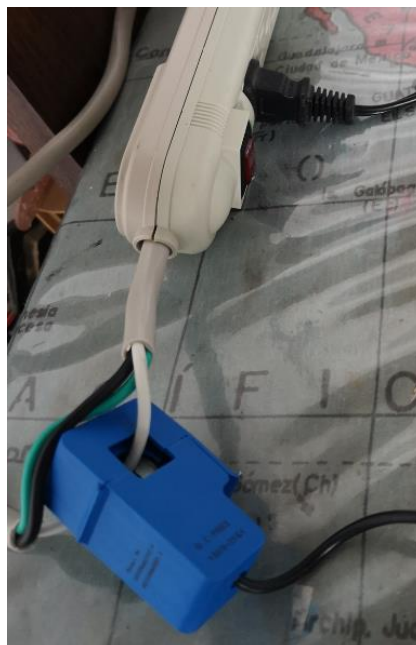


Figura 50. Preparación supresora de picos, para pruebas.  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

#### 4.2.2 Monitoreo de variable voltaje.

En el instante que se conecta el prototipo a la red eléctrica, las primeras mediciones que se obtendrán independientemente de una carga conectada, son el voltaje VRMS. Es necesario acotar que el prototipo en lo que respecta la medición de voltaje realiza la función similar que un multímetro así se tiene.



Figura 51. Indicador de voltaje Emon-GC

Fuente: (Autor)

Elaboración: (Autor)

Para corroborar los datos obtenidos se utilizó un multímetro convencional, teniendo la debida precaución del caso se conecta cada puntal del multímetro a la fase y la restante al neutro, así se tiene una lectura cercana a la obtenida en el prototipo.



Figura 52. Comprobación de voltaje rms, con multímetro.

Fuente: (Autor)

Elaboración: (Autor)

### 4.2.3 Calidad de energía, factor de potencia.

El programa desarrollado en la placa NODEM-ESP32 tiene la capacidad de monitorear el voltaje de la red, la corriente de una carga conectada y el factor de potencia. Haciendo énfasis al factor de potencia se podrá determinar y diferenciar la carga que se encuentre conectada a la red siendo, resistiva, inductiva o capacitiva.

#### Pruebas carga resistiva.

Se utilizó como carga resistiva una plancha, como la teoría menciona este tipo de cargas son las que ocupan toda su energía que se les proporciona, y las transforman en otro tipo de energía en el caso de una plancha la transforma en energía calorífica. Como lo muestra la figura la perilla de corriente marcó los 0.8 amperios utilizados por la plancha, la potencia que consume este electrodoméstico es 196 W.



Figura 53. Plancha convencional (carga resistiva)  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

Como se muestra en la figura 53, el factor de potencia muestra el valor de 1. El usuario tiene la opción de seleccionar esta opción y observar de manera interactiva el comportamiento de las ondas de voltaje y corriente, así como lo indica la figura 54. Se muestra en la simulación que las dos señales de encuentran en fase.



Figura 54. Comportamiento carga resistiva.  
 Fuente: (Autor)  
 Elaboración: (Autor)

**Pruebas carga inductiva, capacitiva.**

En lo que respecta a las pruebas con cargas inductivas y capacitivas, se utilizó dos bombillas ahorradoras, cada una de ellas con diferente potencia. La bombilla ahorradora de la figura 55 tiene una potencia de 11W y consume 0.05 A de corriente. A diferencia de la bombilla que se muestra en la figura 56 que consume 4W de potencia y 0.02 A de corriente. Además, el factor de potencia en estas dos cargas serán diferentes.



Figura 55. Foco ahorrador (carga inductiva)  
 Fuente: (Autor)  
 Elaboración: (Autor)



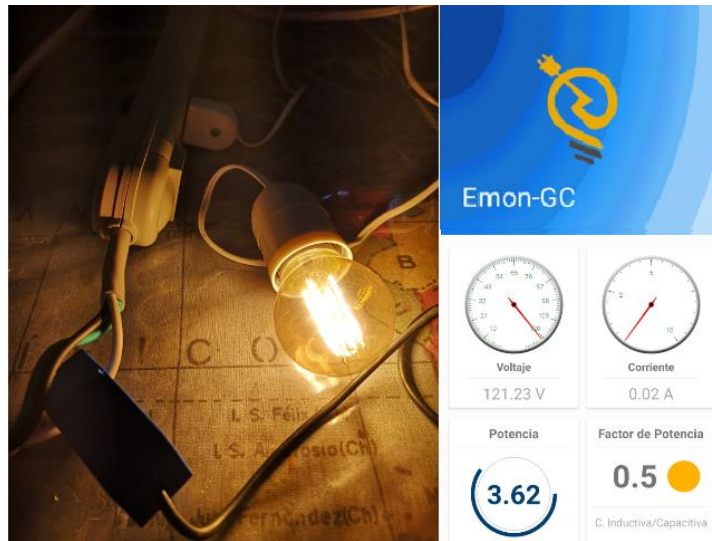


Figura 56. Foco ahorrador (carga inductiva)  
 Fuente: (Autor)  
 Elaboración: (Autor)

Es por ello, que ingresando al menú del factor de potencia en las dos cargas mencionadas se tiene un comportamiento de las ondas de corriente y voltaje distinto al de una carga resistiva en esta ocasión las ondas se encuentran desfasadas, así lo indica la figura 57.



Figura 57. Comportamiento, carga inductiva/resistiva  
 Fuente: (Autor)  
 Elaboración: (Autor)

#### 4.2.4 Consumo tiempo real.

El proceso que corresponde al cálculo del consumo general de la vivienda se lo realiza de manera externa en el aplicativo móvil “Emon-GC”, la ventaja de realizarlo de manera independiente es, evitar saturar el microcontrolador y con ello los datos responden de mejor manera. Como se menciona en («Calcular Consumo | Centrosur», s. f.) el medidor de energía eléctrica registra el consumo promedio correspondiente a un periodo determinado, y se lo expresa en Kilovatios-hora(KWH). Esto es para que la empresa pueda efectuar el cobro mensual. Para conocer el consumo mensual en Kilovatios-Horas se utiliza la siguiente expresión.

$$\text{Consumo mensual} = \frac{\text{Potencia}(W) * \text{horas de uso al día} * \text{días uso mes}}{1000} = kWh/MES$$

Para conocer el consumo de las cargas conectadas a la red eléctrica el usuario tiene que seleccionar el menú correspondiente a consumo, al ingresar a este menú se despliega un contador similar a un cronómetro. Una vez que el usuario decide iniciar el contador, este se ejecutará en un segundo plano, es decir el usuario puede estar realizando otras tareas en su smartphone y la ejecución del monitoreo de consumo no afectará el uso de otras apps.

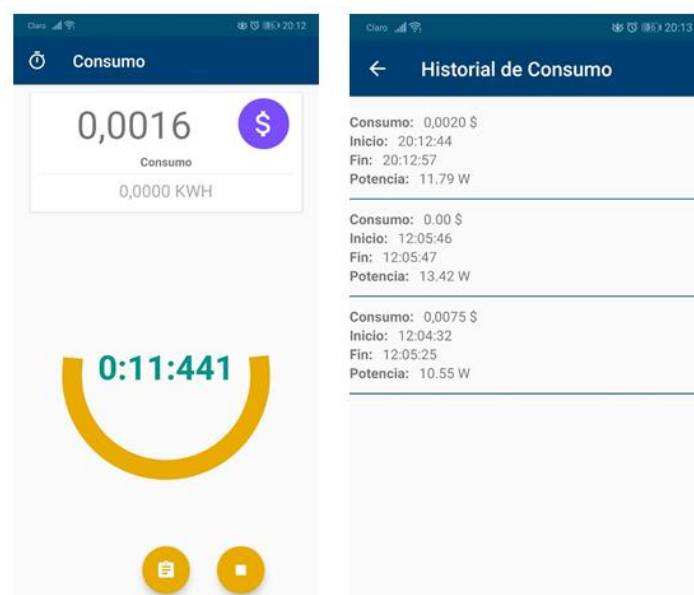


Figura 58. Interfaz consumo, aplicación Emon-GC  
Fuente: (Autor)  
Elaboración: (Autor)

Como se muestra en la figura 58 todos los datos recopilados de consumo se almacenan en una base de datos interna de la aplicación; indicando al usuario el valor del monitoreo la hora de inicio, la hora de finalización y la potencia que se monitoreo en ese intervalo de tiempo.

## CONCLUSIONES

- Para la respectiva medición de la tensión, se reemplazó la técnica de divisor de voltaje por el sensor AC-ZMPT101B, que permitió medir el voltaje alterno para monitorear y obtener la señal en tiempo real.
- Para obtener la señal de voltaje usualmente se utiliza un transformador, para reducir el voltaje y monitorearlo. Sin embargo, esta técnica genera ciertos inconvenientes en las mediciones, ya que el transformador es un elemento inductivo por su embobinado. Esto afecta a las cargas conectadas y al factor de potencia.
- En lo que respecta la medición de corriente se utilizó un sensor SCT-013 no invasivo, no se necesita abrir el circuito o cortar algún cable determinado ya que es una pinza que envuelve a la fase de la red eléctrica.
- La placa ESP32 integra un módulo WI-FI, que permite el envío y recepción de datos, en el caso actual se creó un punto de acceso para que los usuarios se conecten a la red configurara.
- El factor de potencia va a depender directamente de la carga que se conecte, puede tener comportamiento resistivo es decir las ondas de corriente y voltaje se encontrarán en fase, o un comportamiento inductivo aquí las señales se van a encontrar desfasadas.
- La base de datos para almacenar los datos de consumo y monitoreo se creó de manera externa en el aplicativo móvil con el objetivo de no saturar el código del microcontrolador que se está utilizando.

## RECOMENDACIONES

- Tener precaución al conectar los sensores de voltaje y corriente, aislar completamente la fase y el neutro para evitar posibles accidentes.
- Conectarse a la red Monitor Energy es indispensable, ya que no se podrá usar el aplicativo Emon-GC si no se logea con las credenciales configuradas.
- Tener en cuenta que el sensor de corriente va sujeto a la fase de la red eléctrica caso contrario no realizará ninguna medición.
- La aplicación actual es compatible con dispositivos Android, para trabajos posteriores crearla sobre otras plataformas.
- La calibración del sensor de voltaje es necesaria antes de poner la ejecución en marcha, ya que se necesita visualizar la forma de onda en un osciloscopio.

## BIBLIOGRAFÍA

ACS712 Current Sensor User Manual. (s. f.). Recuperado de

<http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-current-measurements/acs712-current-sensor-user-manual/>

Arellano A., Mireles D., & Samayoa R. (2011). *Mejora de la confiabilidad en el edificio valdés vallejo de la UNAM*. Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico.

Brito E., & Campoverde E. (2014). *Implementación de un prototipo analizador de calidad de energía eléctrica para una red trifásica*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, Loja.

Calcular Consumo | Centrosur. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2019, de

<http://www.centrosur.gob.ec/calcular-consumo>

Cara mengakses sensor tegangan 220v ZMPT101B. (2017, agosto 16). Recuperado 22 de noviembre de 2018, de Nyebartilmu website: <https://www.nyebartilmu.com/cara-mengakses-sensor-tegangan-220v-zmpt101b/>

Consumo eléctrico - Información práctica - Energía - Tolosaldea - Tolosaldea Garatzen. (s. f.).

Recuperado 17 de enero de 2019, de

<https://www.tolosaldeagaratzen.eus/es/tolosaldea/energia/informacion-practica/consumo-electrico>

Corriente alterna. (s. f.). Recuperado 16 de diciembre de 2018, de [https://solar-](https://solar-energia.net/definiciones/corriente-alterna.html)

[energia.net/definiciones/corriente-alterna.html](https://solar-energia.net/definiciones/corriente-alterna.html)

Corriente alterna senoidal - FisicaPractica.Com. (s. f.). Recuperado 12 de marzo de 2019, de

<https://www.fisicapractica.com/corriente-alterna-senoidal.php>

Corriente continua. (s. f.). Recuperado 16 de diciembre de 2018, de [https://solar-](https://solar-energia.net/definiciones/corriente-continua.html)

[energia.net/definiciones/corriente-continua.html](https://solar-energia.net/definiciones/corriente-continua.html)

Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corp. (2017). *solid works*.

del Valle Hernández, L. (s. f.). NodeMCU tutorial paso a paso desde cero. Recuperado de

<https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>

Desbalance de Voltaje en Instalaciones Eléctricas - Genteca C.A. (s. f.). Recuperado 16 de enero de

2019, de <http://www.genteca.com.ve/desbalance-de-voltaje-en-instalaciones-electricas.a.aspx>

Desequilibrio de tensión -. (2014, julio 23). Recuperado 16 de enero de 2019, de

<https://constructorelectrico.com/desequilibrio-de-tension/>

LA INSTALACION ELÉCTRICA DE LA VIVIENDA. - PDF. (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2019, de

<https://docplayer.es/33290740-La-instalacion-electrica-de-la-vivienda.html>

LA RED TRIFASICA | El rincón del electrico. (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2019, de

<https://automatismosueti.wordpress.com/la-red-trifasica/>

Labcenter Electronics Ltd. (2016). *Proteus Design Suite*.

Llamas, L. (2017). Medir intensidad y consumo eléctrico con Arduino y ACS712. Recuperado de

<https://www.luisllamas.es/arduino-intensidad-consumo-electrico-ac712/>

Logan, M. (s. f.). Tipos de cargas eléctricas. Recuperado 12 de marzo de 2019, de Puro Motores

website: <https://www.puromotores.com/13175462/tipos-de-cargas-electricas>

Medidores de consumo eléctrico de uso doméstico. (2018, junio 28). Recuperado 17 de enero de

2019, de Actitud ecológica website: <https://actitudecologica.com/medidores-de-consumo-electrico/>

Moreno Q. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo de medición y control de consumo de*

*energía eléctrica para dispositivos domésticos*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, Loja.

Muñoz L. (2014). *Diseño de un medidor de consumo de energía eléctrica en redes industriales*

*domésticas, basado en la adquisición de digitalización de señales para el monitoreo y análisis de la calidad de energía*. Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.

Naylamp. (2016). Tutorial sensor de corriente ACS712. Recuperado de

[http://www.naylampmechatronics.com/blog/48\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html)

Nuñez B., Romero E., & Salazar G. (2016). *MONITOREO DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE UNA APLICACIÓN ANDROID*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, MÉXICO.

Oscar Torrente A. (s. f.). *ARDUINO: Curso práctico de formación*. (Primera Edición). Alfaomega Grupo Editor.

Peláez A., & Jiménez P. (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*. UNIVERSIDAD DEL AZUAY, Cuenca, Ecuador.

Pérez A. (2018). *Diseño y construcción de un hub de medición de consumo de energía eléctrica para uso doméstico*. UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, Loja.

Placa de desarrollo para ESP32 NodeMcu-32. (s. f.). Recuperado 27 de mayo de 2019, de Naylamp Mechatronics - Perú website: <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/384-placa-de-desarrollo-para-esp32-nodemcu-32.html>

Principios básicos de routing y switching. (s. f.). Recuperado 10 de junio de 2019, de <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/RSE6/es/index.html#1.1.1.1>

¿Qué es el Voltaje RMS? (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2019, de

<http://www.learningaboutelectronics.com/Articulos/Voltaje-RMS.php>

Ramírez S., & Cano E. (2006). *Calidad del servicio de energía eléctrica* (1.ª ed.). Colombia-Manizales: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.

Rapetti, gabriel. (2013). Introducción a los relés | Inventable. Recuperado de Inventable website: <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>

Revista Electroindustria - IoT y la importancia de la automatización. (s. f.). Recuperado 10 de junio de 2019, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3032&edi=151&xit=iot-y-la-importancia-de-la-automatizacion>

Richard C., & James A. (s. f.). *Circuitos Eléctricos* (Octava Edición). Alfaomega Grupo Editor.

Ruelas R. (s. f.). *Factor de potencia de desplazamiento*.

Saucedo D., & Taxis J. (2008). *Factores que afectan la calidad de la energía y la solución*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Mexico.

Team, por S. G. (2017, enero 26). Distorsión Armónica Total: ¿qué pasó con mi onda perfecta?

Recuperado 13 de enero de 2019, de Seenco Group website:

<https://www.seencogroup.com/distorsion-armonica-total-que-paso-con-mi-onda-perfecta/>

Transformador de voltaje AC - ZMPT101B. (s. f.). Recuperado 20 de noviembre de 2018, de Naylamp

Mechatronics - Perú website: <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/393-transformador-de-voltaje-ac-zmpt101b.html>

Valencia M. (2016). *DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA*.

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA, PERÚ.

Voltaje - EcuRed. (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2019, de <https://www.ecured.cu/Voltaje>

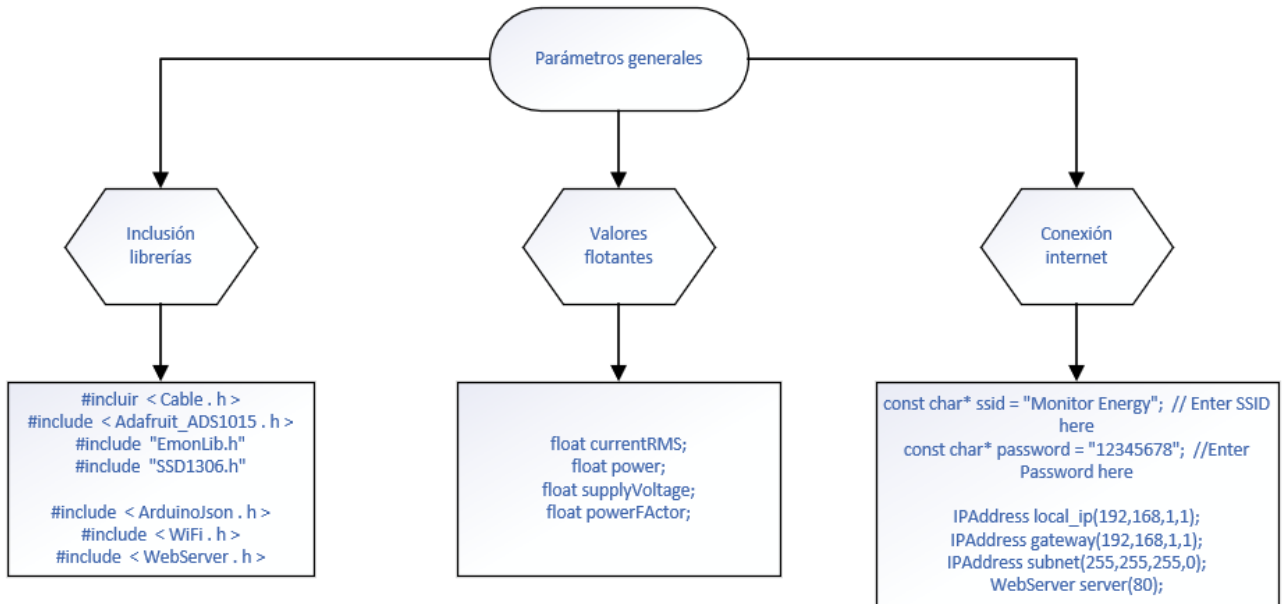


## **ANEXOS**

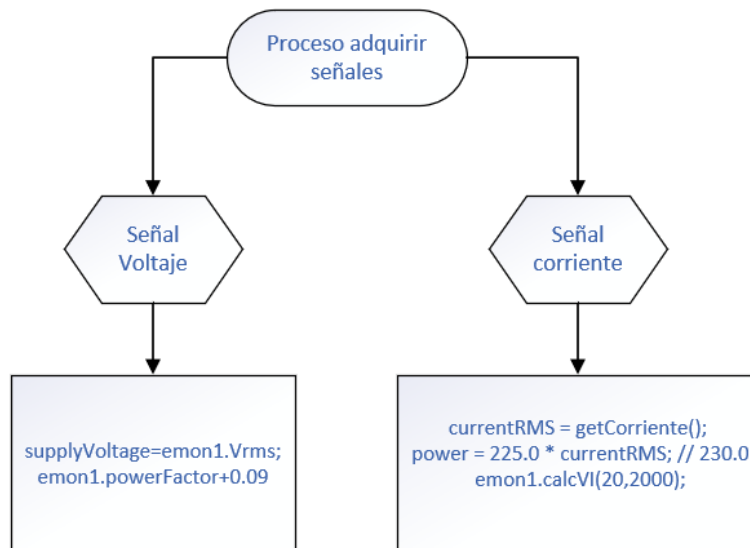
## ANEXO A

### Código de programación placa ESP-32.

Parámetros generales de inicio, configuración de variables y valores flotantes.

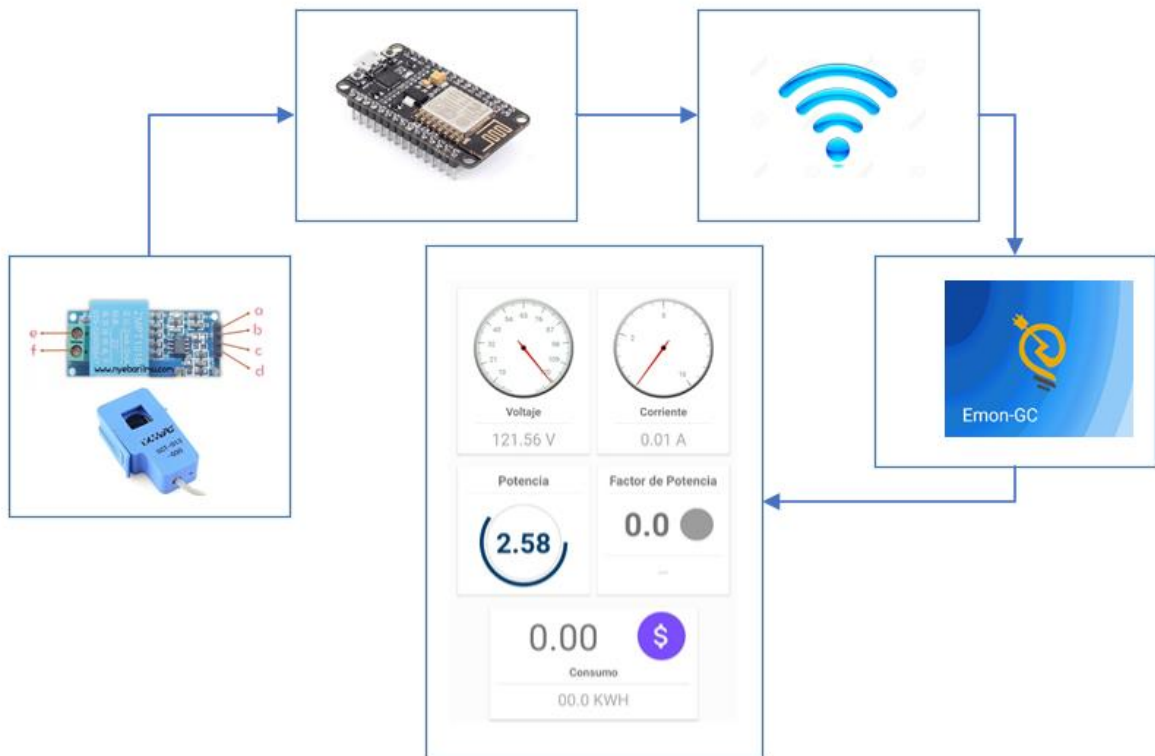


Librerías para adquirir las señales necesarias de voltaje y corriente



## ANEXO B

### Diagrama de sensores a utilizar.



## ANEXO B

### Proceso general sistema

