



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de
Ingeniero en Telemática.

Título del Proyecto de Investigación:

“MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL CONSUMO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL QUE PERMITA
OPTIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.”

AUTORES:

Pérez Párraga Roger Steven

Troya Tito Jaime David

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Ángel Iván Torres Quijije Msc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS



Yo: **Pérez Párraga Roger Steven**, con C.I. **094037902-7**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

F. _____

Pérez Párraga Roger Steven
C.I. 094037902-7.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS



Yo: **Troya Tito Jaime David**, con C.I. **092916573-6**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

F. _____

Troya Tito Jaime David
C.I. 092916573-6.

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA

El suscrito, **Ing. Ángel Iván Torres Quijije, Msc**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes: **Pérez Párraga Roger Steven** y **Troya Tito Jaime David**, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado: **“MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL QUE PERMITA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA”**, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Telemática**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Ángel Iván Torres Quijije, Msc.

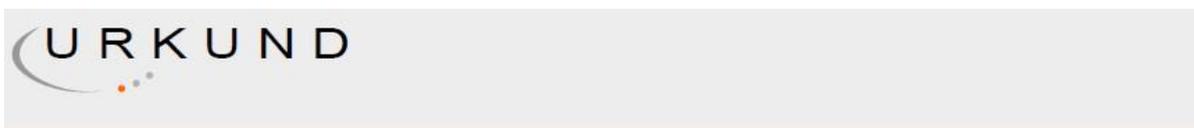
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Yo, **Ing. Ángel Iván Torres Quijije, Msc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en Calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado: **“MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL QUE PERMITA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA”**, me permito manifestar a usted y por medio del Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, los estudiantes: Pérez Párraga Roger Steven y Troya Tito Jaime David , egresados de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, han cumplido con las correcciones pertinentes e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, por lo que tengo a bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 5%.



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	TESIS-sistema de monitoreo electrico.docx (D57625216)
Submitted:	25/10/2019 0:15:00
Submitted By:	jaime.troya2013@uteq.edu.ec
Significance:	5 %

Ing. Ángel Iván Torres Quijije, Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICACIÓN DE APROVACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL QUE PERMITA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. BYRON OVIEDO BAYAS, Ph.D

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. JUAN PISCO VANEGAS, MsC.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. OSMAR VIERA CARCACHE, MsC

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2019

Agradecimiento

Agradezco a Dios por regalarme la vida, por ser mi guía y fortaleza en cada momento de mi vida, donde me permitió tener perseverancia cada día para poder cumplir con una etapa más de mi formación profesional.

A mi madre por ser el pilar fundamental a largo de mi formación académica, por su apoyo incondicional, confianza y paciencia en todo momento que lo necesitaba para poder lograr unas de las metas anheladas, siempre inculcándome valores y principios que servirán de ejemplo en mi vida.

Agradezco por formar una maravillosa familia porque ellos son mi motivación para seguir a delante siempre guiándolos por el mejor camino, donde me demuestran su amor incondicional cada día de mi vida y disfruto cada momento junto.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por formar a estudiantes de calidad y ser la base de mi formación profesional, como también a cada uno de los docentes por compartir sus conocimientos y sus consejos que sirvieron para poder culminar con éxito mis estudios.

Troya Tito Jaime David

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mi familia por ser el pilar fundamental y lo más importante que tengo en la vida, donde me han enseñado ser un hombre perseverante y a la vez luchar para así poder cumplir con todas las metas propuestas, pero siempre con la guía de Dios.

A mi madre Irene por su apoyo incondicional, brindándome siempre su amor y la vez guiándome por el mejor camino.

A mi hijo Andrew por ser el mejor regalo de mi vida, donde es mi motor para seguir adelante y esforzarme cada día, para brindarle un futuro mejor, con todas sus ocurrencias y sus risas me llenan de mucha felicidad.

Troya Tito Jaime David

Agradecimiento

Agradezco a Dios quien ha sido mi eje y guía, me ha brindado salud y fortaleza en cada paso de mi vida y por bendecirme con la familia y amigos que me rodean.

A mis padres Roger y Liliana por estar siempre junto a mí, brindándome su apoyo incondicional, su sabiduría y amor, gracias a ustedes y a su esfuerzo hoy puedo dar este paso.

A mis hermanas Lisbeth y especialmente a Maybe por su apoyo constante cada vez que lo he necesitado.

A mis compañeros de estudio y amigos incondicionales Jaime Troya, Bryan Del Valle, y José Guillen quienes me han acompañado y apoyado sin cesar durante este proceso.

A mí tutor de tesis Ing. Ángel Torres y demás docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por los conocimientos brindados, fundamentales en mi futuro desempeño profesional.

Pérez Párraga Roger Steven

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a Dios por demostrarme su amor y compañía en cada día de mi vida.

A mis padres Roger y Liliana, por su amor, guía y aliento en todo momento, siempre han sido mi fortaleza para seguir adelante.

A mis familiares, especialmente a mis hermanas Lisbeth y Maybe, y a mis abuelos Jaime, Irene, y Aida.

Y a todos los amigos maravilloso que obtuve a lo largo de este camino, unos quienes al igual que yo lograron culminar esta etapa y a quienes desafortunadamente tuvieron que partir en el trayecto.

Pérez Párraga Roger Steven

Resumen Ejecutivo y Palabras Claves.

El proyecto de investigación se centra en realizar un prototipo de telemetría¹ para la obtención de datos en tiempo real sobre el consumo eléctrico en casas residenciales obteniendo muestras que serán presentadas en una aplicación basada en IoT². Este proyecto consta de sensores tipo bobinas que son los encargados de recoger datos del consumo eléctrico y enviarlos a una Raspberry Pi para que puedan ser procesados y almacenados en una base de datos de series de tiempos, al mismo tiempo se transfieren los datos hacia una aplicación web mediante protocolos de comunicación para que los usuarios puedan monitorear el consumo eléctrico, observando los valores picos de un circuito eléctrico en tiempo real, durante un determinado periodo de tiempo según la disposición del usuario. Para la recopilación de datos fue necesario colocar el sistema eléctrico en el interior de una caja para que todos los componentes se encuentren en una posición estable y de esa manera al momento que los sensores realicen el monitoreo no arroje datos erróneos.

Palabras claves:

Telemetría, aplicación móvil, consumo eléctrico, sensores, nube, Raspberry pi, base de datos.

1 Telemetría: Sistema de medición de magnitudes físicas que permite transmitir los datos obtenidos a un observador lejano

2 IoT: Internet of Things - Internet de las cosas.

Abstract and keywords.

The research project focuses on the creation of prototypes of an electrical system to obtain real-time data on the consumption of electricity in residential homes by obtaining samples that will be presented in an IoT-based application. This project consists of coil-type sensors that are responsible for collecting electricity consumption data and sending it to a Raspberry Pi so that it can be processed and stored in a time series database, while the data is transferred to an application web through communication protocols so that users can monitor the electrical consumption, observing the maximum values of an electrical circuit in real time, during a certain period of time according to the user's disposition. For the collection of data it was necessary to place the electrical system inside a box so that all the components are in a stable position and, therefore, at the moment when the sensors perform the monitoring, no erroneous data is obtained.

Keywords:

Telemetry, mobile app, power consumption, sensors, cloud, raspberry pi, database.

TABLA DE CONTENIDO

CONT.	PÁG.
PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN... ..	iv
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	v
CERTIFICACIÓN DE APROVACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. ..	vi
Agradecimiento.....	vii
Dedicatoria	viii
Agradecimiento.....	ix
Dedicatoria	x
Resumen Ejecutivo y Palabras Claves.....	xi
Abstract and keywords.	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
1.1.2. Formulación del problema.	6
1.1.3. Sistematización del problema.	6
1.2. Objetivos.	7
1.2.1. Objetivo general.	7
1.2.2. Objetivos específicos.	7
1.3. Justificación.	8
CAPITULO II.....	9

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1. Marco Conceptual.....	10
2.1.1. Sistemas de tiempo real.	10
2.1.1.1. Desarrollo de aplicaciones de Telemetría.	10
2.1.1.2. Transmisión de datos.....	10
2.1.2. Bus I²C.....	11
2.1.3. Protocolo.	12
2.1.4. Base de datos.	12
2.1.4.1. Tipos de bases de datos.....	12
2.1.5. SQL.....	12
2.1.5.1. Componentes del SQL.	13
2.1.5.2. Tipos de comandos SQL.	13
2.1.6. Series de tiempo.....	13
2.1.6.1. Componentes de una serie de tiempo.	13
2.1.7. Nube.	14
2.1.7.1. Arquitectura de la nube.....	14
2.1.7.2. Modelos de despliegue.	15
2.1.7.2.1. Nube Privada.....	15
2.1.7.2.2. Nube Pública.....	15
2.1.7.2.3. Nube Comunitaria.	15
2.1.7.2.4. Nube Híbrida.....	15
2.1.8. Velocidad de transmisión ancho de banda y capacidad de un canal.....	16
2.1.9. Señales analógicas y digitales.....	16
2.1.9.1. Señales analógicas.	16
2.1.9.2. Señales digitales.....	16
2.1.10. Onda alterna senoidal.....	17

2.1.10.1.	Clasificación de Ondas.....	17
2.1.10.2.	Periodo y frecuencia.....	17
2.1.11.	Rectificador de onda.	18
2.1.11.1.	Rectificador de media onda.....	18
2.1.11.2.	Rectificador de onda completa.....	18
2.1.12.	Corriente RMS.	19
2.1.12.1.	Valor eficaz de señales.	19
2.1.13.	Muestreo.	20
2.1.14.	Sistemas embebidos.....	21
2.1.14.1.	ADS115.....	21
2.1.14.2.	Raspberry PI.	21
2.1.14.3.	Sensores SCT.	22
2.1.15.	Método para obtener el consumo eléctrico residencial.	23
2.2.	Marco teórico.....	24
2.2.1.	Consumo de energía eléctrica en el ecuador.....	24
2.2.2.	Costes del combustible fósil como producción de energía eléctrica.	24
2.2.2.1.	Consumo de combustible por provincia del Ecuador.....	25
2.2.3.	Eficiencia energética.	26
2.2.3.1.	Gráficos de control.....	26
2.2.3.2.	Diagramas consumo, producción Vs. tiempo.	26
2.2.4.	Cambio del paradigma actual de consumo de energía.	27
2.2.5.	Acciones emprendidas desde el sector eléctrico en eficiencia energética.....	27
2.2.5.1.	Ecuador Proyecto “Sustitución de Refrigeradoras”.....	27
2.3.	Marco referencial.....	29
2.3.1.	Sistema de monitoreo de consumo eléctrico inalámbrico y analizador de la calidad de la energía.	29
2.3.2.	Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo Energético en el Campus Rodríguez Lara –Espe Extensión Latacunga.....	29

2.3.3.	Sistema de Medición Inteligente de Energía Eléctrica en la Empresa The Tesalia Springs Company S.A.: Implementación y Análisis de Resultados.	30
2.3.4.	Propuesta y evaluación de tratamientos para la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial mediante el desarrollo de experimentos económicos.	31
2.3.5.	Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador.	31
2.3.6.	Estudio de la eficiencia energética en edificios municipales comparando herramientas de simulación con medidas experimentales.	32
2.3.7.	Desarrollo de sistemas de tiempo real basados en componentes utilizando modelos de comportamiento reactivos.	33
2.4.	Marco legal.	34
2.4.1.	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.	34
2.4.1.1.	Art.74 (Exclusión de responsabilidad).	34
2.4.1.2.	Art. 75 (Establecimiento de políticas de eficiencia energética).	34
2.4.2.	Ley Orgánica de Eficiencia Energética.	34
2.4.2.1.	Art. 1 (Objetivo y ámbito).	34
2.4.2.2.	Art. 2 Declaración de Interés Nacional.	35
2.4.2.3.	Art. 3 (Principios).	35
2.4.2.4.	Art. 9 (Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados).	35
2.4.2.5.	Art. 16 (De los consumidores de energía).	36
2.4.2.6.	Art. 17 (Ahorro y uso eficiente de energía).	36
CAPITULO III		37
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		37
3.1.	Localización	38
3.2.	Tipo de investigación.	39
3.2.1.	Investigación diagnóstica.	39
3.2.2.	Investigación documental.	39
3.2.3.	Investigación exploratoria.	39

3.2.4.	Investigación cuasi-experimental.....	39
3.3.	Método de investigación.	40
3.3.1.	Método de observación.	40
3.3.2.	Método analítico.	40
3.3.3.	Método deductivo.....	40
3.3.4.	Método de síntesis.	40
3.4.	Tratamiento de datos.....	40
3.5.	Recurso humano y material.	40
3.5.1.	Recurso humano.....	40
3.5.2.	Recursos Materiales.....	41
3.5.2.1.	Hardware.	41
3.5.2.2.	Software.	41
3.5.2.3.	Materiales de campo.	41
3.6.	Presupuesto.....	42
CAPITULO IV.....		43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		43
4.1.	Resultado.	44
4.1.2.	Resultado de arquitectura que permitió monitorear el consumo de energía eléctrica.	46
4.1.2.1.	Capa física.....	46
4.1.2.2.	Capa proceso.	47
4.1.2.3.	Capa de aplicación.	48
4.1.3.	Diseño del circuito en el programa Proteus.....	49
4.1.3.1.	Muestras en Osciloscopio.	49
4.1.4.	Base de datos.	50
4.1.4.1.	Configuración de influxdb.....	50
4.1.5.	Configuración Grafana.	51

4.1.6.	Sistemas de notificación y alerta por correo electrónico.....	52
4.1.7.	Programación de Raspberry Pi para el sistema eléctrico.	53
4.1.8.	Implementación del sistema eléctrico.....	59
4.1.9.	Análisis en tiempo real de consumo eléctrico.	62
4.2.	Discusión.	71
CAPÍTULO V		77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		77
5.1.	Conclusiones.	78
5.2.	Recomendaciones.	79
CAPITULO VI.....		80
BIBLIOGRAFÍA		80
CAPITULO VII.....		84
ANEXOS....		84
7.1.	Comando para saber el ARM del procesador.....	85
7.2.	Protocolos a modificar dentro de influxdb.	85
7.3.	Manual para instalar de Grafana.....	85
7.4.	Comando de ejecución de arranque de Grafana y influxdb.	88
7.5.	Datasheet sensor sct-013-030.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figuras 1 Líneas SDA y SCL durante la secuencia de inicio.....	11
Figuras 2 Onda senoidal	17
Figuras 3 Rectificador de media onda.....	18
Figuras 4 Rectificador de onda completa.....	19
Figuras 5 Circuito de muestreo y ejemplo de su comportamiento	20
Figuras 6 ADS 1115.....	21
Figuras 7 Raspberry PI.....	22
Figuras 8 Diagrama de para conector estándar	22
Figuras 9 Daño atmosférico.....	25
Figuras 10 Diagrama de dispersión	26
Figuras 11 Monitoreo.....	29
Figuras 12 Ventana general de medición de energía eléctrica	30
Figuras 13 Condiciones de confort	32
Figuras 14 Localización del proyecto de investigación	38
Figuras 15 Croquis de la casa.....	38
Figuras 16 Arquitectura del sistema monitoreo del consumo de energía	46
Figuras 17 Conexiones de PCB	47
Figuras 18 Modelo de procesos de datos	48
Figuras 19 Conexiones de sistema de monitoreo de consumo eléctrico.....	48
Figuras 20 Diseño del circuito en el programa Proteus.....	49
Figuras 21 Simulador de señal senoidal registrada en Proteus.....	49
Figuras 22 Pantalla Principal de Grafana	51
Figuras 23 Pantalla de Bienvenida de Grafana	52
Figuras 24 Conexión con la base de datos.....	52
Figuras 25 Configuración SMTP	53
Figuras 26 Instalación en caja protectora.....	59
Figuras 27 Conexión de la ADS1115	60
Figuras 28 Circuitos PCB.....	60
Figuras 29 sensor stc-013.....	61
Figuras 30 conexión completa del sistema eléctrico	61
Figuras 31 Gráfico de sensor 1, primera semana de consumo	62
Figuras 32 Gráfico de sensor 2, primera semana de consumo	62
Figuras 33 Gráfico de sensor 3, primera semana de consumo	63
Figuras 34 Gráfico de sensor 4, primera semana de consumo	63
Figuras 35 Gráfico de sensor 1, segunda semana de consumo.....	64

Figuras 36 Gráfico de sensor 2, segunda semana de consumo	64
Figuras 37 Gráfico de sensor 3, segunda semana de consumo	64
Figuras 38 Gráfico de sensor 4, segunda semana de consumo	65
Figuras 39 Gráfico de sensor 1, tercera semana de consumo	65
Figuras 40 Gráfico de sensor 2, tercera semana de consumo	66
Figuras 41 Gráfico de sensor 3, tercera semana de consumo	66
Figuras 42 Gráfico de sensor 4, tercera semana de consumo	66
Figuras 43 Gráfico de sensor 1, cuarta semana de consumo	67
Figuras 44 Gráfico de sensor 2, cuarta semana de consumo	67
Figuras 45 Gráfico de sensor 3, cuarta semana de consumo	68
Figuras 46 Gráfico de sensor 4, cuarta semana de consumo	68
Figuras 47 Gráfico de sensor 1, quinta semana de consumo	69
Figuras 48 Gráfico de sensor 2, quinta semana de consumo	69
Figuras 49 Gráfico de sensor 3, quinta semana de consumo	70
Figuras 50 Gráfico de sensor 4, quinta semana de consumo	70
Figuras 51 Foto de medidor electrico dia 02/10/2019	74
Figuras 52 Foto de medidor electrico dia 05/10/2019	74
Figuras 53 Grafico de líneas de Grafana con fecha de medidores	75
Figuras 54 Grafico de línea de Grafaba con fecha de planilla eléctrica	75
Figuras 55 Planilla eléctrica	76
Figuras 56 ARM de Procesador	85
Figuras 57 Editor de texto Nano	85
Figuras 58 Pagina principal de Grafana	86
Figuras 59 Repositorio de Grafana	86
Figuras 60 Selección mediante ARM	87
Figuras 61 Líneas de comando para descargar	87
Figuras 62 Comando de reinicio de Influxdb	88
Figuras 63 Comando de reinicio de Grafana	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de Ondas	19
Tabla 2 Consumo per cápita multianual	24
Tabla 3 Recursos de hardware utilizados en la investigación	41
Tabla 4 Recursos de software	41
Tabla 5 Presupuesto del Proyecto	42
Tabla 6 Comparación de los dispositivos analógica y digital	44
Tabla 7 Comparación de procesadores de datos	45
Tabla 8 Comparación de sensores SCT-013	45
Tabla 9 Tabla de consumo eléctrico por semana.....	71
Tabla 10 Comparación de consumo entre semana más activa.....	73

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ancho de banda.....	16
Ecuación 2 Valor eficaz de la corriente	19
Ecuación 3 Calculo de consumo eléctrico.....	23

Código Dublín

Título:	“Monitoreo en tiempo real del consumo de energía eléctrica residencial que permita optimizar la eficiencia energética”		
Autor:	Pérez Párraga Roger, Troya Tito Jaime		
Palabras claves:	Telemetría	Aplicación móvil	Consumo eléctrico
	Sensores	Base de datos	Raspberry pi
Fecha de publicación:			
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo		
Resumen:	<p>Resumen. - El proyecto de investigación se centra en realizar un prototipo de telemetría para la obtención de datos en tiempo real sobre el consumo eléctrico en casas residenciales obteniendo muestras que serán presentadas en una aplicación basada en IoT. Este proyecto consta de sensores tipo bobinas que son los encargados de recoger datos del consumo eléctrico y enviarlos a una Raspberry Pi para que puedan ser procesados y almacenados en una base de datos de series de tiempos, al mismo tiempo se transfieren los datos hacia una aplicación web mediante protocolos de comunicación para que los usuarios puedan monitorear el consumo eléctrico, observando los valores picos de un circuito eléctrico en tiempo real, durante un determinado periodo de tiempo según la disposición del usuario. Para la recopilación de datos fue necesario colocar el sistema eléctrico en el interior de una caja para que todos los componentes se encuentren en una posición estable y de esa manera al momento que los sensores realicen el monitoreo no arroje datos erróneos.</p> <p>Abstract.- The research project focuses on the creation of prototypes of an electrical system to obtain real-time</p>		

	<p>data on the consumption of electricity in residential homes by obtaining samples that will be presented in an IoT-based application. This project consists of coil-type sensors that are responsible for collecting electricity consumption data and sending it to a Raspberry Pi so that it can be processed and stored in a time series database, while the data is transferred to an application web through communication protocols so that users can monitor the electrical consumption, observing the maximum values of an electrical circuit in real time, during a certain period of time according to the user's disposition. For the collection of data it was necessary to place the electrical system inside a box so that all the components are in a stable position and, therefore, at the moment when the sensors perform the monitoring, no erroneous data is obtained.</p>
Descripción:	hojas; dimensiones, 17 x 21 cm
URL:	

INTRODUCCIÓN.

La electricidad se ha vuelto un insumo muy importante para las actividades diarias de cualquier persona, generando demandas de electricidad cada vez mayor, semejante al desarrollo tecnológico y comunicaciones, consumiendo desproporcionadas cantidades sin darse cuenta de los excesos a los que está expuesto por desconocimiento desarrollando hábitos de consumismo energético.

Se puede crear tarifas en horas picos de consumo de energía para incentivar a un ahorro energético. Las viviendas y pequeñas empresas de Canadá pagan tarifas por horario de uso por su electricidad. Las tarifas por horario de uso cambian según la hora y el día de la semana. Los horarios también cambian según la estación [1].

El monitoreo de la energía eléctrica en diferentes países se desarrolla con el estudio de redes inteligentes, en la regiones locales se determina mediante sistemas para detectar equipos con sobre cargo de consumo, en el ámbito local residencial los encargado son las empresas distribuidoras que solo indican el consumo que se realiza mensualmente dejando sin poder verificar por cuenta propia cual es el consumo realizado en otros periodos de tiempo, este prototipo da la posibilidad de saber la cantidad de energía que se consume en una residencia y a su vez la de cada circuito mediante un sistema telemétrico basado en IoT. Con la implementación de sensores de magnitud eléctrica se permite al usuario poder monitorear en tiempo real el consumo eléctrico.

Un proceso de este tipo inicia mediante la captura de información que se obtiene por medio de sensores, los transductores transforman dicha información que luego es enviada a través de algún medio para así dar un trato más agradable y de esa manera poder trabajar con los datos obtenidos en aplicaciones basados en IoT.

Según ARCONEL³ el promedio mensual de los clientes regulados en el 2015 es de 328.11 KWh/cliente, en el 2016 el consumo presentó un decrecimiento de -2.7% con 319.76 KWh/cliente referente al año anterior y en el 2017 se presentó otro decrecimiento de -0.17% teniendo 319.23 KWh/cliente, se intuye que este decrecimiento se debe al terremoto de 2016 y a la contracción de la economía [2].

³ ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad (Ecuador)

El uso eficiente de la energía con lleva tener un estilo de vida ahorrativo empleando de manera óptima las necesidades de consumo eléctrico en la vida cotidiana sin alterar el confort, ayudando a proteger el medio ambiente evitando consumos excesivos de energía.

CAPITULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

Los problemas con el alza de precio en las planillas eléctricas en las residencias crean incertidumbre, esto se debe a la falta de control en la toma de datos de los medidores por parte de la empresa encargada quienes son los responsables de registrar el consumo eléctrico mensualmente y la generación de las planillas por medio de un sistema promediado de consumo eléctrico, de acuerdo a ARCONEL en 2018 el 97.05 % de la población ecuatoriana cuenta con servicio eléctrico y con un 98,38% en la Provincia de Los Ríos [3].

En la actualidad Quevedo no cuenta con servicios para monitorear el consumo eléctrico que respalden dicho consumo expresado en las planillas eléctricas, los usuarios no tienen en cuenta la demanda de consumo que generan al dejar conectados aparatos eléctricos que no se utilizan y de allí parte la importancia al análisis eléctrico, concientizando un ahorro monetario alcanzando a una eficiencia energética.

1.1.1. Planteamiento del problema.

El atlas del sector Eléctrico Español menciona que la gestión de la demanda Eléctrica es una actividad económica orientada a que los consumidores tengan en cuenta los costes de suministros de la energía cuando organicen y realicen su demanda eléctrica, promueve que modifiquen su equipamiento eléctrico y/o su forma de usarlo, para que el coste del servicio que obtienen de la electricidad sea menor [4]. La utilización de electrodomésticos eco amigables con categorías energéticas puede ayudar al usuario a tener menos gastos incentivando con resultados la comparación de consumo eléctrico de estos tipos de electrodomésticos.

La gestión de uso eficiente de la energía eléctrica permite conocer el impacto de los programas de ahorro de energía, para lo cual es necesario realizar mediciones, ya que es la mejor forma de validar medidas y efectos de las campañas implementadas por el sector energético [5]. El monitorear el consumo de la energía y que los usuarios puedan observar el incremento que existe por medio de circuitos al conectar electrodomésticos que cumplieron su vida media, tendría impactos significativos sobre el desperdicio de la energía. Emplear menos energía, haciendo un uso óptimo de los recursos para hacer funcionar los aparatos es una obligación para los fabricantes. Más allá del marco legal, contar con electrodomésticos más eficientes no es de interés exclusivo de las autoridades y la industria, “pues es algo que también atañe al consumidor desde el punto de vista del ahorro y del compromiso ambiental”

[6]. El consumo de energía aumenta la utilización de combustibles fósiles en el Ecuador, en el 2017 se utilizó 7.374,75 Gwh⁴ [2], este tipo de energía es contaminante produciendo un impacto ambiental que afecta a largo plazo la reducción del consumo eléctrico, una forma para disminuir la utilización de combustibles fósiles con fuente de energía es optar por energías renovables.

Diagnóstico

ARCONEL [2] indica que en el 2017 aproximadamente el 97.33% de viviendas cuentan con el servicio eléctrico, en la actualidad el Ecuador no cuenta con un sistema de monitoreo de consumo eléctrico esto se ve evidenciado en el alto coste de las planillas eléctricas. Otro de los factores negativos es que los medidores no se encuentran a la vista de las personas encargadas en recoger datos que son utilizados para generación de las planillas eléctricas. Los usuarios que hacen uso del consumo eléctrico desconocen de la cantidad de energía eléctrica que consume mensualmente por motivo que los datos son manejados por la empresa eléctrica donde solo ellos emiten la planilla a pagar.

Pronóstico

La recolección de datos del consumo eléctrico se obtendrá de una residencia en El Empalme, el sistema eléctrico tendrá como elementos sensores no invasivos capaz de analizar el flujo eléctrico que pasa por un cable, el mismo transmitirá datos a un módulo digital que ayuda corregir valores negativos que se enviarán a un Raspberry pi en donde se tomará ciertas cantidades pico de potencia por segundos y se enviarán a una base de datos que está desarrollada para almacenar en base a información Telemétrica.

Se puede detectar retrasos en circunstancias de tiempo al momento de mostrar la información debido a la conexión con la base de datos interna que está en la Raspberry pi. Si la conexión a internet no existe los datos se almacenan en la base de datos interna y cuando exista conexión a internet se pueden reflejar la información almacenada ya que está configurado como localhost⁵.

4 **Gwh:** Gigavatio-hora una medida de energía eléctrica equivalente a la que desarrolla una potencia suministrada.

5 **Localhost:** hace referencia a la computadora en la que se está ejecutando cierto programa.

1.1.2. Formulación del problema.

¿Cómo monitorear en tiempo real el consumo de energía residencial implementado sistema embebido en una residencia?

1.1.3. Sistematización del problema.

- ¿Qué tipos de dispositivos permiten medir el consumo eléctrico?
- ¿Cómo determinar la arquitectura que permita obtener el consumo energía eléctrica?
- ¿Qué tipo de sistema puede recolectar y gestionar la información obtenida de los sistemas embebidos?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de telemetría basado en IoT que permita el monitoreo en tiempo real del consumo de energía eléctrica residencial empleando sistemas embebidos.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Analizar dispositivos electrónicos que permitan obtener valores en tiempo real de magnitudes eléctricas básicas.
- Determinar la arquitectura de la red de sensores a implementar que permita el monitoreo de consumo de energía eléctrica.
- Desarrollar una plataforma Telemática para la recolección y gestión de la información obtenidas por la red de sensores.

1.3. Justificación.

Las facturas elevadas de consumo eléctrico pueden generar problemas económicos a los usuarios, esto puede ser debido a mala lectura del medidor que registra el consumo eléctrico o por electrodoméstico que ya cumplieron con su vida media, causando excesos de energía que visualmente no se puede ver, esto crea una disputa entre la empresa eléctrica y los usuarios quienes suelen tratar con inspectores para revisar la residencia, para determinar si se generó ese consumo eléctrico o existió una falla al recoger datos para emitir facturas de consumo.

Las inspecciones pueden otorgar una baja de precios o dejar el mismo precio de consumo eléctrico, se suelen basar en el número de electrodomésticos que tienen una residencia para dar un veredicto sin una justificación eléctrica que corrobore su resultado, un monitoreo del consumo eléctrico puede ayudar a despejar incógnitas que ayudan a los usuarios a entender de mejor manera el consumo que genera diariamente debido al mal uso de electrodomésticos conectados.

Por ese motivo, mediante este proyecto se desarrolló una aplicación orientada al “Internet de las cosas” dónde se pueda observar el consumo de recursos de energía eléctrica en un ambiente doméstico con electrodomésticos conectados y que permite la interacción con sensores que detectan los picos de potencias en la toma de decisiones.

La finalidad de esta investigación es que mediante la implementación de este sistema de monitoreo de consumo eléctrico los usuarios de las viviendas puedan reducir los gastos de consumo innecesarios en el hogar, logrando obtener en tiempo real los datos y permitiendo tener una idea de la potencia real de ciertos electrodomésticos o equipos que se encuentran en la residencia.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual.

2.1.1. Sistemas de tiempo real.

Los sistemas de tiempo real son sistemas informáticos que debido a sus naturaleza o funcionalidad interaccionan continuamente con un entorno que evoluciona dinámicamente en el tiempo físico. Son por tanto sistemas reactivos, que deben generar respuestas con restricciones temporales a los eventos que reciben del entorno en instantes específicos del tiempo. Debido a ello su, correcto funcionamiento se produce no solo cuando realizan las acciones correctas o generan los datos específicos por su funcionalidad, sino también cuando las generan en los tiempos adecuados. Muy frecuentemente los sistemas de tiempo real son también empotrados, esto es, sistemas computacionales que forman parte de un sistema mayor, y que controlan o supervisan alguna de sus funciones internas [7].

2.1.1.1. Desarrollo de aplicaciones de Telemetría.

La telemetría funciona a través de sensores en la fuente remota que mide datos físicos (precipitación, presión o temperatura) o eléctricos (corriente o voltaje). Esto se convierte en voltajes eléctricos que se combinan con datos de temporización. Forman un flujo de datos que se transmite a través de un medio inalámbrico, cableado o una combinación de ambos.

En el contexto del desarrollo de software, el concepto de telemetría a menudo se confunde con el registro. Pero el registro es una herramienta utilizada en el proceso de desarrollo para diagnosticar errores y flujos de código y se centra en la estructura interna de un sitio web, aplicación u otro proyecto de desarrollo. Una vez que se lanza un proyecto, la telemetría es lo que está buscando para permitir la recopilación automática de datos del uso en el mundo real. La telemetría es lo que hace posible recopilar todos esos datos sin procesar que se convierten en análisis valiosos y procesables [8].

2.1.1.2. Transmisión de datos.

En la mayor parte de las ocasiones tendremos dos dispositivos que se intercambian datos conectados mediante un medio de transmisión. Este intercambio de datos se puede hacer de varias formas en función de la dirección del flujo de las señales enviadas entre los dos dispositivos enlazados, lo que se conoce como modos de transmisión:

- **Símplex:** cuando se establece una comunicación unidireccional entre los dos dispositivos. Un dispositivo solo recibe y el otro solo envía. Un ejemplo de comunicación símplex podría ser la radio o la televisión.

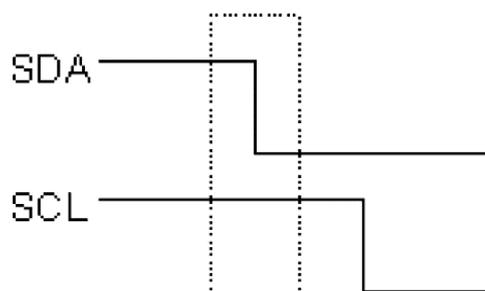
- **Half-dúplex o semi-dúplex:** cada dispositivo puede enviar y recibir datos, pero no al mismo tiempo. Cuando un dispositivo envía, el otro solo puede recibir y viceversa. Un ejemplo de este tipo de comunicación son los walkie talkies.
- **Full-dúplex o dúplex:** cuando los dos dispositivos que llevan a cabo la comunicación pueden enviar y recibir de forma simultánea. Para ello debe haber dos caminos físicos diferentes o se tiene que dividir la capacidad del enlace en dos canales. Un ejemplo de comunicación dúplex es la que se lleva a cabo en un ordenador conectado a una LAN [9].

2.1.2. Bus I²C.

Los dispositivos conectados al bus I²C⁴ tienen una dirección única para cada uno, de esta forma se puede establecer un protocolo en el que a través de las direcciones se puede indicar el dispositivo al que afecta la transmisión estando todos conectados al mismo tiempo. Existen dispositivos maestros, que pueden iniciar una comunicación y gobiernan la línea de reloj, y otros esclavos, que intervienen en la comunicación cuando son requeridos por el maestro. Pueden existir varios dispositivos con la característica de maestro y que pueden ir pasándose esa capacidad. Por ello, al bus I²C, se le denomina multi-maestro.

Se considera que el bus está libre cuando ambas señales están en estado lógico alto. En ese estado un dispositivo maestro puede ocupar el bus estableciendo la condición de inicio (start). La secuencia de inicio consiste en el cambio de nivel alto a nivel bajo de la línea SDA mientras la línea de reloj SCL se mantiene a nivel alto, como se muestra en la Figura 1. En la especificación I²C se permiten únicamente dos secuencias especiales en las que la línea SDA cambia mientras SCL se encuentra a nivel alto. Estas dos secuencias son las de inicio y parada. [10]

Figuras 1 Líneas SDA y SCL durante la secuencia de inicio



Fuente: <http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3>

Elaborado por: Jaime Troya; Roger Pérez.

2.1.3. Protocolo.

- **SDA:** Es la línea de datos serie (Serial DAta, en inglés), semibidireccional. Eléctricamente se trata de una señal a colector o drenador abierto. Es gobernada por el emisor, sea éste un maestro o un esclavo.
- **SCL:** Es la señal de sincronía (reloj serie, o Serial CLock en inglés). Eléctricamente se trata de una señal a colector o drenador abierto. En un esclavo se trata de una entrada, mientras que en un maestro es una salida.

Esta particularidad física de que las salidas de los excitadores I2C hayan de ser a colector o drenador abierto no es casual, sino que resulta de vital importancia para que a este bus con tan sólo una señal de datos y otra de sincronía se le pueda dotar de todas las características funcionales apuntadas en el apartado anterior [11].

2.1.4. Base de datos.

Es un almacén de datos relacionados con diferentes modos de organización. Una base de datos representa algunos aspectos del mundo real, aquellos que le interesan al usuario. Y que almacena datos con un propósito específico. Con la palabra “datos” se hace referencia a hechos conocidos que pueden registrarse, como ser números telefónicos, direcciones y nombres [12].

2.1.4.1. Tipos de bases de datos.

- **Bases de datos estáticas:** son bases de datos de sólo lectura, utilizadas primordialmente para almacenar datos históricos que posteriormente se puede utilizar para estudiar el comportamiento de un conjunto de datos a través del tiempo, para así realizar proyecciones y tomar decisiones.
- **Bases de datos dinámicas:** son bases de datos donde la información almacenada se modifica con el tiempo, permitiendo operaciones como actualización y adición de datos, además de las operaciones fundamentales de consulta [13].

2.1.5. SQL.

Lenguaje de base de datos normalizado, utilizado por el motor de base de datos de Microsoft Jet. SQL se utiliza para crear objetos QueryDef, como el argumento de origen del método OpenRecordSet y como la propiedad RecordSource del control de datos. También se puede utilizar con el método Execute para crear y manipular directamente las bases de datos Jet y crear consultas SQL de paso a través para manipular bases de datos remotas cliente – servidor [14].

2.1.5.1. Componentes del SQL.

El lenguaje SQL está compuesto por comandos, cláusulas, operadores y funciones de agregado. Estos elementos se combinan en las instrucciones para crear, actualizar y manipular las bases de datos [14].

2.1.5.2. Tipos de comandos SQL.

- Los DDL que permiten crear y definir nuevas bases de datos, campos e índices.
- los DML que permiten generar consultas para ordenar, filtrar y extraer datos de la base de datos [14].

2.1.6. Series de tiempo.

Un conjunto de observaciones sobre valores que toma una variable (cuantitativa) en diferentes momentos del tiempo. Los datos se pueden comportar de diferentes formas a través del tiempo, puede que se presente una tendencia, un ciclo; no tener una forma definida o aleatoria, variaciones estacionales (anual, semestral, etc.) [15].

Los modelos de series de tiempo tienen un enfoque netamente predictivo y en ellos los pronósticos se elaborarán sólo con base al comportamiento pasado de la variable de interés. Podemos distinguir dos tipos de modelos de series de tiempo [15]:

- **Modelos deterministas:** se trata de métodos de extrapolación sencillos en los que no se hace referencia a las fuentes o naturaleza de la aleatoriedad subyacente en la serie. Su simplicidad relativa generalmente va acompañada de menor precisión. Ejemplo de modelos deterministas son los modelos de promedio móvil en los que se calcula el pronóstico de la variable a partir de un promedio de los “n” valores inmediatamente anteriores.
- **Modelos estocásticos:** se basan en la descripción simplificada del proceso aleatorio subyacente en la serie. En término sencillos, se asume que la serie observada Y_1, Y_2, \dots, Y_T se extrae de un grupo de variables aleatorias con una cierta distribución conjunta difícil de determinar, por lo que se construyen modelos aproximados que sean útiles para la generación de pronósticos.

2.1.6.1. Componentes de una serie de tiempo.

Se dice que una serie de tiempo puede descomponerse en cuatro componentes (cinco si se considera una constante llamada nivel) que no son directamente observables, de los cuales

únicamente se pueden obtener estimaciones. Estos cuatro componentes son [15]:

- **Tendencia:** representa el comportamiento predominante de la serie. Esta puede ser definida vagamente como el cambio de la media a lo largo de un extenso período de tiempo.
- **Ciclo:** caracterizado por oscilaciones alrededor de la tendencia con una larga duración, y sus factores no son claros. Por ejemplo, fenómenos climáticos, que tienen ciclos que duran varios años.
- **Estacionalidad:** es un movimiento periódico que se producen dentro de un periodo corto y conocido. Este componente está determinado, por ejemplo, por factores institucionales y climáticos.
- **Aleatorio:** son movimientos erráticos que no siguen un patrón específico y que obedecen a causas diversas. Este comportamiento representa todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no son tendencia, variaciones estacionales ni fluctuaciones cíclicas.

2.1.7. Nube.

La característica básica de la computación en la nube es que los recursos y servicios informáticos, tales como infraestructura, plataforma y aplicaciones, son ofrecidos y consumidos como servicios a través de la Internet sin que los usuarios tengan que tener ningún conocimiento de lo que sucede detrás. Esto debido a que los usuarios no tienen idea alguna sobre la infraestructura que opera para ofrecer los servicios es que se llama Computación en las Nubes [16].

2.1.7.1. Arquitectura de la nube.

La arquitectura de cloud computing consiste de un conjunto de capas que se encuentran acopladas entre sí para brindar la funcionalidad del sistema, en este caso la arquitectura de Cloud Computing es similar a la arquitectura de red, desde un nivel físico hasta un nivel de aplicación. Esto debido a que Cloud Computing utiliza protocolos similares a los que se usan en Internet como medio de comunicación, ya sea basado en Web o no basado en Web. La arquitectura genérica de Cloud Computing tiene las siguientes capas mencionadas de abajo hacia arriba [17]:

- **Recursos físicos:** incluyen elementos como servidores, almacenamiento y red.

- **Virtualización:** incluye infraestructura virtual como un servicio.
- **Infraestructura:** incluye software de plataforma como servicio.
- **Plataforma:** incluye componentes de aplicación como servicio.
- **Aplicación:** incluye servicios basados en Web y software como servicio.

2.1.7.2. Modelos de despliegue.

Los modelos de despliegue se refieren a la posición y administración de la infraestructura de la nube. Se clasifica los modelos de despliegue de las infraestructuras y servicios en nube en cuatro categorías [18]:

2.1.7.2.1. Nube Privada.

La infraestructura en nube está preparada para el uso exclusivo de una única organización que comprende varios consumidores (por ejemplo, unidades de negocio). Puede ser de propiedad, administrada y operada por la organización, un tercero o una combinación de ellos y puede existir dentro o fuera de las instalaciones [18].

2.1.7.2.2. Nube Pública.

La infraestructura en nube está preparada para el uso abierto por el público en general. Puede ser de propiedad, administrada y operada por una organización de negocios, académica o del Gobierno, o una combinación de los tres. Existe dentro de las instalaciones del proveedor de la nube [18].

2.1.7.2.3. Nube Comunitaria.

La infraestructura en nube está preparada para el uso de una comunidad específica de consumidores de organizaciones que tienen intereses compartidos. Puede ser de propiedad, administrada y operada por una o más de las organizaciones en la comunidad, por un tercero o una combinación de ambos y puede existir dentro o fuera de las instalaciones [18].

2.1.7.2.4. Nube Híbrida.

La infraestructura en nube es una combinación de una o más infraestructuras en nube distintas (privada, pública o comunitaria) que permanecen como entidades únicas, pero están unidas por tecnologías estándares o propietarias que permiten la portabilidad de los datos y las aplicaciones [18].

Por nube pública se entiende al modelo más común de computación en nube, en el cual el proveedor en nube habilita el servicio a los usuarios con total ubicuidad desde Internet. De esta manera, el público objetivo de esta modalidad de servicios es muy generalista y su propietario es el propio proveedor de servicios [18].

2.1.8. Velocidad de transmisión ancho de banda y capacidad de un canal.

El ancho de banda como la anchura del espectro de una señal, es decir, el rango de frecuencias en las que una señal tiene componentes significativos. El ancho de banda de una señal digital perfecta es infinito, por lo que es necesario establecer unos criterios más realistas para determinar su ancho de banda efectivo, es necesario recortar el ancho de banda de la señal sin que se pierda la información digital que contiene. De una manera general, se puede establecer una relación entre el ancho de banda de una señal digital y la tasa de bits de esa señal.[9]

Para la transmisión de una señal digital en banda base, esta relación es la siguiente:

Ecuación 1 Ancho de banda

$$\text{Ancho de banda} = \frac{\text{tasa de bits}}{2}$$

2.1.9. Señales analógicas y digitales.

2.1.9.1. Señales analógicas.

Son variables eléctricas que evolucionan en el tiempo en forma análoga a alguna variable física. Estas variables pueden presentarse en la forma de una corriente, una tensión o una carga eléctrica. Varían en forma continua entre un límite inferior y un límite superior. Cuando estos límites coinciden con los límites que admite un determinado dispositivo, se dice que la señal está normalizada. La ventaja de trabajar con señales normalizadas es que se aprovecha mejor la relación señal/ruido del dispositivo.

2.1.9.2. Señales digitales.

Son variables eléctricas con dos niveles bien diferenciados que se alternan en el tiempo transmitiendo información según un código previamente acordado. Cada nivel eléctrico representa uno de dos símbolos: 0 o 1, V o F, etc. Los niveles específicos dependen del tipo

de dispositivos utilizado. Por ejemplo, si se emplean componentes de la familia lógica TTL⁶ los niveles son 0 V y 5 V, aunque cualquier valor por debajo de 0,8 V es correctamente interpretado como un 0 y cualquier valor por encima de 2 V es interpretado como un 1 [19].

2.1.10. Onda alterna senoidal.

La propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio. Esta propiedad del medio o magnitud suele variar en función del tiempo. Existen muchos tipos de ondas (olas, ondas de radio, sísmicas, etc.) y se pueden clasificar de diferentes maneras según el medio de propagación, según la dirección de la perturbación, según su periodicidad.

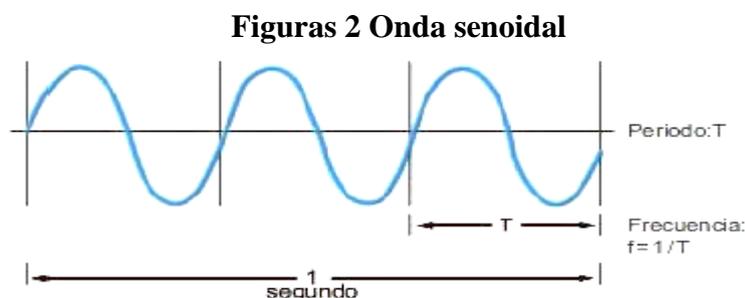
Una onda periódica es aquella en la que la perturbación que las origina se produce en ciclos repetitivos, tal es el caso de las ondas senoidales [20].

2.1.10.1. Clasificación de Ondas.

- **Bidireccional:** Polaridad de la magnitud (+) y (-) y cambia con el tiempo.
- **Unidireccional:** Polaridad única. Ejemplos: tren de impulsos, onda exponencial, dientes de sierra.

2.1.10.2. Periodo y frecuencia.

Si la señal es repetitiva en el tiempo, se puede decir que tiene una determinada frecuencia (f). La frecuencia es el número de veces que se repite la señal en un segundo y se mide en Hercios (Hz), es decir, 1Hz equivale a 1 ciclo por segundo. Además, dicha señal repetitiva tiene otro parámetro fundamental el período (T), definido por el tiempo como se muestra en la Figuras2. Que tarda la señal en completar un ciclo [21].



Fuente: http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R21_A6.pdf

Elaborado por: Jaime Troya; Roger Pérez.

⁶ TTL: transistor-transistor-logic

2.1.11. Rectificador de onda.

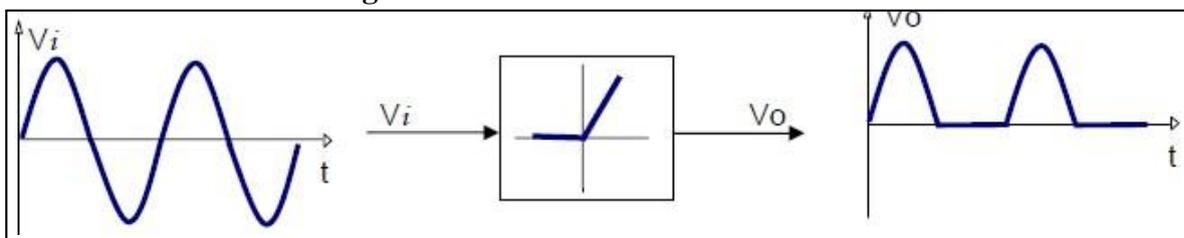
Tanto la generación como la transmisión y conversión de energía eléctrica se realizan de una manera más simple y eficiente en corriente alterna. En efecto, la generación de corriente alterna no requiere contactos móviles (colectores, escobillas) susceptibles de causar pérdidas energéticas y de sufrir desgastes. Asimismo, debido a la resistencia de los conductores que forman una línea de transmisión, es conveniente que la corriente sea lo menor posible, lo cual requiere, para una potencia dada, aumentar la tensión [22]

Es sabido que los transformadores de corriente alternan permiten llevar a cabo esta conversión con alto rendimiento. Luego, con un transformador en destino es posible reducir nuevamente la tensión a valores aceptables, la gran mayoría de los equipos con alimentación eléctrica funcionan con corriente continua. Se plantea entonces la necesidad de convertir la corriente alterna en continua, lo cual se logra por medio de la rectificación [22].

2.1.11.1. Rectificador de media onda.

Un circuito que elimina la mitad de la señal que recibe en la entrada, en función de cómo este polarizado el diodo si la polarización es directa, elimina la parte negativa de la señal como se muestra en la fig. 3 y si la polarización es inversa, elimina la parte positiva [23].

Figuras 3 Rectificador de media onda



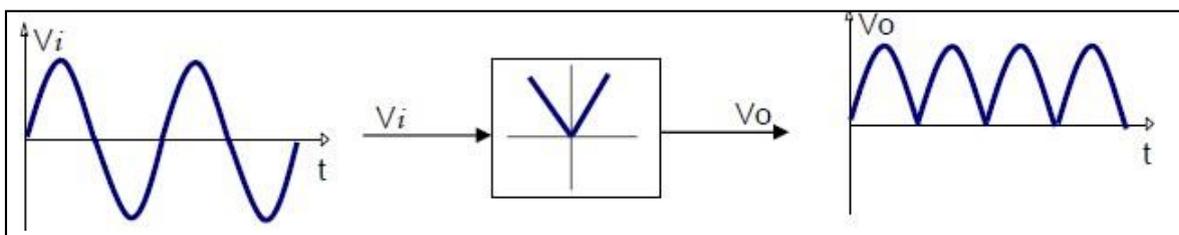
Fuente: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

Elaborado por: Jaime Troya; Roger Pérez.

2.1.11.2. Rectificador de onda completa.

Este circuito genera una señal de Corriente continua a partir de una señal de corriente alterna con todos los semiciclos de la señal, invirtiendo todos los semiciclos de una misma polaridad para igualarlos a otra como se muestra en la figura 4 [24].

Figuras 4 Rectificador de onda completa



Fuente: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

Elaborado por: Jaime Troya; Roger Pérez.

2.1.12. Corriente RMS.

La corriente RMS o valor eficaz como se muestra en la Ecuación 1, es la corriente capaz de producir el mismo trabajo que su valor en corriente directa o continua. La corriente RMS es el valor que nos entregan los instrumentos de medición, como por ejemplo una pinza amperimétrica. Para calcular el valor RMS se utiliza la siguiente formula [25]. De una señal periódica es el valor equivalente al de una señal DC que produce la misma potencia media (o la misma disipación de calor) sobre una resistencia [26].

Ecuación 2 Valor eficaz de la corriente

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

T: cantidades de muestra en periodo.

2.1.12.1. Valor eficaz de señales.

La expresión matemática para determinar valores eficaces de una señal periódica es:

Tabla 1 Tipos de Ondas

TIPO DE ONDA	VALOR EFICAZ
Onda sinusoidal	$\frac{A}{\sqrt{2}}$
Onda cuadrada	A
Media onda	$\frac{A}{2}$
triangular	$\frac{A}{\sqrt{3}}$

Fuente: Investigación

Elaborado por: Jaime Troya; Roger Pérez.

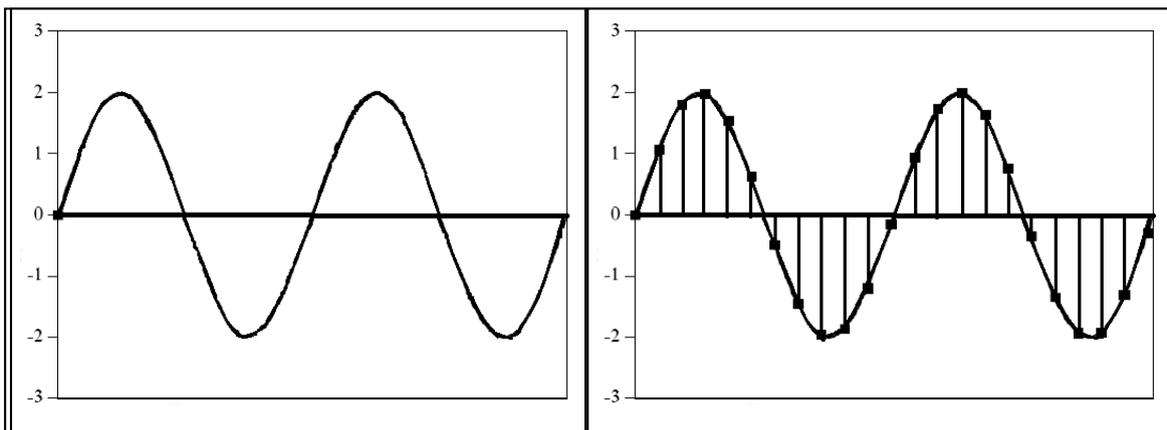
2.1.13. Muestreo.

El muestreo, también denominado “Discriminación de señal”, es el primer paso en el proceso de conversión de una señal analógica (tiempo y amplitud continuos) en una señal digital (tiempo y amplitud discretos). La conversión de la señal Análoga en Digital se realiza, entre otras razones porque las señales digitales presentan grandes ventajas a la hora de ser transmitidas y/o procesadas: mayor inmunidad al ruido, mayor facilidad de procesamiento y facilidad de multiplexaje.

Esta pérdida de información de alta frecuencia con las muestras de una señal sinusoidal. En la señal se muestreó de manera adecuada, por lo que su forma de onda puede recuperarse por interpolación. Sin embargo, la senoide que se muestra a una frecuencia relativamente baja y se observa que la interpolación no produce la señal original, sino una senoide con una frecuencia menor. Esta clase de confusión en la interpretación de las muestras se conoce por lo general como error de seudocomponentes, y las señales que poseen el mismo conjunto de muestras se conocen como señales relacionadas por seudocomponentes.

En las aplicaciones tecnológicas “las muestras” se toman a intervalos de tiempo “iguales”, proceso denominado “Muestreo periódico de la señal”, lo que facilita procesos como el de la “Reconstrucción de la señal” como se muestra en la Figura 5.

Figuras 5 Circuito de muestreo y ejemplo de su comportamiento



Fuente: investigación

Elaborado por: Jaime Troya; Roger Pérez.

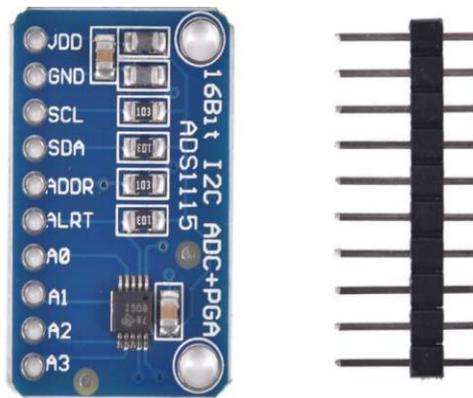
2.1.14. Sistemas embebidos.

2.1.14.1. ADS115.

El ADS115 es un convertidor analógico digital externo ideal cuando se requiere de más resolución o de más pines analógicos, un caso típico es cuando quieres medir diferentes señales analógicas. Este SoC solo incorpora un ADC como lo muestra Figura 6. [27].

El convertidor analógico digital te permite convertir del mundo analógico al mundo digital, todas las señales detectadas y procesadas por el ser humano son señales analógicas. El objetivo de convertir una señal analógica en una señal digital es que pueda ser tratada y procesada por un microcontrolador para diversos propósitos [27].

Figuras 6 ADS 1115



Fuente: <https://www.cytron.io/p-4-ch-16-bit-ads115-adc-module>

Elaborado por: cytron

2.1.14.2. Raspberry PI.

Una placa computadora (SBC) de bajo coste, se podría decir que es un ordenador de tamaño reducido, del orden de una tarjeta de crédito, desarrollado en el Reino Unido por la Fundación Raspberry PI (Universidad de Cambridge) en 2011, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas, aunque no empezó su comercialización hasta el año 2012[28].

El concepto es el de un ordenador desnudo de todos los accesorios que se pueden eliminar sin que afecte al funcionamiento básico. Está formada por una placa que soporta varios componentes necesarios en un ordenador común [28].

Figuras 7 Raspberry PI



Fuente: <https://market.samm.com/raspberry-pi-3-en>

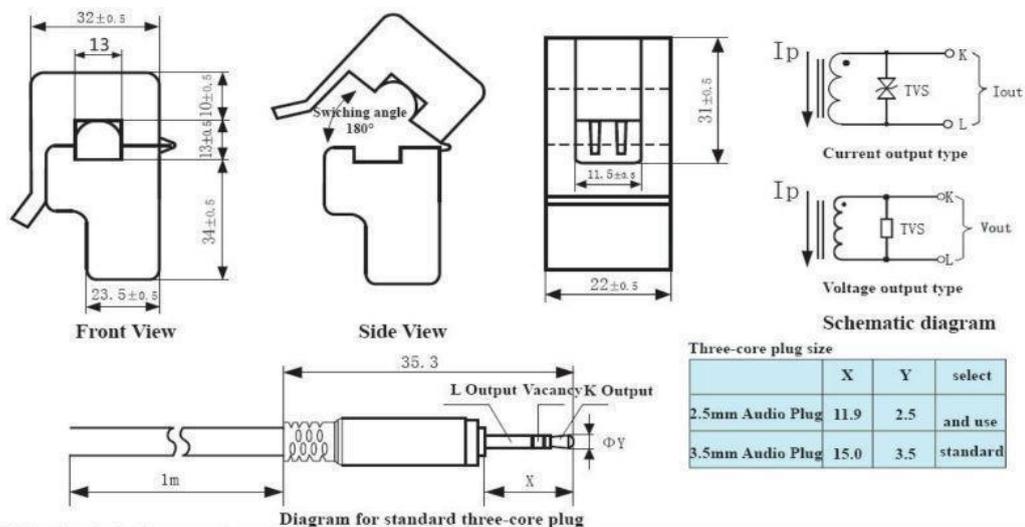
Elaborado por: samm(2018)

21.143. Sensores SCT.

Los sensores de la serie SCT-013 son sensores que trabajan como transformadores, la corriente que circula por el cable que deseamos medir actúa como el devanado primario 1 espira e internamente tiene un devanado secundario que dependiendo del modelo pueden tener hasta más de 2000 espiras [29].

La cantidad de espiras representa la relación entre corriente que circula por el cable y la que el sensor nos entrega, esta relación o proporción es la que diferencia entre los diferentes modelos de sensores SCT-013, adicionalmente pueden tener una resistencia de carga en la salida de esta forma en lugar de corriente se trabaja con una salida voltaje [29].

Figuras 8 Diagrama de para conector estándar



Autor: ElectroCrea (2019)

Fuente: <https://electrocrea.com/products/sensor-de-corriente-no-invasivo-sct-013>

2.1.15. Método para obtener el consumo eléctrico residencial.

Un sensor tipo bobina que nos permita verificar el flujo de energía que utilizara la residencia al hacer uso de sus aparatos electrónicos que utilizan diariamente, esta se ubicara saliendo de la caja de distribución eléctrica consiguiendo datos para poder hacer un análisis en referencia a los diferentes días si existen variaciones [30].

Ahora bien sabiendo que el consumo se mide en Kwh solo basta con saber cuántos watts gastan nuestros aparatos para convertirlos a Kilowatts y posteriormente hacer el cálculo de cuantas horas están trabajando durante un mes [30].

Ecuación 3 Calculo de consumo eléctrico

$$Kw = \frac{W}{1000}$$

$$W = I * V * PF$$

$$PF = 0.94$$

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Consumo de energía eléctrica en el Ecuador.

El consumo per cápita representa la relación que existe entre el consumo de energía y la población. La población es obtenida de las proyecciones poblacionales del Ecuador, a partir de censo ARCONEL[1].

Tabla 2 Consumo per cápita multianual

Año	Consumo de Energía (GWh)	Población* (miles)	Consumo Per Cápita (kWh/hab)
1999	7.730,69	12.121	637,79
2000	7.885,08	12.990	607,01
2001	7.965,60	12.480	638,27
2002	8.097,05	12.661	639,53
2003	8.362,31	12.843	651,12
2004	8.693,34	13.027	667,33
2005	9.044,38	13.771	656,79
2006	9.549,78	14.021	681,12
2007	10.063,95	14.271	705,21
2008	11.146,68	14.521	767,63
2009	12.740,80	14.771	862,55
2010	13.769,73	15.012	917,23
2011	14.931,12	15.266	978,04
2012	15.847,99	15.521	1.021,07
2013	16.742,94	15.775	1.061,38
2014	17.958,30	16.027	1.120,47
2015	18.926,51	16.279	1.162,64
2016	18.897,43	16.529	1.143,31
2017	19.427,56	16.777	1.157,99

Fuente: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/recaudacion-anual/>

Elaborado por: Jaime Troya; Roger Pérez.

En la tabla 2 cuando nos referimos al sector residencial, consideramos que el consumo de energía está destinado al uso doméstico.

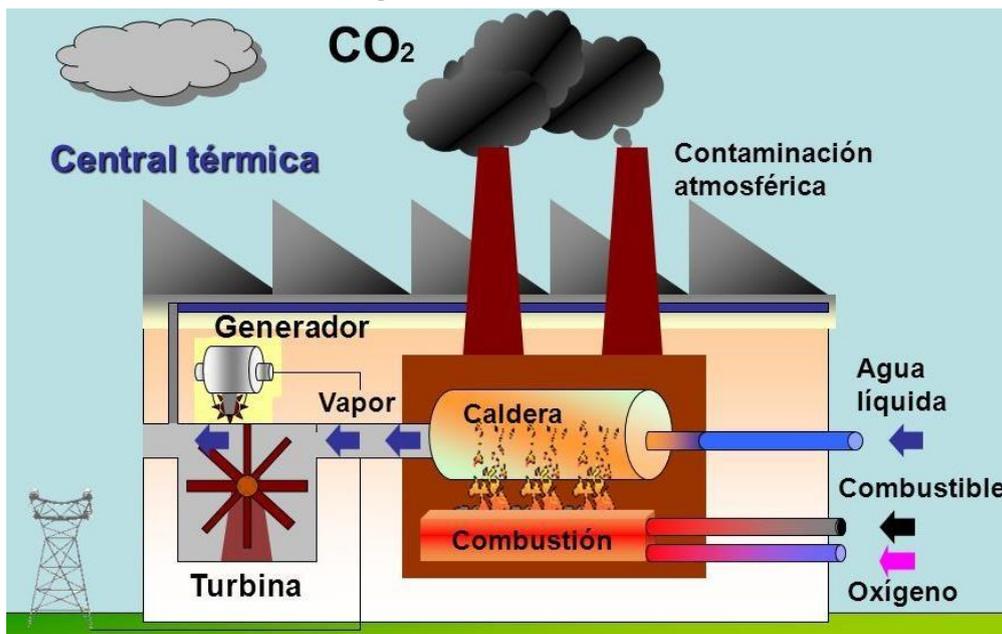
2.2.2. Costes del combustible fósil como producción de energía eléctrica.

Según Hurtado [32] la investigación y el perfeccionamiento tecnológico han sido factores decisivos en el aprovechamiento de la energía contenida en los combustibles fósiles. A pesar de los esfuerzos en el desarrollo de las fuentes de energía renovable (solar, oceánica, mareomotriz, térmica, biomasa, celdas fotovoltaicas) éstas sólo satisfacen requerimientos locales y su aprovechamiento no ha sido explotado en gran escala.

Según Pfeiffer [33] la energía solar es un recurso renovable limitado sólo por la tasa de ingreso del sol a la tierra. Los combustibles fósiles, por otra parte, son recursos del tipo almacenado que se pueden explotar a un ritmo casi ilimitado. Sin embargo, a escala humana, los combustibles fósiles no son renovables. Representan un depósito de energía planetaria que podemos extraer a la velocidad que deseamos, pero que en su momento se agotará sin renovarse. La Revolución Verde aprovechó este depósito de energía y lo utilizó para aumentar la producción agrícola.

El uso total de combustible fósil en Estados Unidos ha aumentado en 20 veces en las últimas cuatro décadas. En EE.UU. consumimos 20 a 30 veces más energía de combustible fósil per cápita que la gente en los países en desarrollo. La agricultura gasta directamente un 17% de toda la energía utilizada en este país. En 1990, utilizábamos aproximadamente 1.000 litros (6,41 barriles) de petróleo para producir el alimento de una hectárea de tierra.

Figuras 9 Daño atmosférico



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/4633064/>

Elaborado por: Elisa Maestre (2019)

2.2.2.1. Consumo de combustible por provincia del Ecuador.

En 2018, Orellana fue la provincia con mayor consumo de combustibles para generación de electricidad; esta alcanzó 555,92 kTEP, conformados por: 207,65 kTEP (37,35 %) de crudo; 196,29 kTEP (35,31 %) de diesel; 111,09 kTEP (19,98 %) de gas natural; 19,32 kTEP (0,03%) de residuo; y, 21,55 kTEP (3,88 %) de fuel oil. Le sigue de cerca Guayas con un

consumo de 521,79 kTEP, conformados por: 279,02 kTEP (53,47 %) de fuel oil; 200,43 kTEP (38,41%) de bagazo; 34,08 kTEP (6,53 %) de diesel; y, 8,26 kTEP (1,58 %) de residuo. Y, Sucumbíos con un consumo de 330,91 kTEP, conformados por: 17,48 kTEP (5,28 %) de GLP; 109,43 kTEP (33,07 %) de gas natural; 98,46 kTEP (29,75 %) de diesel, 13,38 kTEP(4,05 %) de residuo; y, de crudo 92,13 kTEP (27,84 %) [31].

2.2.3. Eficiencia energética.

Es el volumen de energía consumida por unidad de producción, que la EE significa utilizar menos energía para alcanzar una misma producción además de identificar los desperdicios de energía y tomar las acciones necesarias para eliminarlos, sin perjudicar la calidad [34].

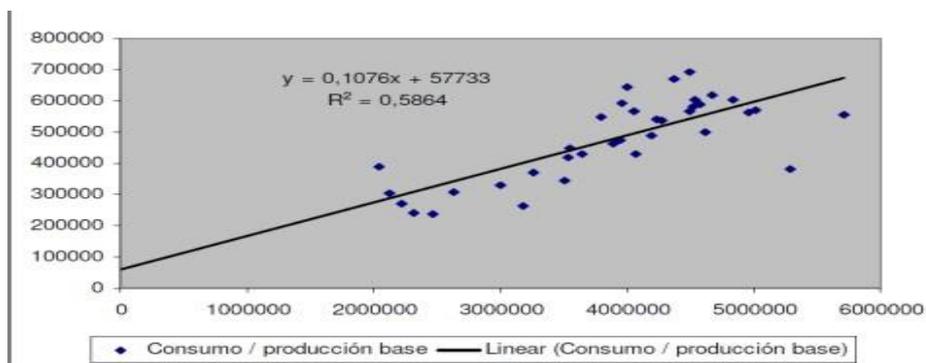
2.2.3.1. Gráficos de control.

Según Medina [34] Estos gráficos son diagramas lineares que permiten observar el comportamiento de una variable en función de determinados límites establecidos. Su importancia está en que permiten detectar comportamientos anormales que actúan en alguna fase del proceso y que influyen en la desviación estándar del parámetro de salida controlado.

2.2.3.2. Diagramas consumo, producción Vs. tiempo.

Este diagrama permite el análisis simultáneo de la variación del consumo energético y la producción durante el periodo de tiempo observado. Puede realizarse para analizar el comportamiento del consumo y producción de toda la empresa, un área o equipo específico. Es útil ya que muestra los periodos de tiempo en los cuales se producen comportamientos anormales en la variación del consumo respecto a variaciones en la producción, además de que permite identificar las causas que los producen, pues es posible determinar los periodos en los cuales se presentan dichos comportamientos y hacer un análisis específico para esos periodos como se muestra en la Figura 10. [34].

Figuras 10 Diagrama de dispersión



Fuente: http://www.revistaiic.org/articulos/numesp/articulo3_esp.pdf

Elaborado por: Carolina Salazar (2019)

2.2.4. Cambio del paradigma actual de consumo de energía.

Según Orozco [35] Una de las causas de la mayor demanda de energía eléctrica es el paradigma del alto consumo energético como signo de alto nivel de vida y de desarrollo sostenido. Este paradigma se debe asociar al hecho de que al sector energético y petrolero internacional le interesa no solo el consumo de sus derivados sino crear dependencia económica y tecnológica, para asegurarse un mercado cautivo.

Cabe aquí contrastar dicho paradigma con el concepto de sostenibilidad en el uso de los recursos naturales, que supuestamente posee un origen apolítico pero que al final se ve afectado por los conflictos de poder y de control entre los grupos o sectores sociales por los recursos energéticos; así que no se pueden separar los mecanismos de depredación de la naturaleza de los mecanismos de la explotación económico-social debido a intereses particulares de ciertos grupos de la sociedad. Por lo tanto, es necesario cambiar la cultura actual de consumo energético por una de ahorro y uso racional del recurso.

No obstante, primero se debe analizar si es posible que los individuos cambien sus valores. Se refiere a los valores como principios que deseamos que todas las personas desarrollen para beneficio de la humanidad y que no son innatos, se construyen y sí pueden ser modificados. Los valores como principios, pautas de comportamiento y decisión de actuar, son atributos de carácter individual, pero son compartidos por el colectivo mediante la interacción social.

2.2.5. Acciones emprendidas desde el sector eléctrico en eficiencia energética.

El gobierno ecuatoriano se ha destacado por la implementación de varias iniciativas enmarcadas en el cumplimiento de políticas públicas que están enfocadas a mejorar el desempeño energético del sector eléctrico. Dichas iniciativas promueven la adopción de nuevos hábitos de consumo en la ciudadanía y traen consigo beneficios al medioambiente a través de la disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), cuya presencia en la atmósfera genera el denominado “efecto invernadero (EI)”[36].

2.2.5.1. Ecuador Proyecto “Sustitución de Refrigeradoras”.

El proyecto busca la sustitución de 330.000 refrigeradoras ineficientes en 5 años a nivel nacional. A la fecha las Empresas Eléctricas de Distribución receptaron un total de 14.271 solicitudes de posibles beneficiarios del proyecto, realizándose la sustitución de 7.800

refrigeradoras a nivel nacional, lo que producirá un ahorro aproximado de 5.100 MWh al año de electricidad. Una vez se alcance la sustitución de las 330.000 unidades se espera obtener un ahorro de energía eléctrica de 215.780 MWh/año con un ahorro económico de US\$ 26.972.500 considerando un costo de la energía de 0,0125 US\$/kWh. La definición de los procesos de almacenamiento temporal y chatarrización, los cuales se constituyeron como actividades críticas del proyecto, han tenido el siguiente avance [37].

2.3. Marco referencial.

Los siguientes trabajos de investigación que se presentan sobre el tema como monitoreo del consumo eléctrico, eficiencia energética y análisis en tiempo real. Se escogieron documentos relacionados con la actual investigación.

2.3.1. Sistema de monitoreo de consumo eléctrico inalámbrico y analizador de la calidad de la energía.

El presente artículo tiene como objetivo primario detallar el desarrollo de una unidad central de monitoreo eléctrico inalámbrico en tiempo real, el cual brinda la capacidad al usuario final de conocer su consumo eléctrico histórico mediante una interfaz gráfica generada con el software NI LabView y un hardware controlado por la tarjeta programable Arduino. Además, el usuario puede conocer y analizar las distorsiones armónicas generadas en la red eléctrica. Los resultados comprueban la factibilidad de desarrollar un medidor de consumo eléctrico confiable y económico. Así como un análisis de la calidad en la energía eléctrica en tiempo real[38].

Figuras 11 Monitoreo



Fuente: http://www.revistaic.org/articulos/numesp/articulo3_esp.pdf

Elaborado por: Tejeda, Méndez, Lom (2014)

2.3.2. Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo Energético en el Campus Rodríguez Lara –Espe Extensión Latacunga.

Tomando como base los sistemas de monitoreo inteligentes implementados en Universidades del extranjero, se ha visto la necesidad de implementar un Sistema de Monitoreo de consumo de recursos energéticos en el campus Rodríguez Lara ESPE Extensión Latacunga, realizando un estudio práctico de monitorización de la energía

consumida mediante una red inteligente que integra el consumo de energía eléctrica y agua, ésta tecnología permite a cualquier persona mediante servicios web monitorear el consumo de energía a través de una plataforma virtual amigable para el usuario, lo que permitirá que la comunidad universitaria tome conciencia acerca del uso racional de los recursos energéticos que se consumen en el campus, siendo un aporte hacia la innovación en sistemas de monitoreo energético en el Ecuador, fomentando al desarrollo de nuevas tecnologías en el país[39].

2.3.3. Sistema de Medición Inteligente de Energía Eléctrica en la Empresa The Tesalia Springs Company S.A.: Implementación y Análisis de Resultados.

El presente artículo expone la implementación de un sistema de medición inteligente de energía eléctrica y otros recursos, implementado en la fábrica The Tesalia Springs Company S. A., con el objetivo de registrar los valores de consumo de electricidad, agua y CO2, requeridos en la elaboración de productos embotellados. El sistema está constituido por medidores digitales de energía, caudalímetros, controladores lógicos programables, además de switches utilizados para ampliar la capacidad de la red de comunicación ethernet industrial. Este sistema permite el monitoreo de parámetros eléctricos y consumo de energía en varias líneas de proceso. Se implementa una interfaz HMI que permite visualizar y almacenar mediciones para tener un adecuado manejo de la información, creando históricos de datos [40].

Figuras 12 Ventana general de medición de energía eléctrica



Autor: Reinoso, Salazar (2017)
Fuente: http://www.revistaic.org/articulos/numesp/articulo3_esp.pdf

2.3.4. Propuesta y evaluación de tratamientos para la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial mediante el desarrollo de experimentos económicos.

En esta tesis doctoral se ha realizado un estudio de diferentes métodos de reducción del consumo de energía a nivel residencial, clasificándolos en dos grandes grupos: métodos que aumentan la cantidad y calidad de la información recibida por el usuario en relación a su consumo, y métodos que incentivan económicamente el ahorro.

El experimento consistió en la instalación de un contador inteligente en una serie de viviendas de la provincia de Castellon. El objeto en este caso fue el de confirmar la validez de la herramienta informativa de mayor éxito en un entorno menos artificial que el del laboratorio. La conclusión principal fue que las herramientas informativas en el ámbito real son ineficaces si no van acompañadas de algún tipo de incentivo.

Como complemento a los resultados anteriores y también como propuesta para ampliaciones posteriores, se plantea el desarrollo de una calificación del comportamiento de los usuarios en sus viviendas mediante la definición de una etiqueta energética. A partir de ella, se clasificaría a los habitantes en función de sus costumbres energéticas, independientemente de las características de la vivienda que ocupan. Por último, se proponen diversas formas de aplicación del incentivo económico asociado a la etiqueta energética [41].

2.3.5. Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador.

El objetivo de la presente investigación fue determinar en qué medida se puede reducir el consumo de energía en el sector residencial de la ciudad de Cuenca, manteniendo óptimas condiciones de confort. El estudio se centra en la definición de indicadores de eficiencia energética para la vivienda, mediante la determinación de la demanda de energía y la definición de los factores de mayor consumo, usando un enfoque cualitativo y cuantitativo. Se realizaron encuestas en 280 viviendas del sector residencial de la ciudad de Cuenca. Paralelamente se monitorizó el consumo de luz y la calidad del ambiente interior de 6 viviendas y se las analizó mediante simulaciones. Los resultados fueron analizados y comparados con los estándares nacionales e internacionales de eficiencia, y utilizados como

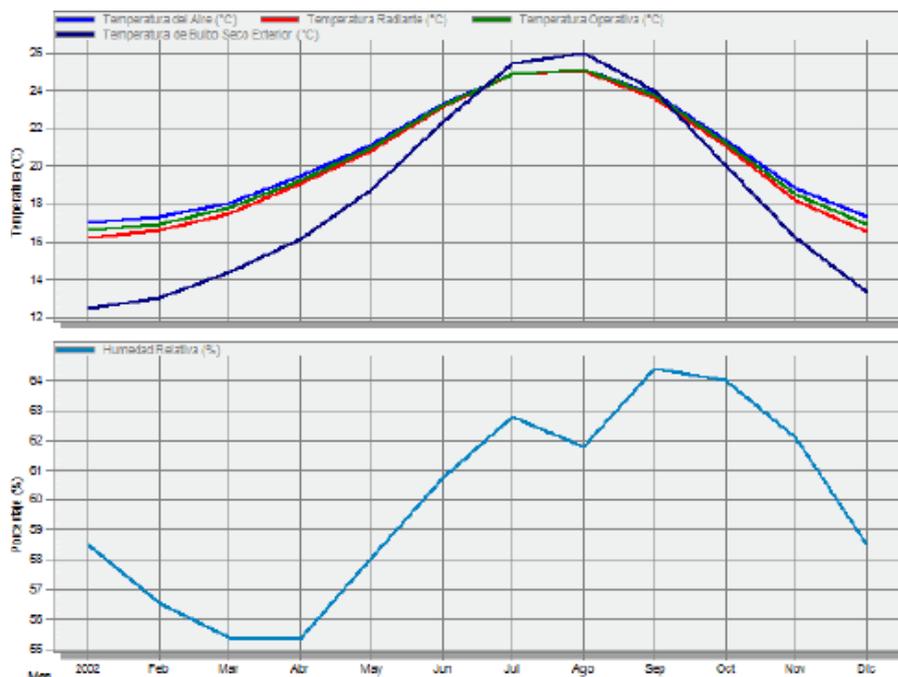
base para la definición de las estrategias de reducción de consumo de energía y la definición de indicadores mínimos de consumo de energía eléctrica [42].

2.3.6. Estudio de la eficiencia energética en edificios municipales comparando herramientas de simulación con medidas experimentales.

Debido a la importancia de lo relativo a la eficiencia energética a nivel global, se están desarrollando en la actualidad en Europa, y por lo tanto en España, políticas tendentes a la reducción de producción de gases de efecto invernadero, así como a la optimización de los consumos energéticos. Consecuencia directa de esto es la gran cantidad de normativa que se ha generado en los últimos años, así como su continua actualización pretendiéndose con esto alcanzar los objetivos fijados de reducción de consumo.

Se pretende realizar un enfoque bajo criterios de investigación y desarrollo utilizando para el análisis energético herramientas de simulación de reconocido prestigio internacional como es Energy Plus, con la que se consigue describir los aspectos de la eficiencia energética en la epidermis edificatoria y las tecnologías de climatización, así como los índices energéticos a utilizar [43].

Figuras 13 Condiciones de confort



Autor: Reinoso, Salazar (2017)

Fuente: http://www.revistaiic.org/articulos/numesp/articulo3_esp.pdf

2.3.7. Desarrollo de sistemas de tiempo real basados en componentes utilizando modelos de comportamiento reactivos.

EL objetivo principal de estas tesis es la definición de una metodología de desarrollo de aplicaciones de tiempo real basadas en componentes, orientada a aplicaciones cuyos requisitos temporales se especifican utilizando un modelo reactivo de comportamiento temporal. La metodología definida permite analizar, y en su caso certificar, el cumplimiento de los requisitos de tiempo real en aplicaciones que se construyen ensamblando componentes software reutilizables, esto es, componentes que han sido previamente diseñados con independencia de las aplicaciones en que van a ser utilizados, y que además son manejados de forma opaca, sin tener acceso a los detalles de su código. La metodología definida incluye tres contribuciones complementarias [7].

2.4. Marco legal.

2.4.1. Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.

2.4.1.1. Art.74 (Exclusión de responsabilidad).

La eficiencia energética tendrá como objetivo general la obtención de un mismo servicio o producto con el menor consumo de energía. En particular, los siguientes [45]:

- Fomentar la eficiencia en la economía y en la sociedad en general, y en particular en el sistema eléctrico;
- Promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos, priorizando el uso de energías renovables;
- Propiciar la utilización racional de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales;
- Incentivar la reducción de costos de producción a través del uso eficiente de la energía, para promover la competitividad;
- Disminuir el consumo de combustibles fósiles;
- Orientar y defender los derechos del consumidor o usuario final;
- Disminuir los impactos ambientales con el manejo sustentable del sistema energético.

2.4.1.2. Art. 75 (Establecimiento de políticas de eficiencia energética).

Las políticas y normas que se adopten por parte del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, para el cumplimiento de los objetivos establecidos en esta materia, procurarán una mayor eficiencia en el aprovechamiento de las fuentes de energía y en el uso de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales [45].

2.4.2. Ley Orgánica de Eficiencia Energética.

2.4.2.1. Art. 1 (Objetivo y ámbito).

La presente Ley tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética - SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad

de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas[46].

2.4.2.2. Art. 2 Declaración de Interés Nacional.

Se declara de interés nacional y como política de Estado, el uso eficiente, racional y sostenible de la energía, en todas sus formas, como elemento clave en el desarrollo de una sociedad solidaria, competitiva en lo productivo y preocupada por la sostenibilidad económica y ambiental [46].

El Plan Nacional de Desarrollo debe contemplar dentro de sus procesos y lineamientos, elementos destinados específicamente a la política nacional de eficiencia energética y al uso racional de la energía [46].

2.4.2.3. Art. 3 (Principios).

En materia de eficiencia energética, son principios de la presente Ley, todos los que emanan de la Constitución de la República, de los instrumentos internacionales ratificados por el Ecuador, de leyes de la materia y los contemplados en esta Ley [46]:

- Racionalización del consumo energético y preservación de recursos energéticos, renovables y no renovables;
- Mejoramiento de la productividad y la competitividad a través de la reducción de costos por uso eficiente de la energía;
- Promoción de energía limpia y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero;
- Fomento de una cultura nacional orientada al uso eficiente de los recursos energéticos;
- Transparencia e información adecuada para los consumidores y tomadores de decisión.

2.4.2.4. Art. 9 (Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados).

Entre los ejes y líneas de acción del Plan Nacional de Eficiencia Energética y por ende del Sistema Nacional de Eficiencia Energética se incluyen entre otros a los sectores de tránsito y transporte, normas de construcción eficiente, cuya ejecución en el territorio nacional

depende de los Gobiernos Autónomos Descentralizados [46].

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales implementarán las acciones y medidas necesarias, en el campo de sus competencias y atribuciones, para que las normas, reglamentos y disposiciones que se emitan en el ámbito del Sistema Nacional de Eficiencia Energética sean aplicados [46].

2.4.2.5. Art. 16 (De los consumidores de energía).

Los consumidores en los sectores público, industrial, comercial, turístico y recreativo, deberán procurar la implementación de acciones de eficiencia energética, mediante la adquisición de nuevas tecnologías, políticas de concientización empresarial, y optimización de uso de la energía en sus procesos productivos, con lo cual podrán ser beneficiarios de los incentivos que se establezcan para el efecto, así como del otorgamiento de certificados de ahorro de energía, de conformidad con los parámetros y condiciones establecidos en el Reglamento a esta Ley[46].

El Reglamento a esta Ley podrá contemplar obligaciones en materia de eficiencia energética, para los grandes consumidores de energía[46].

2.4.2.6. Art. 17 (Ahorro y uso eficiente de energía).

A nivel nacional, todo consumidor de energía debe velar permanentemente porque sus consumos estén enmarcados en el uso racional de la energía, y adaptar sus comportamientos de consumo, orientándolos al ahorro energético, sin que esto signifique disminuir sus condiciones de confort y producción [46].

El CNEE elaborará y actualizará permanentemente un listado de equipos de alto consumo energético que deberán ser reglamentados, en cuanto a su desempeño de eficiencia, por el organismo nacional de normalización [46].

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Esta investigación se llevó a cabo en una residencia de la ciudad de El Empalme, perteneciente a la Provincia del Guayas-Ecuador, la misma que se encuentra localizada en la calle principal E30 troncal a la sierra a 5 metros de MAGAP.

Figuras 14 Localización del proyecto de investigación



Fuente: Google Earth.

La cantidad de habitantes en esta vivienda es de 5 personas donde dos personas trabajan (padres de familia) que pasan en casa un tiempo estimado entre el 40 y 50% y los 3 hijos que pasan un 90% de su tiempo en la residencia. En la parte eléctrica cuenta con un sistema de iluminación de 8 focos dentro de casa y 3 afuera, 8 aparatos eléctricos, un sistema de climatización como se muestra en la figura 15.

Figuras 15 Croquis de la casa



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.
Fuente: Investigación

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación diagnóstica.

Por medio de esta investigación se determinaron factores que permiten establecer el lugar donde se realiza el monitoreo eléctrico de la residencia que este alejada un poco de la ciudad y que tiene separados los circuitos eléctricos en cuartos para tener mejor desempeño al momento de tener datos y comparar con el medidor eléctrico.

3.2.2. Investigación documental.

Se realizó una revisión de texto web, artículos científicos, libros, videos, entre otros ya existentes sobre el tema de monitoreo eléctrico, sensores, eficiencia energética, programación que ayuda a la revisión y sirven de guías para posibles soluciones que se puedan presentar a medida que se desarrolla la investigación.

Esta investigación permitió determinar la forma idónea de transmitir la información captados por sensores a la base de datos basadas en telemetría, así como también definir el mejor entorno y lenguaje de programación para su desarrollo.

3.2.3. Investigación exploratoria.

En la ciudad de El Empalme no existen datos sobre monitoreo del consumo eléctrico basado en telemetría, llevando a una recolección de datos por primera vez usando la investigación exploratoria que permitió conocer información sobre el consumo eléctrico de una casa residencial promedio, con estos datos se puede llevar a la eficiencia energética dando datos de consumo excesivo que se pueden evitar.

3.2.4. Investigación cuasi-experimental.

Este tipo de investigación fue llevada a cabo en dos etapas, la primera fue llevada a cabo con pruebas con aparatos eléctricos que permitieron saber la confiabilidad del sistema eléctrico y el consumo que genera, así como también la aplicación web que se desarrolló para ver resultados en tiempo real.

La segunda etapa se desarrolló directamente en la residencia que se monitorea por un periodo de 5 semanas dando registros a la aplicación web y obteniendo datos que ayudan a desarrollar la investigación pertinente.

3.3. Método de investigación.

3.3.1. Método de observación.

La observación en este método juega un papel fundamental, dado que es una herramienta empírica de reconocimiento de la problemática. En el caso de esta investigación se ha logrado determinar la necesidad de monitorear el consumo eléctrico para lograr que el abonado obtenga beneficios de comparar su facturación eléctrica mensual.

3.3.2. Método analítico.

Este método permite descomponer un objeto en partes constitutivas para la realización de este proyecto de investigación se deberán establecer las características de los equipos de los sistemas embebidos, tipo de monitoreo, entre otros, para el despliegue del sistema de telemetría.

3.3.3. Método deductivo.

Una vez que se establecen los conceptos básicos en cuanto a las características de los equipos de sistemas embebidos que se implementó el sistema de telemetría, se procede a la recolección y elaboración de una base de datos para el almacenamiento de los registros.

3.3.4. Método de síntesis.

Método sintético es cuando nos preguntamos qué conclusiones podemos sacar del estudio. En el caso de esta investigación nos permitió conocer el consumo eléctrico que influye en el ahorro de electricidad para uso residencial.

3.4. Tratamiento de datos.

Los datos serán procesados por el servidor interno de la Raspberry pi el mismo que se encargó de guardar mediante la base de datos influxdb, que almacena por fecha y hora los datos de consumo eléctrico que se registren.

3.5. Recurso humano y material.

3.5.1. Recurso humano.

- Director de proyecto
 - Ing. Ángel Iván Torres
- Autores:
 - Roger Pérez Parraga
 - Jaime Troya Tito

3.5.2. Recursos Materiales.

3.5.2.1. Hardware.

Tabla 3 Recursos de hardware utilizados en la investigación

Cantidad	Equipo	Descripción
2	Computadoras portátiles	Hp : <ul style="list-style-type: none">• Procesador Intel(R) core(TM) i3-4150T CPU @ 3.00GHz• Memoria RAM 8GB HP: <ul style="list-style-type: none">• Procesador Intel(R) core(TM) i5-9400F CPU @ 4.00GHz• Memoria RAM 4GB
1	Impresora	Epson L355
2	Memoria USB	HP: capacidad 8GB Kingston: capacidad 16GB

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

3.5.2.2. Software.

Tabla 4 Recursos de software

Nombre	Descripción
VNC Connect	Para tener acceso remoto a la Raspberry pi
Thonny	Editor de código para los sensores
Influxdb	Gestor de base de datos.
Grafana	Visualizador de datos
Software utilitario	Paquete Microsoft Office 2013.

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

3.5.2.3. Materiales de campo.

- Raspberry pi
- ads1115
- sensores SCT -013

3.5.2.4. Materiales de oficina.

- Hojas para impresión tamaño A4
- Internet
- Memoria USB
- CD

- Lapiceros

3.6. Presupuesto.

Tabla 5 Presupuesto del Proyecto

Cantidad	Articulo	Precio unitario	Total
1	Raspberry pi	\$70,00	\$70,00
1	Ads1115	\$8,00	\$8,00
4	Sensor SCT -013	\$15,00	\$60,00
8	Resistencia	\$0,15	\$1,20
20	Cable	\$0,10	\$2,00
4	capacitores	\$0,40	\$1,60
4	Jack de audio hembra	\$0,50	\$2,00
2	Baquelita	\$0,80	\$1,60
4	Swicht 2 tiempos	\$0,50	\$2,00
1	Caja de circuitos	\$2,00	\$2,00
1	Fan Raspberry (ventilador)	\$3,00	\$3,00
	TOTAL		\$153,40

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado.

4.1.1. Análisis para determinar los dispositivos electrónicos y herramientas de software.

- **Plataformas en que se desarrolla el sistema.**

Se analizaron diferentes plataformas de programación para cada proceso, luego se escoge de acuerdo con el funcionamiento y requisitos como disponibilidad del mercado y compatibilidad. Para terminar el proceso con la integración de datos.

Integración datos: Es la combinación de diferentes sistemas para procesar datos que se debe analizar mediante la composición, con un proceso compatible de comunicación rápida para poder procesar los datos que serán mostrados al usuario.

Amigables al usuario: las Páginas web y aplicaciones de celular deben optimizar el tiempo de carga donde permita visualizar la información al usuario.

- **Dispositivos eléctricos.**

Tabla 6 Comparación de los dispositivos analógica y digital

Dispositivos eléctricos	Capacidad de bits	Análisis Señal analógica	Voltaje operativo	Consumo de corriente	Interfaz del dispositivo
ADS1115	16	2^{15} (32768) m	5v	150 μ A	Bus I ² C con dirección de 7-bits de 0x48 a 0x4B
Arduino	10	2^{10} (1024) m	5v	46 μ A	I ² C

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Se escogió el dispositivo ADS1115 debido a la mayor capacidad de bit donde permite tener un mejor análisis de datos a diferencia que el dispositivo Arduino, dando resultados más precisos en tiempos más pequeño y tiene mayor precisión al obtener el consumo eléctrico en una casa residencial de acuerdo con los valores de la tabla 6.

Tabla 7 Comparación de procesadores de datos

Dispositivos eléctricos	CPU	RAM	LAN	Wifi	GPIO
Raspberry PI	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz	1GB LPDDR2 SDRAM	10/100	2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac	40 pines
Orange Pi Zero	Allwinner H2+ ARM Cortex-A7 quad core a 1.2 GHz	256 o 512 MB	10/100	802.11 b/g/n	23 pines

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

En la tabla 7 se muestra las características de los sistemas embebidos, se seleccionó la Raspberry Pi, en virtud de que tiene un mejor procesador que ayuda en el fluido de los datos ya que cuenta con una Ram de 1 GB la cual permitió recopilar toda la información brindada por dispositivo ADS1115 sin ningún problema, donde tiene una demanda de energía entre 3.5 - 4.4 w al ejecutar programas.

Tabla 8 Comparación de sensores SCT-013

Modelo de sensor	Corriente de entrada	Tipo de Salida
SCT-013-000	0-100 A	0-50mA
SCT-013-005	0-5 A	0-1V
SCT-013-010	0-10 A	0-1V
SCT-013-015	0-15 A	0-1V
SCT-013-020	0-20 A	0-1V
SCT-013-025	0-25 A	0-1V
SCT-013-030	0-30 A	0-1V
SCT-013-050	0-50 A	0-1V
SCT-013-060	0-60 A	0-1V
SCT-013-000V	0-100 A	0-1V

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El sensor SCT-013-030 es el que utilizará, ya nos permite realizar medidas en un rango de 30 amperios, tiene una resistencia de carga interna entregando una salida de voltaje, la

relación es de 30A/1V, esto ayudará para obtener todo tipo de medición desde unas pequeñas como un celular de 5 v hasta congeladores de 120V.

4.1.2. Resultado de arquitectura que permitió monitorear el consumo de energía eléctrica.

Se presentan esquemas de conexiones generales y específicos basado en capas física, proceso y aplicación.

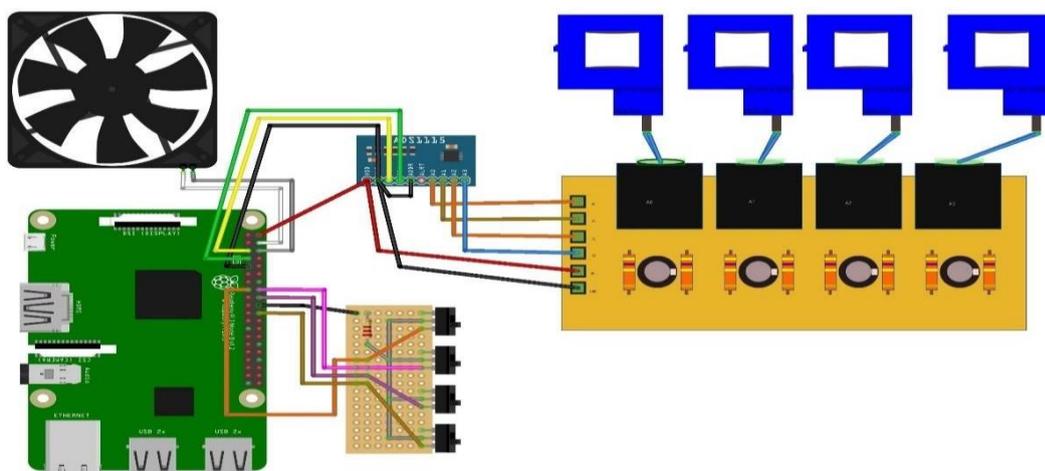
4.1.2.1. Capa física.

- **Conexiones generales.**

La raspberry pi se conecta por circuito de switch que están en los puertos 22, 23, 24, 25 (GPIO Entrada/Salida de Propósito General), se configura como pull-up⁷ ya que cuenta con un voltaje el cual debe estar conectado a tierra, se debe colocar una resistencia para proteger el circuito interno, además se incorpora un ventilador de 5 voltios a la Raspberry pi para evitar sobre calentamiento.

Los sensores SCT-013-030 tienen una salida tipo audio de 3.5 mm que se conectan a un conector de audio tipo hembra de las mismas dimensiones, el convertidor analógico digital ADS1115 se conecta a switch, utiliza 6 puertos de configuraciones y 4 de entradas analógicas A0, A1, A2, A3. Final mente se conecta a la raspberry pi mediante SDA (Datos en serie) y SCL (Reloj en serie) que son de comunicación mediante I2C⁸.

Figuras 16 Arquitectura del sistema monitoreo del consumo de energía



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

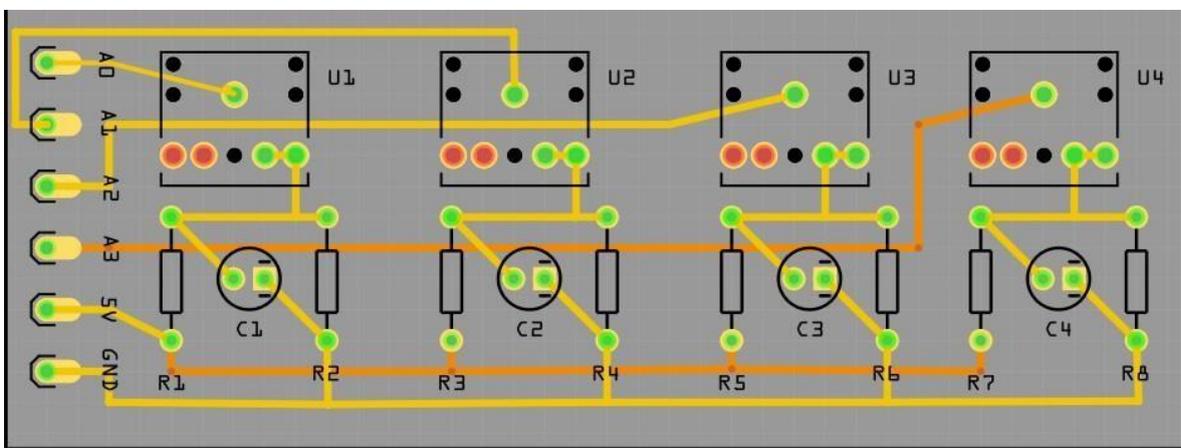
⁷ **Pull-up:** resistencias que están dispuestas en un circuito de una manera determinada y dependiendo de la configuración.

⁸ **I2C:** estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos.

- **Conexiones específicas.**

La parte de las conexiones entre los switches, sensores y ADS1115 se refleja en la figura 17. Los sensores envían un voltaje $\pm 1V_{rms}$ es decir $\pm 1.414 V_{pp}$, el sistema eléctrico cuenta con un voltaje de 2.5V, para evitar obtener un voltaje negativo es necesario integrar un circuito OFFSET⁹, ya que permite crear un divisor de voltaje con resistencias que ayudan a mantener el condensador de voltaje requerido. Para lograr este voltaje de 2.5V se debe alimentar con un voltaje mayor a 5V donde debe estar conectado a 2 resistencias en serie de 470 K ohm.

Figuras 17 Conexiones de PCB



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

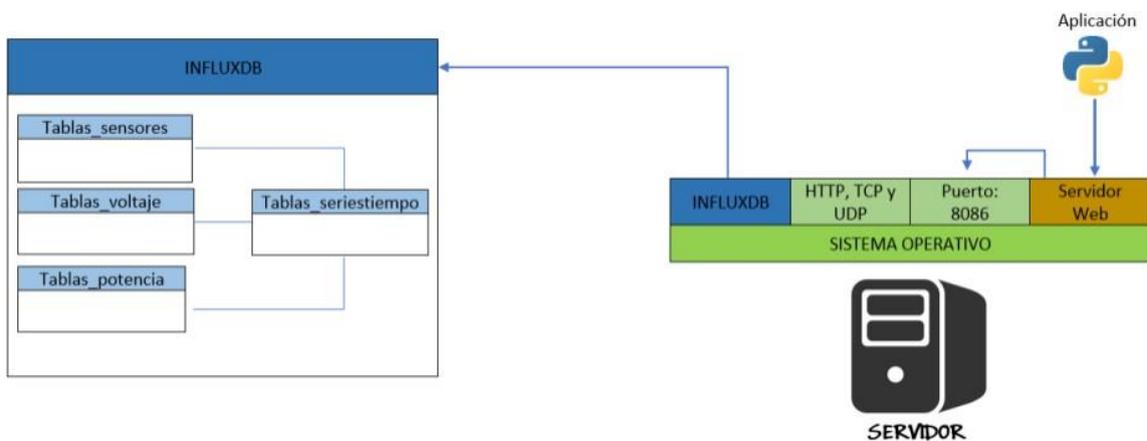
Fuente: Investigación

4.1.2.2. Capa proceso.

Se utilizó la base de datos Influxdb ya que es un programa de tipo servidor que está constantemente en modo escucha mediante del puerto 8086 que es compatible con los protocolos HTTP, TCP y UDP. Como se trabaja con la Raspberry pi se programó en Python que envía una petición a influxdb mediante el puerto de lectura o escritura de la base de datos, el cual tiene un esquema de la siguiente Figura 18. El proceso comienza con su id principal donde el tiempo está ligada a las tablas de sensores, voltajes y potencia correspondientes.

⁹ **Circuito de OFFSET:** Se utiliza para eliminar las componentes de corriente directa y mantiene estable la señal.

Figuras 18 Modelo de procesos de datos

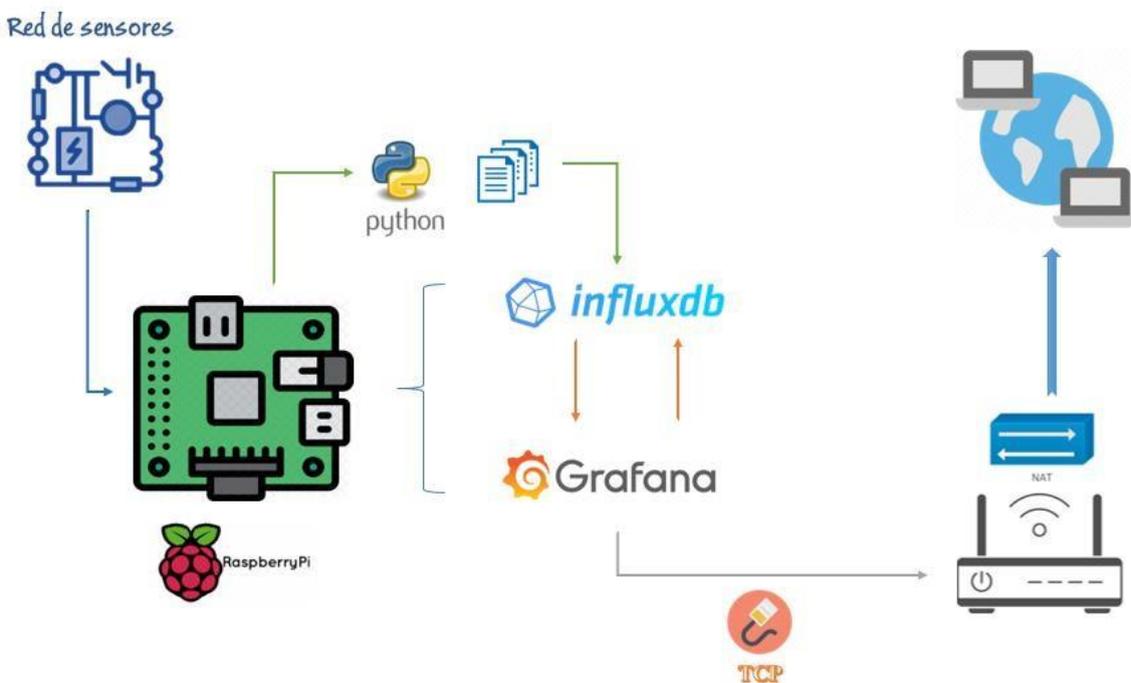


Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.
Fuente: investigación

4.1.2.3. Capa de aplicación.

La red del sensor envía los datos a la Raspberry pi mediante el protocolo I2C, donde se utilizó un Script¹⁰ que está basado en Python, que obtiene datos de los sensores y a su vez lo envía a la base de datos Influxdb, la cual esta se interconecta e guarda la información para luego ser visualizada en Grafana que es una aplicación web, para mostrar información fuera del localhost donde se requiere un router con IP pública basado en el protocolo NAT¹¹.

Figuras 19 Conexiones de sistema de monitoreo de consumo eléctrico



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.
Fuente: investigación

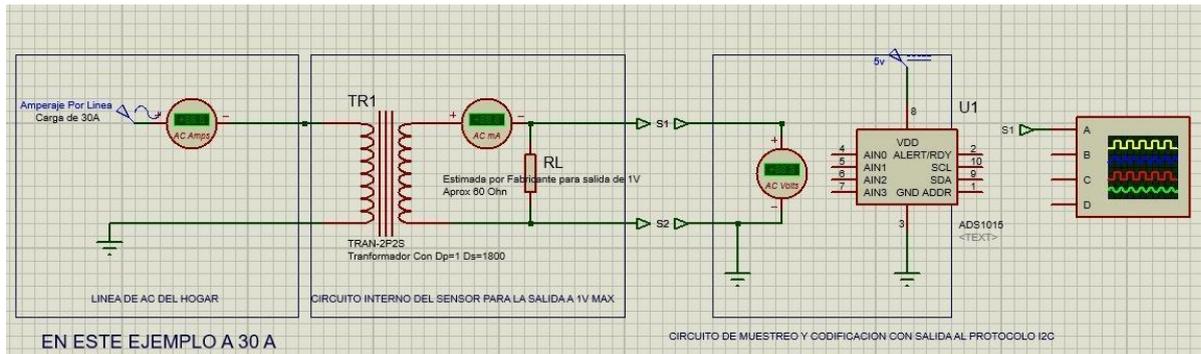
¹⁰ **Script:** archivo de procesamiento por lotes.

¹¹ **NAT:** Traducción de Direcciones de Red (Network Address Translation)

4.1.3. Diseño del circuito en el programa Proteus.

En el programa Proteus se realiza las simulaciones del funcionamiento circuito, previo a realizar las respectivas conexiones que ayudan a reconocer algún error durante el proceso, en la simulación se conecta un sensor CST0-13-030 con un ADS1115 como se muestra en la Figura 20, dónde permite visualizar las señales eléctricas mediante un osciloscopio.

Figuras 20 Diseño del circuito en el programa Proteus



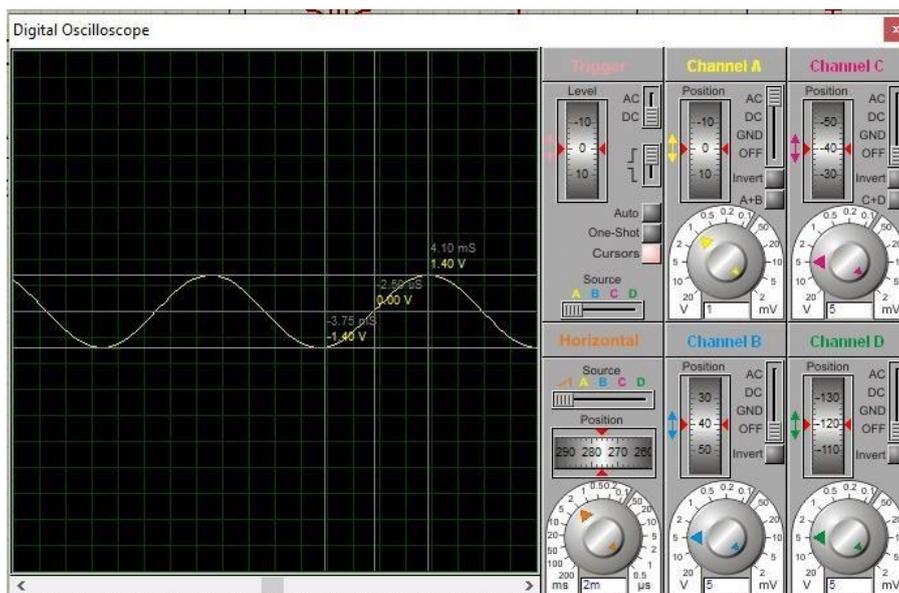
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

4.1.3.1. Muestras en Osciloscopio.

La señal senoidal que muestra el osciloscopio del programa Proteus es un modelo del circuito eléctrico que se implementó de acuerdo con las muestras obtenidas, teniendo como rango de referencia de voltaje que va desde los 1.40V a -140V, como también con una corriente que va desde los 4.10 Vrms a -3.75 Vrms como se muestra en la figura 21.

Figuras 21 Simulador de señal senoidal registrada en Proteus



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

4.1.4. Base de datos.

Mediante la página influxdata.com se busca la línea de comando para descargar la base de datos influxdb, de acuerdo con la versión del procesador ARM dependiendo de la arquitectura de la Raspberry pi, luego se procede a copiar la línea de comando que permite descargar el programa tal como se muestra a continuación:

```
curl -sL https://repos.influxdata.com/influxdb.key | sudo apt-key add-
```

Luego se procede a actualizar el sistema para que los directorios estén activos, esto se lo realiza por medio de estos comandos

```
sudo apt-get update  
sudo apt-get upgrade
```

Una vez actualizados los directorios se procede a instalar la aplicación mediante esta línea de comando

```
sudo apt-get install influxdb
```

Luego se modifica el archivo de configuración que se encuentra en el directorio del programa, para lo cual se debe utilizar un editor de texto nano como se muestra a continuación:

```
sudo nano /etc/influxdb/influxdb.conf
```

4.1.4.1. Configuración de influxdb.

En el terminal de la Raspberry pi se escribe la línea de comando influxdb, en el cual se ejecuta en la CLI de la base de datos influxdb, donde se utilizó la siguiente línea que va a permitir crear un usuario y contraseña con todos los privilegios de administrador.

```
CREATE USER admin WITH PASSWORD 'Telematica2019' WITH ALL PRIVILEGES
```

4.1.5. Configuración Grafana.

Mediante la página grafana.com se busca la línea de comando para descargar el visualizador de datos, de acuerdo con la versión del procesador ARM dependiendo de la arquitectura de la Raspberry pi, luego se procede a copiar las líneas de comando que permite descargar el programa tal como se muestra a continuación:

```
wget https://dl.grafana.com/oss/release/grafana-rpi_6.4.3_armhf.deb  
  
sudo dpkg -i grafana-rpi_6.4.3_armhf.deb
```

Para ingresar a grafana se utiliza el localhost:3000, donde te pide proporcionar un usuario y contraseña los cuales por defecto es admin para los dos en el primer inicio de sesión.

Figuras 22 Pantalla Principal de Grafana

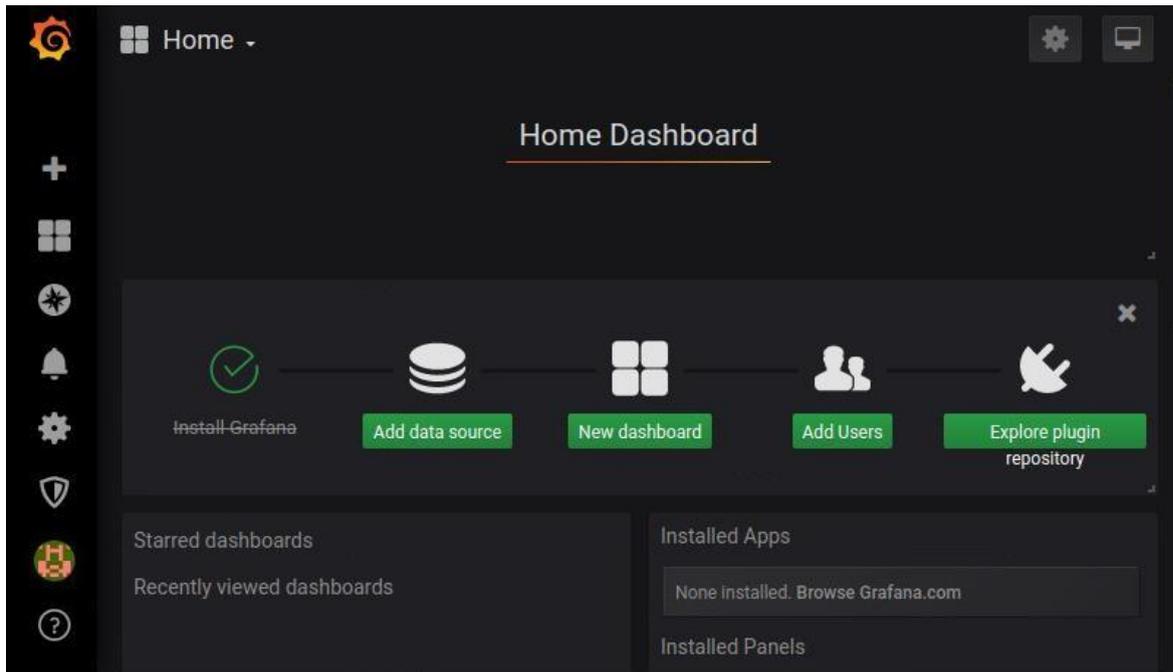


Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

En la pantalla de bienvenida de Grafana se muestran opciones para poder conectarse con la base de datos y creación de tableros, cómo también permite ingresar usuarios jerárquicamente de acuerdo con los privilegios.

Figuras 23 Pantalla de Bienvenida de Grafana



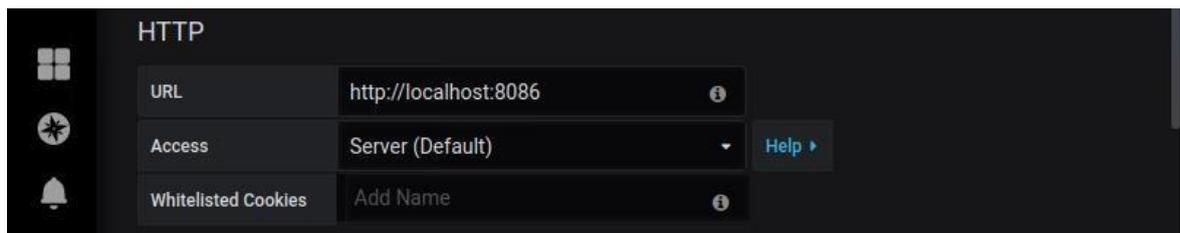
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

- **Apartado HTTP.**

En la opción URL se escribe localhost que saldrá por el puerto 8086, luego en el campo Access se especifica el acceso que puede tener ya sea por servidor o visualizador y el resto de campo se deja por default.

Figuras 24 Conexión con la base de datos



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

4.1.6. Sistemas de notificación y alerta por correo electrónico.

El sistema de alerta se activa al existir un exceso de consumo eléctrico promediado con los anteriores meses monitoreado, se procede a ingresar la siguiente línea de comando para acceder al archivo de grafana.

```
sudo nano /etc /grafana/grafana.ini
```

En el apartado SMTP se encuentra las configuraciones que se activan para enviar alarmas al correo notificación.smrce.uteq@gmail.com donde llegan los límites de consumo establecido por usuario.

Figuras 25 Configuración SMTP

```
smtp]
nabled = enable
ost = smtp.gmail.com:587
ser = notificacion.smrce.uteq@gmail.com
If the password contains # or ; you have to wrap it with trippel quotes. Ex "$
assword = Telematica2019
cert_file =
key_file =
kip_verify = true
rom_address = notificacion.smrce.uteq@gmail.com
rom_name = Grafana
EHLO identity in SMTP dialog (defaults to instance_name)
ehlo_identity = dashboard.example.com

emails]
welcome_email_on_sign_up = false

##### Logging #####
log]

G Ver ayuda ^O Guardar ^W Buscar ^K Cortar txt ^J Justificar ^C Posición
X Salir ^R Leer fich. ^\ Reemplazar ^U Pegar txt ^T Ortografía ^ Ir a línea
```

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.
Fuente: Investigación

4.1.7. Programación de Raspberry Pi para el sistema eléctrico.

- **Ingresar librerías.**

```
sudo pip3 install influxdb
sudo pip3 install rpi.gpio
sudo pip3 install adafruit-circuitpython-ads1x15
```

Se instalaron las siguientes librerías donde la primera permite conectarse con la base de datos, la segunda es para activar los puertos de la Raspberry pi y la última librería permite leer al dispositivo eléctrico ADS1115 mediante el protocolo I2C.

- **Código de Raspberry pi.**

Se utilizan las siguientes librerías que previamente fueron instaladas, para ser utilizadas en el código siguiente:

Donde esta línea de comando habilita los pines de la Raspberry pi para así poder manipular el código.

```
import RPi.GPIO as GPIO
```

Esta línea de comando permite importar librerías para trabajar con fecha y hora.

```
import time
```

La siguiente línea de comando nos permite importar librerías dadas por el fabricante, para trabajar con el convertidor analógico digital y enviar instrucciones.

```
import adafruit_ads1x15.ads1115 as ADS
from adafruit_ads1x15.ads1x15 import Mode
from adafruit_ads1x15.analog_in import AnalogIn
```

Esta línea de comando nos permite importar la librería que permita ejercer funciones matemáticas.

```
import math
```

La línea datetime nos permite conocer en qué momento se tomó las muestras.

```
import datetime
```

Esta línea de comando nos permite importar influxdb, para tener una conexión con la base de datos influxdb.

```
from influxdb import InfluxDBClient
```

- **Líneas de códigos en los procesos de muestreos.**

El comando siguiente permite configurar pines de la Raspberry pi de modo entrada, de los puertos 22 al 25 para la lectura de los swich que emiten dos estados (alto y bajo) sea este en encendido o apagado.

```
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(22,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(23,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(24,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(25,GPIO.IN,pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
```

Almacena la información del protocolo I2C con la configuración de puertos SCL y SDA con la máxima frecuencia soportada por Raspberry pi, para obtener los datos del convertidor lo más rápido posible.

```
i2c = busio.I2C(board.SCL, board.SDA, frequency=1000000)
```

El código siguiente crea una instancia aplicando la función ADS1115 de las anteriores librerías importadas

Esta línea de código nos permite configurar la ganancia según lo indicado por el fabricante

```
ads = ADS.ADS1115(i2c)
```

para la lectura de un máximo de +- 4,096V, acorde a la salida del sensor de intensidad con el circuito OffSET¹².

```
ads.gain = 1
```

Esta línea de código crea objetos con la información detallada del ADS1115 y el puerto usado por cada sensor correspondiente desde el P0 al P3.

```
S0 = AnalogIn(ads, ADS.P0)
S1 = AnalogIn(ads, ADS.P1)
S2 = AnalogIn(ads, ADS.P2)
S3 = AnalogIn(ads, ADS.P3)
```

Esta línea de código es un bucle finito, que tendrá lectura de sensores y guardado en la base datos de forma ciclos que se explicará más adelante en el código.

```
while True:
```

La siguiente línea de código que se encuentra dentro de While, permitirá que al encontrar un error no cierre el programa, si tiene un error lo notifica, pero no cierra la aplicación.

```
try:
```

Dentro de try, encontremos:

start. - esta línea de comando permite capturar el tiempo en el que empieza cada ciclo, servirá para el cálculo de las muestras y las pausas de tiempo para la ejecución del siguiente ciclo (1 segundo * ciclo)

Las muestras que se emplean en el siguiente código son 20 por cada sensor como son 4 da un total de 80 muestras, esto están un tiempo estimados según la ejecución del código en un rango de 0.7 - 0.9seg por ciclo.

```
start = time.monotonic()
Muestras=20
```

¹² **Offset:** se utiliza para eliminar las componentes de corriente directa y mantiene estable la señal.

Las variables que se utilizó en el programa son las siguientes:

Las primeras son variables dependientes que se modificaran según el muestreo de los sensores.

Las segundas son variables independientes que son valores de voltaje obtenidos de la medición directa con multímetro.

```
Voltaje=[0]*4
Irms=[0]*4
total_time=0
Promedio=[0]*4
Value=[0]*4
Kwh=[0]*4
V110=float(113)
V220=float(226)
```

Cuando los sensores no están midiendo tienen un valor de voltaje muy pequeño, que se elimina mediante las siguientes líneas de código de forma digital.

```
for x in range (0,Muestras):
Value[0]=S0.voltage-float(2.53)
Value[1]=S1.voltage-float(2.53)
Value[2]=S2.voltage-float(2.53)
Value[3]=S3.voltage-float(2.53)
```

Las siguientes líneas de código crea un rectificador de media onda, que elimina los valores negativos de la onda ya que estos se ven afectados por el circuito offset.

```
for y in range(0,4):
if Value[y]<0:
Value[y]=float(0)
```

El siguiente código permitirá promediar las muestras y redondear los valores a 4 desimanes.

```
for z in range(0,4):
Value[z]=round(Value[z], int(4))
Promedio[z]+=Value[z]
for w in range(0,4):
Promedio[w]=Promedio[w]/Muestras
for v in range(0,4):
Promedio[v]=round(Promedio[z], int(4))
```

Estas líneas de código nos permitirán la lectura de los switch y asignación de valores vinculados de acuerdo al estado

```
for i in range (0,4):
if(GPIO.input(22+i)==GPIO.LOW):
Voltaje[i]=V110
else:
Voltaje[i]=V220
```

Se utiliza una fórmula de Kwh que ayudara a rectificar posibles niveles fantasmas, por voltajes mínimos esto se puede producir por ruido.

```
for i in range (0,4):
Kwh[i]=Irms[i]*Voltaje[i]*0.956
if Kwh[i]<0.005:
Kwh[i]=float(0)
Kwh[i]=round(Kwh[z], int(4))
```

Si existe un error al ejecutar el programa no lo cierra, ejecuta desde el inicio lo cual está vinculado al try antes mencionado.

```
except BreakoutException:
pass
```

La línea de código que nos da lectura de Fecha y hora es la siguiente la cual está vinculado a la librería anteriormente mencionada, esto utiliza un formato ISO¹³ y enlaza la letra z, este formato es usado en la detección de fecha y hora de influxdb.

```
iso = datetime.datetime.utcnow().isoformat() + 'Z'
```

Se utiliza en las siguientes líneas de código el formato json, que almacena los datos en un formato sencillo para el intercambio de datos.

¹³ **Formato ISO:** es un archivo informático donde se almacena una copia o imagen exacta de un sistema de archivos

```

json_sensores = [
    {
        ": {
            "measurement": "Valores",
        "tags": {
            "Sensores": "Sensores",
        },
        "time": iso,
        "fields": {
            "Voltaje0": Voltaje[0],
            "Voltaje1": Voltaje[1],
            "Voltaje2": Voltaje[2],
            "Voltaje3": Voltaje[3],
            "Irms0" : Irms[0],
            "Irms1" : Irms[1],
            "Irms2" : Irms[2],
            "Irms3" : Irms[3],
            "Kwh0" : Kwh[0],
            "Kwh1" : Kwh[1],
            "Kwh2" : Kwh[2],
            "Kwh3" : Kwh[3],
        }
    }
]

```

En la siguiente línea de código se crea un objeto usando librerías influxdbclient, con las configuraciones para la conexión.

```

client = InfluxDBClient('127.0.0.1', 8086, 'admin', 'Telematica2019', 'Tesis',
    timeout=60,retries=3)

```

Con la conexión con la base de datos el siguiente código permitirá enviar datos a la base de datos llamada “Tesis”.

```

try:
    client.create_database("Tesis")
    client.write_points(json_sensores)
except ConnectionError:
    print('influxdb server not responding')
    continue

```

Este código permite obtener el tiempo por ciclo y espera de 1 segundo, si las muestras demoran menos de 1 segundo esperan a completar el tiempo y se empieza el ciclo nuevamente.

```

end = time.monotonic()
total_time = end - start
if(total_time<1):
    time.sleep(1-total_time)

```

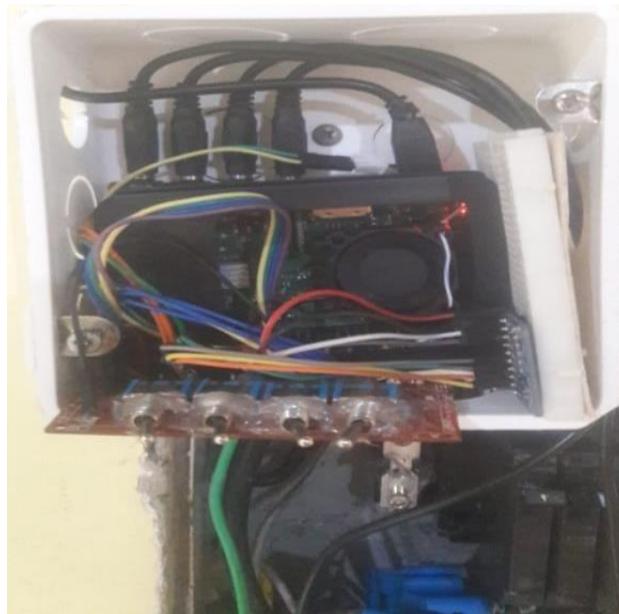
4.1.8. Implementación del sistema eléctrico.

La implementación del sistema electrónico para el análisis del consumo eléctrico está compuesta por la conexión de los dispositivos, que fueron analizados considerando la disponibilidad en el mercado y su compatibilidad donde se muestra a continuación las conexiones que se realizó para la implementación del sistema.

- **Conexión a Raspberry pi.**

El ordenador de placa reducida (Raspberry pi) se conecta con cuatro switch mediante entrada GND (tierra), que tiene salida de pines 22, 23, 24, 25 con las conexiones entre los jacks de audio y ADS1115 como lo muestra la figura 26. Donde indica el nivel de voltaje que está conectado el cual se asignó un valor en el código, este valor se lo obtiene mediante un multímetro donde se medirá la caja de distribución eléctrica debido a que cada residencia excede los 110 V.

Figuras 26 Instalación en caja protectora



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

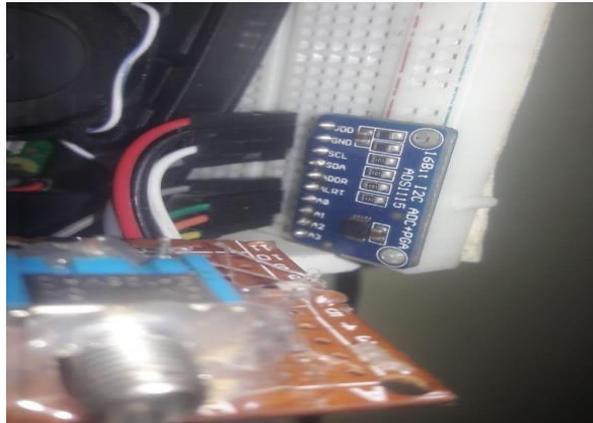
- **Conexión del dispositivo ADS1115.**

El dispositivo se conecta a 5v y a la GND (tierra) la cual está conectada con la Raspberry pi como se muestra en la Figura 27, donde luego se procede a conectar 4 pines a la salida del Jack de audio, en el cual los sensores se encuentran conectados al dispositivo ADS1115 mediante los puertos GPIO¹⁴, y GPIO3, basándose en las líneas de comunicación (SDA y SCL), donde

¹⁴ **GPIO:** Pines del sistema de entrada y salida de propósito general para múltiples usos.

la cual permite tener comunicación con los puertos habilitados para la comunicación I2C.

Figuras 27 Conexión de la ADS1115



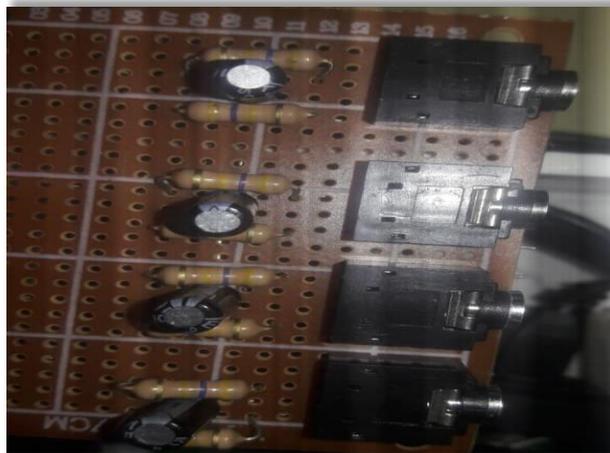
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

- **Conexiones de Jack de audio hembra pcb 3.5mm.**

La alimentación del Jack de audio es por medio de la Raspberry pi que se conecta a GND (Tierra) como también a un voltaje de 5V, las resistencias se conectan en serie y los capacitores se conectan de manera directa donde tendrá salida de voltaje de 2.5V como se muestra en la Figura 28. Como las entradas están configuradas en pull-up se realiza este circuito para proteger a la Raspberry pi.

Figuras 28 Circuitos PCB



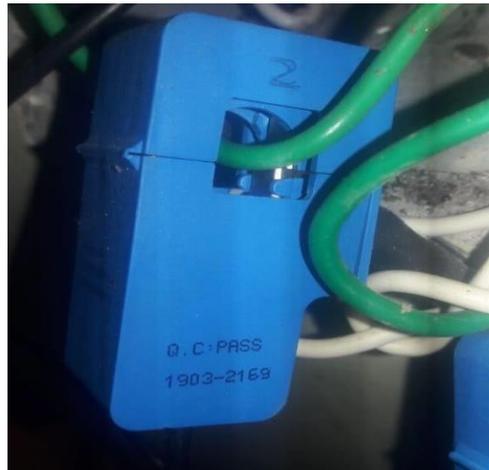
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

- **Conexión de sensores.**

Los sensores envían voltajes al dispositivo ADS1115, donde procede a conectarse con la Raspberry pi mediante un pin analógico, como no son invasivos solo se abre para introducir un cable debido a que trabajan como un transformador.

Figuras 29 sensor stc-013



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

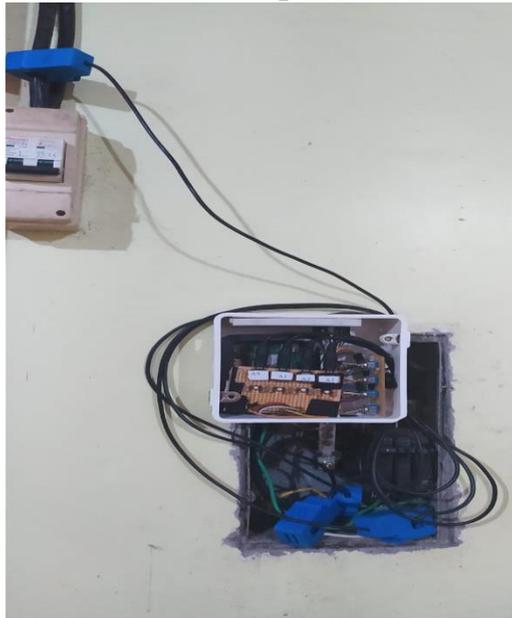
Fuente: Investigación

- **Arquitectura de la red de sensores implementados.**

Para la ubicación de los sensores se analizó la vivienda determinando el mejor lugar para la implementación del circuito, obtenido como una posición óptima alrededor de la caja de distribución eléctrica dado que la longitud máxima del cable que sale de los sensores a nuestro circuito electrónico es de un metro.

Por cada sensor se puede colocar más de un circuito, pero al ser un sensor tipo bobina puede generar una onda de ruido al circuito eléctrico que lo acompañe, por este motivo determinamos que cada sensor se le corresponde un solo circuito eléctrico para eliminar la posibilidad de ruido.

Figuras 30 conexión completa del sistema eléctrico



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

4.1.9. Análisis en tiempo real de consumo eléctrico.

Las figuras que se muestran a continuación son de los cuatros sensores que estuvieron encendidos durante 5 semanas, de forma continua y guardando la información en la base de datos influxdb, en donde se podrá visualizar en la aplicación web grafana mediante gráficos de líneas.

- **Análisis de primera semana 16/09/2019 hasta 23/09/2019.**

Sensor 1: El consumo de una cocina de inducción que no es muy utilizada ya que cuentan cocina a gas y solo pocas veces se enciende. Tiene un consumo de la semana 0,7775 kwh.

Figuras 31 Gráfico de sensor 1, primera semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Sensor 2: El consumo diario de aparatos eléctricos e iluminación de la vivienda conformada por toda gran parte del hogar teniendo un consumo de 57,246kwh.

Figuras 32 Gráfico de sensor 2, primera semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Sensor 3: El consumo del Aire acondicionado que de 2400 Btu, se puede denotar caídas en de 0kwh durante noche, durante la primera semana se consumió 107,072 kwh.

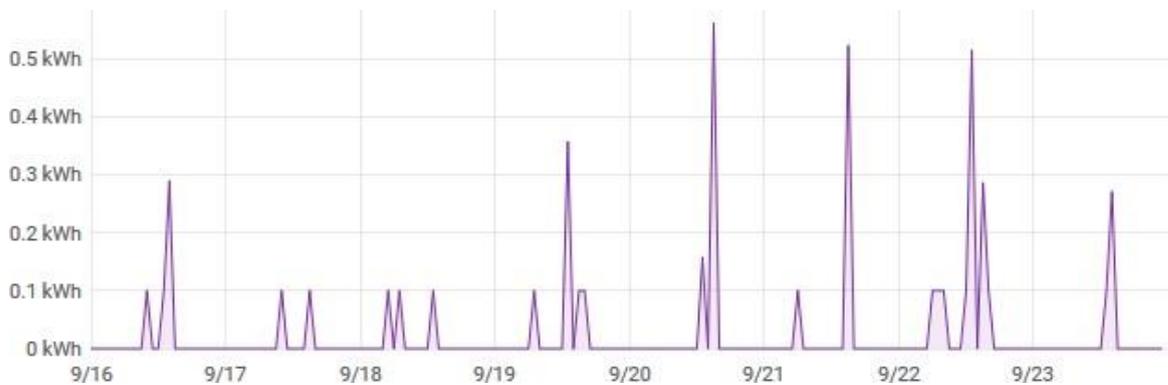
Figuras 33 Gráfico de sensor 3, primera semana de consumo



Fuente: Investigación

Sensor 4: El consumo del garaje donde se utilizan herramientas como taladros y lavadora, se puede apreciar solo ciertas horas del día es utilizado la mayor parte de tiempo permanece en 0 kwh, durante la primera semana se consumió 4.659 kwh.

Figuras 34 Gráfico de sensor 4, primera semana de consumo



Fuente: Investigación

La primera semana tiene un consumo de energía de 169,752 kwh, este valor sale de la suma de los 4 sensores.

- **Análisis de segunda semana 23/09/2019 hasta 30/09/2019.**

Sensor 1: Tiene una pequeña discusión de energía 0,2729 kwh, durante la segunda semana tiene 0,521kwh.

Figuras 35 Gráfico de sensor 1, segunda semana de consumo

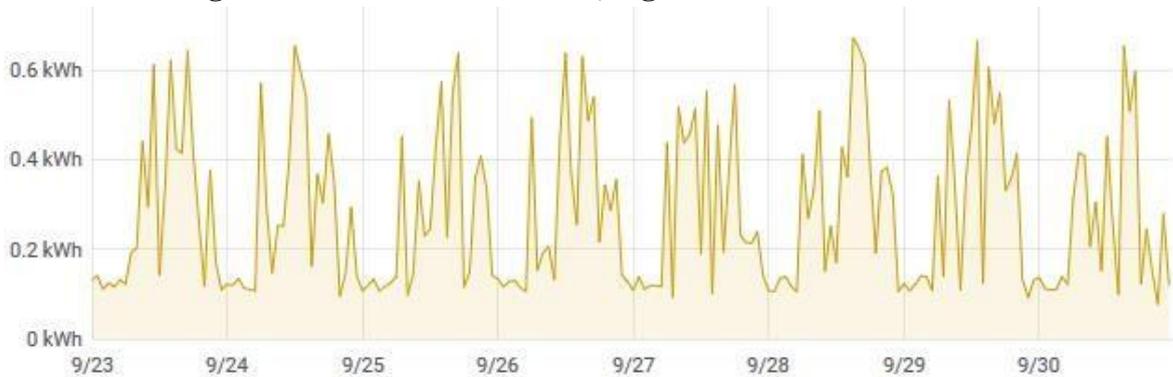


Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Sensor 2: Tiene un consumo menor de energía con respecto a la primera semana con una diferencia de 3,767 kWh, esta semana se consumió 53,479 kWh.

Figuras 36 Gráfico de sensor 2, segunda semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Sensor 3: El aire acondicionado con respecto a la segunda semana tiene aumento de energía de 9,775 kWh, durante esta semana tiene un total de 116,847 kWh.

Figuras 37 Gráfico de sensor 3, segunda semana de consumo

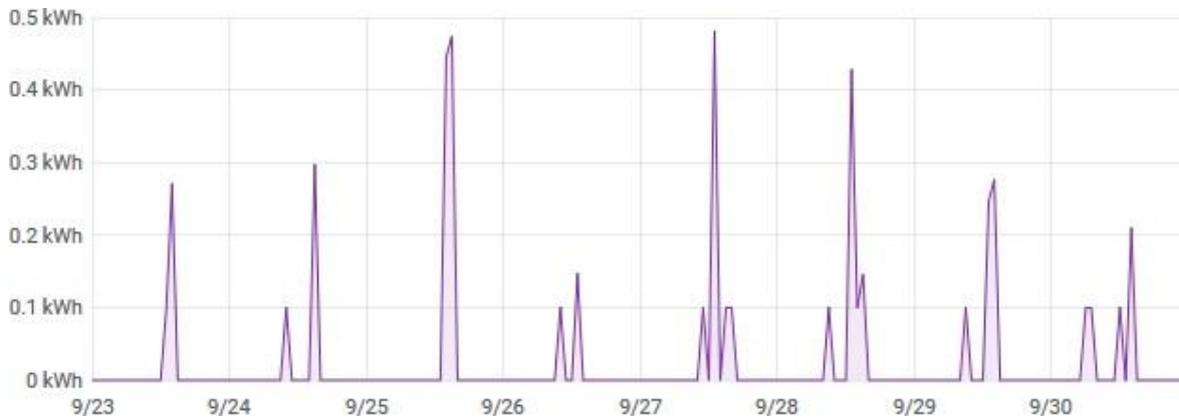


Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Sensor 4: No tiene mucha diferencia de consumo de energía comparado con la primera semana, tiene un consumo de 4,622kwh.

Figuras 38 Gráfico de sensor 4, segunda semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Existe un aumento en la segunda semana en total de consumo 175,469.

- **Análisis de tercera semana 30/09/2019 hasta 07/10/2019.**

Sensor 1: La cocina de inducción tiene poco consumo de 0,315 kwh, durante la semana. Comparado con la primera semana disminuyo un 0,46 Kwh.

Comparado con la segunda semana disminuyo un 0,206 Kwh.

Figuras 39 Gráfico de sensor 1, tercera semana de consumo



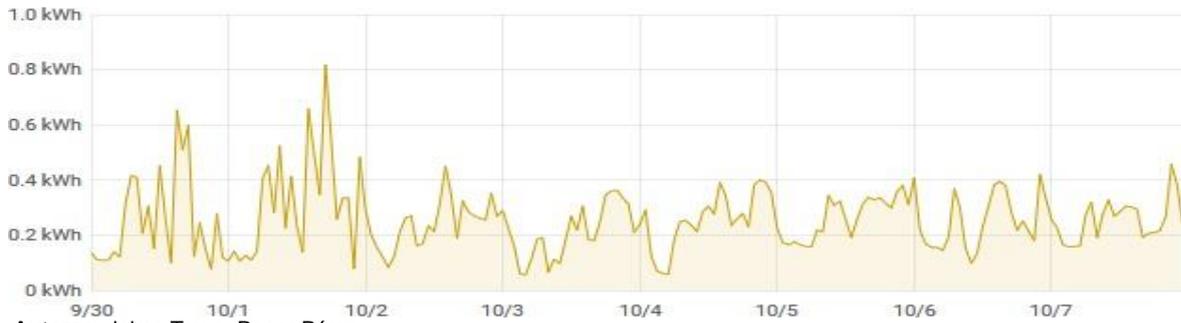
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El sensor 2: El consumo diario de aparatos eléctricos e iluminación es de 49,441 kwh durante la semana.

Comparado con la primera semana disminuyo un 7,805 Kwh. Comparado con la segunda semana disminuyo un 4,038 Kwh.

Figuras 40 Gráfico de sensor 2, tercera semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El Sensor 3: EL sistema de climatización tiene un total de consumo de 101,26 kwh durante la semana.

Comparado con la primera semana disminuyo un 5,812 Kwh. Comparado con la segunda semana disminuyo un 15,587 Kwh.

Figuras 41 Gráfico de sensor 3, tercera semana de consumo



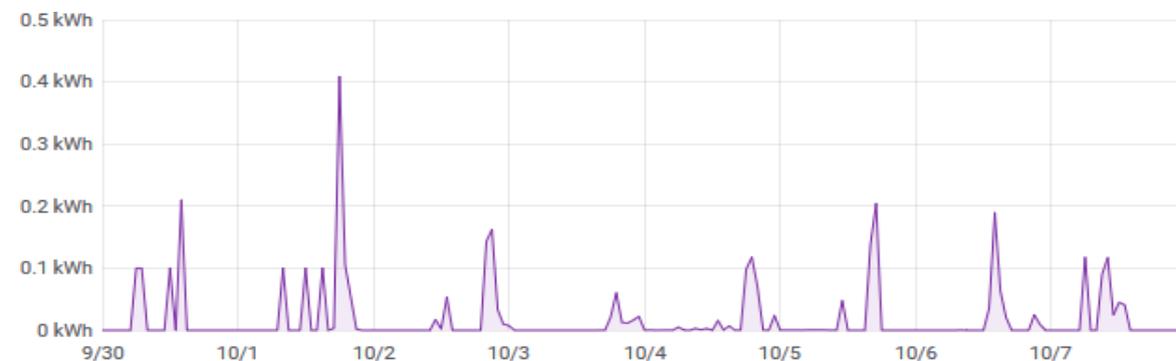
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El sensor 4: EL garaje tiene un total de consumo de 3,477 kwh durante la semana. Comparado con la primera semana disminuyo un 1,182 Kwh.

Comparado con la segunda semana disminuyo un 1,145 Kwh.

Figuras 42 Gráfico de sensor 4, tercera semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

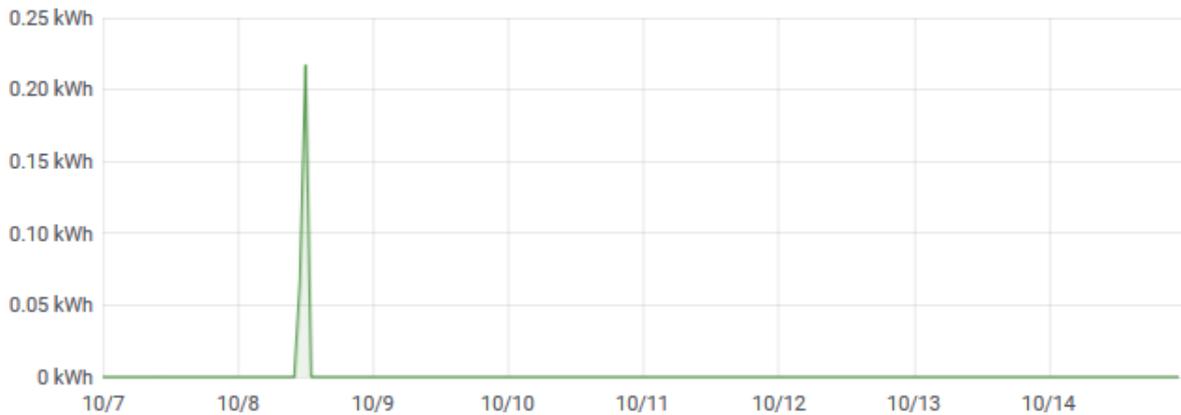
Dando un total durante la tercera semana de análisis 154,493 Kwh.

- **Análisis de cuarta semana 07/10/2019 hasta 14/10/2019.**

Sensor 1: La cocina de inducción tiene poco consumo de 0,283 kwh, durante la semana. Comparado con la primera semana disminuyo un 0,492 Kwh.

Comparado con la segunda semana disminuyo un 0,238 Kwh. Comparado con la tercera semana disminuyo un 0,032 Kwh.

Figuras 43 Gráfico de sensor 1, cuarta semana de consumo



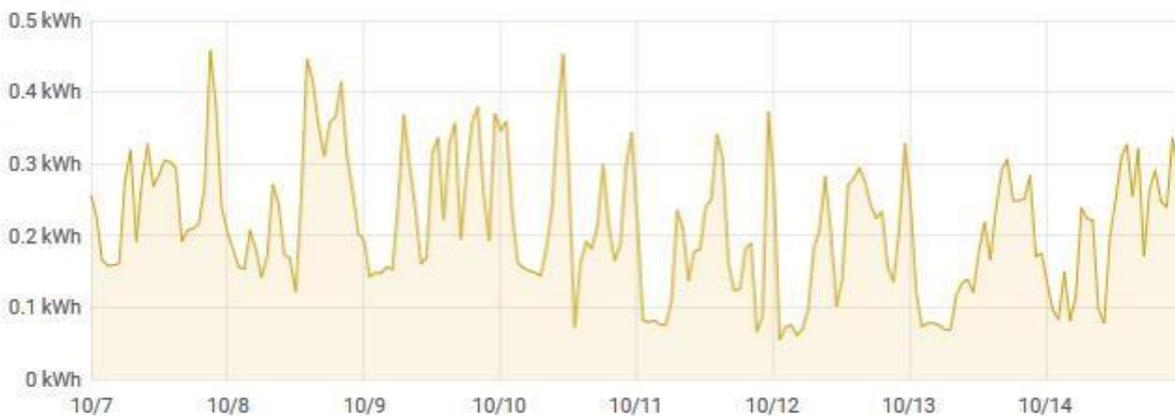
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El sensor 2: El consumo diario de aparatos eléctricos e iluminación es de 41,31 kwh durante la semana.

Comparado con la primera semana disminuyo un 15,936 Kwh. Comparado con la segunda semana disminuyo un 12,169 Kwh. Comparado con la tercera semana disminuyo un 8,131 Kwh.

Figuras 44 Gráfico de sensor 2, cuarta semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El Sensor 3: EL sistema de climatización tiene un total de consumo de 91,852 kwh durante la semana.

Comparado con la primera semana disminuyo un 15,22 Kwh. Comparado con la segunda semana disminuyo un 24,995 Kwh. Comparado con la tercera semana disminuyo un 9,408 Kwh.

Figuras 45 Gráfico de sensor 3, cuarta semana de consumo



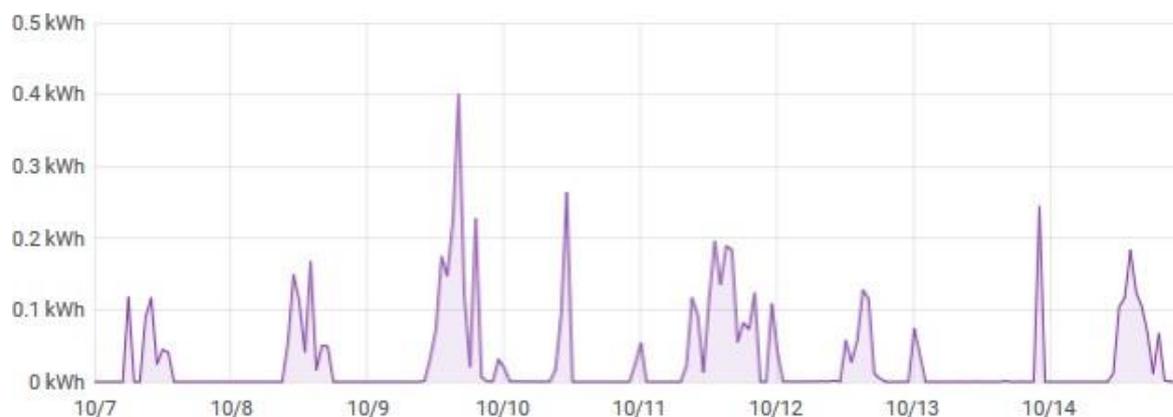
Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El sensor 4: EL garaje tiene un total de consumo de 6,22 kwh durante la semana. Comparado con la primera semana aumento un 1,562 Kwh.

Comparado con la segunda semana aumento un 1,599 Kwh. Comparado con la tercera semana aumento un 2,744 Kwh.

Figuras 46 Gráfico de sensor 4, cuarta semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

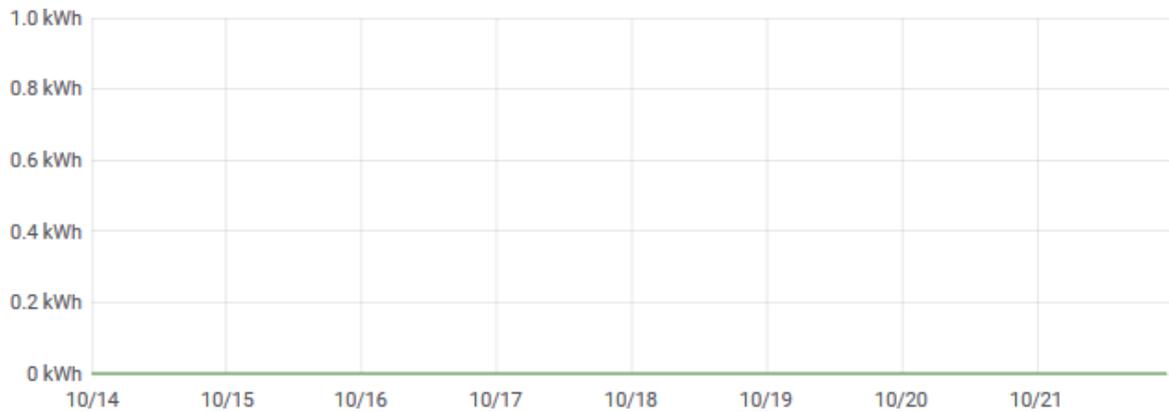
El total de la semana de todos sensores es de 139,666 kwh.

- **Análisis de quinta semana 14/10/2019 hasta 21/10/2019.**

En esta semana se fueron 2 días de viaje quedando 1 sola persona en la casa donde se tiene un consumo menor los días 20 y 21.

Sensor 1: La cocina de inducción tiene poco consumo de 0 kwh, durante la semana.

Figuras 47 Gráfico de sensor 1, quinta semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El sensor 2: El consumo diario de aparatos eléctricos e iluminación es de 42,452 kwh durante la semana.

Comparado con la primera semana disminuyo un 14,794 Kwh. Comparado con la segunda semana disminuyo un 11,027 Kwh. Comparado con la tercera semana disminuyo un 6,989 Kwh.

Comparado con la cuarta semana aumento un 1,142 Kwh.

Figuras 48 Gráfico de sensor 2, quinta semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El Sensor 3: EL sistema de climatización tiene un total de consumo de 80,597 kwh durante la semana.

Comparado con la primera semana disminuyo un 26,475 Kwh. Comparado con la segunda semana disminuyo un 36,25 Kwh. Comparado con la tercera semana disminuyo un 20,663 Kwh. Comparado con la cuarta semana disminuyo un 11,255 Kwh.

Figuras 49 Gráfico de sensor 3, quinta semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El sensor 4: EL garaje tiene un total de consumo de 4,246 kwh durante la semana. Comparado con la primera semana disminuyo un 0,413 Kwh.

Comparado con la segunda semana disminuyo un 0,376 Kwh. Comparado con la tercera semana aumento un 0,796 Kwh.

Comparado con la quinta semana disminuyo un 1,975 Kwh.

Figuras 50 Gráfico de sensor 4, quinta semana de consumo



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

El total de la semana de todos sensores es de 127,295 kwh.

- **Tabla resumida de consumo por semana 16/09/2019 hasta 21/10/2019.**

Tabla 9 Tabla de consumo eléctrico por semana

Sensor Semanas	1	2	3	4	Total de Kwh a la semana
1	0,775	57,246	107,072	4,659	169,752
2	0,521	53,479	116,847	4,622	175,469
3	0,315	49,441	101,26	3,477	154,493
4	0,283	41,31	91,852	6,221	139,666
5	0	42,452	80,597	4,246	127,295
Total en Kwh					766,675

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

4.2. Discusión.

El sistema electrónico para el análisis de consumo eléctrico es de gran utilidad no solo para indicar el consumo que se genera mensualmente en planillas, que reflejan el gasto eléctrico nos da otra perspectiva de consumiendo eléctrico teniendo dos puntos de vista a considerar mediante los datos obtenidos, una prioridad es la eficiencia energética que se puede tomar en cuenta con el exceso que tengan en horas más activas en el hogar, se notificara mediante un correo electrónico avisando el exceso que esta como previsto consumir en todo el día.

Mediante los resultados obtenidos del sistema electrónico, podemos deducir lo siguiente:

- **Etapas de selección de componentes y mecanismos para la recopilación de datos.**

La información descrita en el marco referencial es útil para la tener una idea sobre que componentes se deberían utilizar en el diseño del sistema eléctrico, teniendo en cuenta que se puede desarrollar mediante otros tipos de componentes de acuerdo con los requerimientos que se necesiten y la disponibilidad de equipos de circuitos requeridos.

La etapa de selección de componentes, se identificó primero el tipo de componente que iba a procesar y los análisis de consumo eléctrico, muy importante ya que es el encargado de almacenar los análisis y que se acopla el sensor con otros elementos. Se realizaron las respectivas comparaciones entre los dispositivos posibles a utilizar se determinó que una

opción que facilita el diseño del sistema eléctrico sería la Raspberry pi, de acuerdo con los requerimientos y ventajas como son costo, disponibilidad del mercado, capacidad de almacenamiento y compatibilidad con el sensor seleccionado.

El sensor SCT-013-030 fue escogido de acuerdo los requerimientos, se enfocó por no invasivos y adecuados para la residencias, los ultimo 3 números definen el amperaje que puede medir, el amperaje de electrodomésticos y los bracket eléctrico son de 30 amperios en residencias promedio, este tipo de sensores pueden analizar hasta 100 amperios de acuerdo al modelo se debe escoger, al momento de implementar un amperaje alto del sensor tiene un márgenes elevado de error si el amperaje a medir es pequeño.

Debido a que el sensor tiene una salida de señal alterna se utilizó un sensor analógico digital, el cual se comparó mediante capacidad de análisis en señal analógica, interfaz del dispositivo, tamaño y precio. Con estos requerimientos el ADS1115 de 16-bit el cual ayuda a con mayor precisión y calidad de conversión dando al procesador de Raspberry pi mayor libread.

El almacenamiento de los datos analizados por el sistema electrónico se utilizó la base de datos en series de tiempo influxdb, que se adecuada para el almacenamiento rápido y de alta disponibilidad, en la página web se utilizó grafana que permite la visualización y el formato de datos métricos.

- **Diseño del sistema electrónico.**

Las funciones de procesamiento conformado por raspberry pi, se ingresó a la base de datos influxdb y el código que permite analizar el consumo eléctrico que recibe del sensor, donde estará conectado al convertidor analógico digital que mejora la precisión y calidad de conversión, la aplicación web se desarrolló en grafana el cual obtendrán datos de las raspberry pi por medio de internet.

- **Implementación del sistema electrónico.**

La implementación consiste en la interconexión de los diferentes componentes electrónicos que conforma la raspberry pi. Antes de ser conectados y comenzar a enviar datos es necesario que la base de datos ya se encuentre configurada, ejecutar el código para asegurar los posibles errores que puedan aparecer ya que el sistema queda prendido constante mente.

- **Pruebas del sistema electrónico.**

Las primeras pruebas se desarrollaron mediante el consumo de 1 solo equipo eléctrico (plancha) que al saber su volar de consumo podemos verificar si los datos que está tomando el sensor son correctos y porcentajes de error que tomara el monitoreo eléctrico, uno de los factores importantes es el ingresar el porcentaje de error por el cual estamos trabajando y que podemos sacar mediante la regla de tres que se explica en tema “4.1.7. Programación de Raspberry pi para el sistema eléctrico”.

Otra forma de saber que el análisis del consumo eléctrico es correcto se utiliza una Pinza amperimétrica, que indica el valor de amperios que pasa por el cable confirmando que los resultados del análisis son correctos.

- **Recopilación de datos por parte del sistema electrónico.**

Para el análisis del consumo eléctrico se ubicó en una caja de circuitos como protección y el circuito se trasladó a baquelitas perforas, en el proceso de monitoreo se pudo confirmas la estabilidad del circuito y el código, registrando valores en la base de datos de una casa residencial promedio de 4 breaker eléctricos, donde se pudo analizar mediante gráficos en la página grafana duran un análisis de 5 semanas.

- **Análisis de datos recopilados.**

Una vez obtenido los datos del análisis del consumo eléctrico durante 5 semanas se procede a analizar los resultados obtenidos, se verificar mediante el medidor la confiabilidad del análisis. El valor más alto de consumo es 175,469 kwh, la semana 2 teniendo diferencias entre las demás semanas como se muestra en la tabla 10:

Tabla 10 Comparación de consumo entre semana más activa

Semana 1	(5,717 kwh)
Semana 3	(20,976 kwh)
Semana 4	(35,803 kwh)
Semana 5	(48,175 kwh)

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

- **Comparación de medidor con los sensores STC-013-030.**

Día 02/10/2019 hora 4:30 pm datos de medidor 26180 Kwh.

Figuras 51 Foto de medidor electrico dia 02/10/2019



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Día 05/10/2019 hora 6:10 pm datos de medidor 26230 kwh.

Figuras 52 Foto de medidor electrico dia 05/10/2019

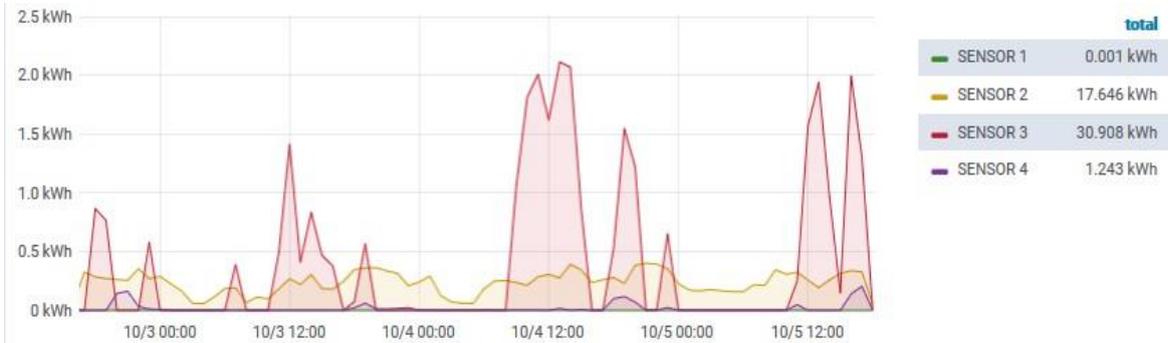


Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Datos de Grafana referente a las mismas fechas al sumar los sensores tenemos 49,21 kwh y al restar los datos del medidor tenemos 50 kwh, que coinciden con el datasheet del sct-013-030 de +-1%. El porcentaje de error entre medidores y sensores es de 0.5%.

Figuras 53 Grafico de líneas de Grafana con fecha de medidores.



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

- **Comprobación mediante planilla de luz.**

Durante el tiempo que estuvo activo el circuito eléctrico se comparó con los datos de la planilla eléctrica generada correspondiente a la fecha que muestran en la figura 54 y 55, teniendo en cuenta que el horario de la recolección de datos de parte de la empresa eléctrica es incierto, se tomó en consideración horas exactas en nuestro sistema de recolección de datos, que coinciden con el consumo total generado por la planilla eléctrica en las mismas fechas.

Tabla 11 comparación de monitoreo con planilla eléctrica

Recolección de datos	Consumo
Sensores	468.67Khw
Planilla eléctrica	469Khw

Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Figuras 54 Grafico de línea de Grafaba con fecha de planilla eléctrica



Autores: Jaime Troya; Roger Pérez.

Fuente: Investigación

Figuras 55 Planilla eléctrica

Corporación Nacional de Electricidad CNELEP
 Durán - Ecuador
 Durán, Telf.: 04-3770400 - Durán - Ecuador
 DULCION N° 65 del 17 - Marzo - 2009

002-001-025752050
 1124526310
 2019-03-27
 2020-03-27

No. de Control: 45181021-98
 Valor a pagar: 57,62
 Fecha de Vencimiento: 2019-11-20

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 45181021 PARRAGA COLMENARES LILIANA MARIANELA
 Código Único Eléctrico Nacional: 0900451810 Cédula / R.U.C.: 1307828879
 Dirección servicio: SAN MIGUEL D ADENTRO MZ-12 SL-8 CALLE ELOY ALFARO
 Plan/Geocódigo: 41 08-01-005-6200 Tarifa: 215-Residencial PEC (Baja Tensión)
 Provincia - Cantón - Parroquia: Guayas - El Empalme - Velasco Bara
 Dirección notificación: Domicilio

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: 14102602-SMA-AB Desde: 2019-10-03 Hasta: 2019-11-01 Días Facturados: 29 Tipo consumo: Lento Constante: 1,00

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valor
Energía por el servicio eléctrico y alumbrado público (tarifa de Agua (Incomercial hasta 100 kWh))	26166,00	26167,00	669 kWh	669 kWh	38,85
COMERCIALIZACION					1,41
SUBSIDIO SOLIDARIO					3,95
L.V.A. (0%)					0,00
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):					43,41
SERV. ALUMBRADO PUB.					4,62
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):					4,62
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO					
GESTION SUSPENSIÓN					2,80
GESTION RECONEXION					2,80
OTROS (1.3):					5,00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):					53,03

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Cobertura Eléctrica	7,25
Tarifa Eléctrica	20,80
TOTAL:	28,05

FORMA DE PAGO	
ELECTRÓNICO	53,03
TARJETA DE CRÉDITO/ DÉBITO	
OTROS	
TOTAL	53,03

Fuente: CNELEP

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Con los resultados antes expuestos, se plantean las siguientes conclusiones:

- Una comparación entre componentes electrónicos, se determinó mediante disponibilidad y compatibilidad en diseño del sistema IoT, seleccionando al sensor SCT-013-030 no invasivo para el correspondiente análisis de consumo eléctrico, de hasta 30 amperios conectado a un convertidor analógico digital ADS1115 de 16-bit que mejora la precisión y calidad de conversión, esto libera el procesador de la Raspberry pi de realizar procesos de conversión.
- Para tener mejor resultados y facilidades, el dispositivo de captura y transmisión de datos, se encuentra cerca de la caja de distribución eléctrica principal, en donde se encuentra la división de cada uno de los circuitos eléctricos diseñado para el consumo de energía estos pueden ser por iluminación, aparatos eléctricos y sistemas de climatización, donde se podrá conocer el consumo eléctrico que se ha utilizado y a su vez poder contribuir a la eficiencia energética.
- La base de datos de series de tiempo influxdb, se utilizó como mejor opción para almacenamiento rápido y alta disponibilidad que requiere este proyecto de investigación, y la página web que se utilizó es grafana que permite la visualización y el formato de datos métricos, reduciendo tiempo de retraso por compatibilidad creando un sistema de monitoreo en tiempo real.

5.2. Recomendaciones.

De acuerdo con el proceso que se realizó en la investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda que, para realizar futuras mejoras del proyecto de investigación, incorporen sensores que puedan medir corrientes más altas para ser usados en industrias o empresas que requieran reducir costos de consumo eléctricos innecesarios, ya que esta investigación solo se tomó referencia en las residencias, como medio de análisis de monitoreo.
- Se sugiere una mayor protección al envío de datos a visualizar, asegurando la integridad de la información, si utiliza la base de datos influxdb debe asegurarse de activar protocolos de protección de ingreso a la base de datos, de igual manera al ingreso de información de cualquier envío erróneo de internet.
- Es importante tener en cuenta que si se aumenta la cantidad de muestras por cada ciclo prolonga el tiempo de ejecución del código, en total esta investigación por cada sensor realiza 50 muestras, como son 4 sensores en total son 200 muestras por cada ciclo, se recomienda usar un código para saber cuánto tarda el programa en procesar las diferentes cantidades de muestras que se pueden obtener.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] c. con and s. u. contador, “tarifa eléctrica por horario de uso,” vol. 1, p. 4, 2015.
- [2] “revista-digital-2017.pdf,” quito, p. 70, 2017.
- [3] arconel, “estadística anual arconel,” 2018.
- [4] r. eléctrica de españa, “proyecto indel - atlas de la demanda electrica española,” p. 163, 1998.
- [5] s. m. west, “sumario,” vol. 35, p. 54, 2011.
- [6] d. fece, “especial electrodomésticos,” vol. 1, p. 12, 2015.
- [7] p. martínez, “desarrollo de sistemas de tiempo real basados en componentes utilizando modelos de comportamiento reactivos,” 2010.
- [8] stackify, “¿qué es la telemetría? cómo funciona la telemetría, beneficios y tutorial.” [online]. available: <https://stackify.com/telemetry-tutorial/>. [accessed: 12-aug- 2019].
- [9] m. santos, diseño de redes telemáticas, primera. españa, 2014.
- [10] u. s. de, “a péndice h b us de c omunicación i 2 c,” 2000.
- [11] l. a. visi, “tema 5 el bus i2c,” pp. 1–17, 2012.
- [12] a. gutiérrez, “bases de datos clave-mis 308,” p. 36, 2010.
- [13] sgma, “bases de datos capítulo 3,” 2013.
- [14] c. r. blanco, “sql básico,” p. 27, 2006.
- [15] p. arma, “series de tiempo univariadas definición,” ser. tiempo, vol. 4, no. 5454, pp. 1–6, 2013.
- [16] h. barrios verdugo et al., “computacion en la nube ¿que es la computacion en las nubes?,” futur. gener. comput. syst., vol. 135, no. 2, pp. 1–9, 2018.
- [17] b. kezherashvili, “computación en la nube,” 2013.
- [18] u. nacional, d. luis, and l. red, “computación en nube,” 2014.
- [19] f. miyara, “convertidores d/a y a/d segunda edición -año 2004,” electrónica iii, vol. primera, p. 43, 2004.
- [20] “corriente alterna: ondas senoidales. herramientas matemáticas.”
- [21] m. nowruz, “señales eléctricas,” pp. 1–95, 2005.
- [22] f. miyara, “rectificación, electrónica,” p. 30, 2002.
- [23] g. diaz, t.; carmona, “rectificadores y filtros.”
- [24] j. anato, “circuitos rectificadores electrónica prof . julima anato circuitos rectificadores electrónica prof . julima anato,” vol. 0.
- [25] k. medina, “diseño y construcción de un medidor digital de energía trifásico,” p. 237,

1993.

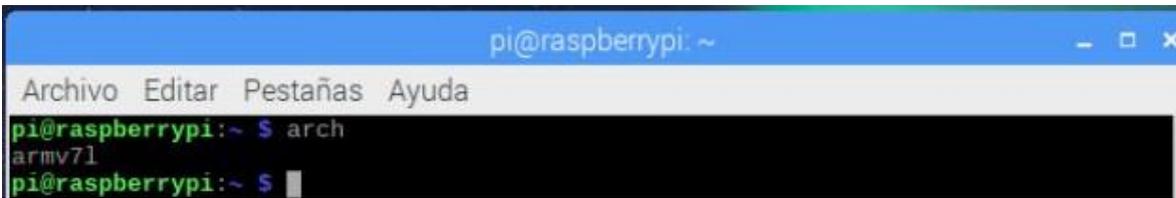
- [26] m. en and c. alterna, “v rms =.”
- [27] javier pérez yuste - fernando manso de lucas, “ads1115 convertidor analógico digital adc para arduino y esp8266.” [online]. available: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ads1115-convertidor-analogico-digital-adc-arduino-esp8266/>. [accessed: 13-sep-2019].
- [28] “raspberry pi 3, la revolución en el mundo de las placas – chollox.” [online]. available: <https://chollox.com/raspberry-pi-3/>. [accessed: 26-jul-2019].
- [29] maurizio armando, “sensor de corriente ac no invasivo sct-013,” 2018. [online]. available: https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html. [accessed: 28-jun-2019].
- [30] frank mecafenix, “como calcular el consumo eléctrico de tus aparatos,” 2019. [online]. available: <https://www.ingmecafenix.com/otros/calcular-el-consumo-electrico/>. [accessed: 28-jun-2019].
- [31] “atlas del sector eléctrico ecuatoriano 2018,” 2018.
- [32] s. restrepo valencia, j. mesa alzate, o. ocampo lópez, and l. perdomo hurtado, “caracterización de la gestión energética en una empresa manufacturera de manizales,” energética, vol. 0, no. 44, pp. 33–39, 2014.
- [33] a. pfeiffer and d. a. pfeiffer, “comemos combustibles fósiles,” 2006.
- [34] c. s. aragón, e. de olivera pamplona, and j. r. v. medina, “diseño e implementación de un sistema de monitoreo la eficiencia energética como herramienta de gestión de costos: una aplicación para la identificación de inversiones de en eficiencia energética, su evaluación económica y de riesgo,” rev. digit. del inst. int. costos, no. 1, pp. 48–73, 2012.
- [35] j. hernandez mejias, a. pinto magones, j. gonzalez castellanos, j. torres tovio, n. pérez garcía, and j. rengel, “nuevas estrategias para un plan de uso eficiente de la energía eléctrica,” ciencia, docencia y tecnol., vol. 28, no. 54, pp. 75–99, 2017.
- [36] a. e. almeida, “guía práctica para el uso eficiente de la energía eléctrica en el ecuador.”
- [37] “situación y prespectivas de la eficiencia energética en américa latine y el caribe,” br. j. psychiatry, vol. 112, no. 483, pp. 211–212, 1966.
- [38] r. a. tejeda, l. carlos, m. gonzález, f. l. monarrez, u. autónoma, and d. c. juárez, “sistema de monitoreo de consumo eléctrico inalámbrico y analizador de la calidad de la energía,” culcyt, vol. 0, no. 63, pp. 117–129, 2018.

- [39] d. ortiz-villalba and o. rodriguez-chacon, “diseño e implementación de un sistema de monitoreo energético en el campus rodríguez lara – espe extensión latacunga,” pp. 1–8, 2014.
- [40] r. jhon and s. gabriel, “sistema de medición inteligente de energía eléctrica en la empresa the tesalia springs company s . a .: implementación y análisis de resultados intelligent electrical energy measurement system in the tesalia springs company s . a .: implementation and res,” vol. 39, no. 2, pp. 1–7, 2017.
- [41] i. n. g. martín, “propuesta y evaluación de tratamientos para la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial mediante el desarrollo de experimentos económicos,” 2017.
- [42] m. baquero and f. quesada, “eficiencia energética en el sector residencial de la ciudad de cuenca, ecuador,” maskana, vol. 7, no. 2, pp. 147–165, 2016.
- [43] d. q. sánchez, “estudio de la eficiencia energética en edificios municipales comparando herramientas de simulación con medidas experimentales.”
- [44] “constitución del ecuador.”
- [45] “ley orgánica del servicio publico de enrgíaeléctrica,” 2015.
- [46] a. i. i. n°, i. n. g. hugo, d. e. l. pozo, and c. pichincha, “ley orgánica de eficiencia energética,” 2019.

CAPITULO VII
ANEXOS

7.1. Comando para saber el ARM del procesador.

Figuras 56 ARM de Procesador

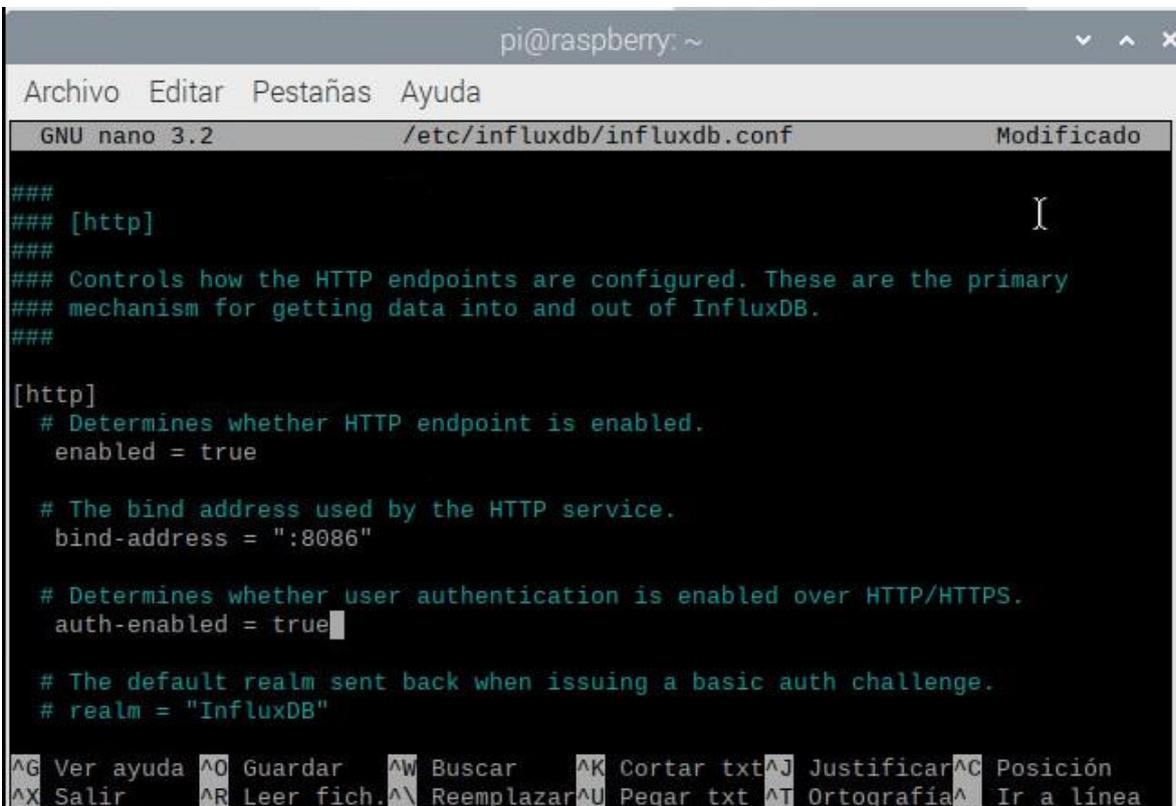


```
pi@raspberrypi: ~  
Archivo Editar Pestañas Ayuda  
pi@raspberrypi:~ $ arch  
armv7l  
pi@raspberrypi:~ $
```

Fuente: Investigación

7.2. Protocolos a modificar dentro de influxdb.

Figuras 57 Editor de texto Nano



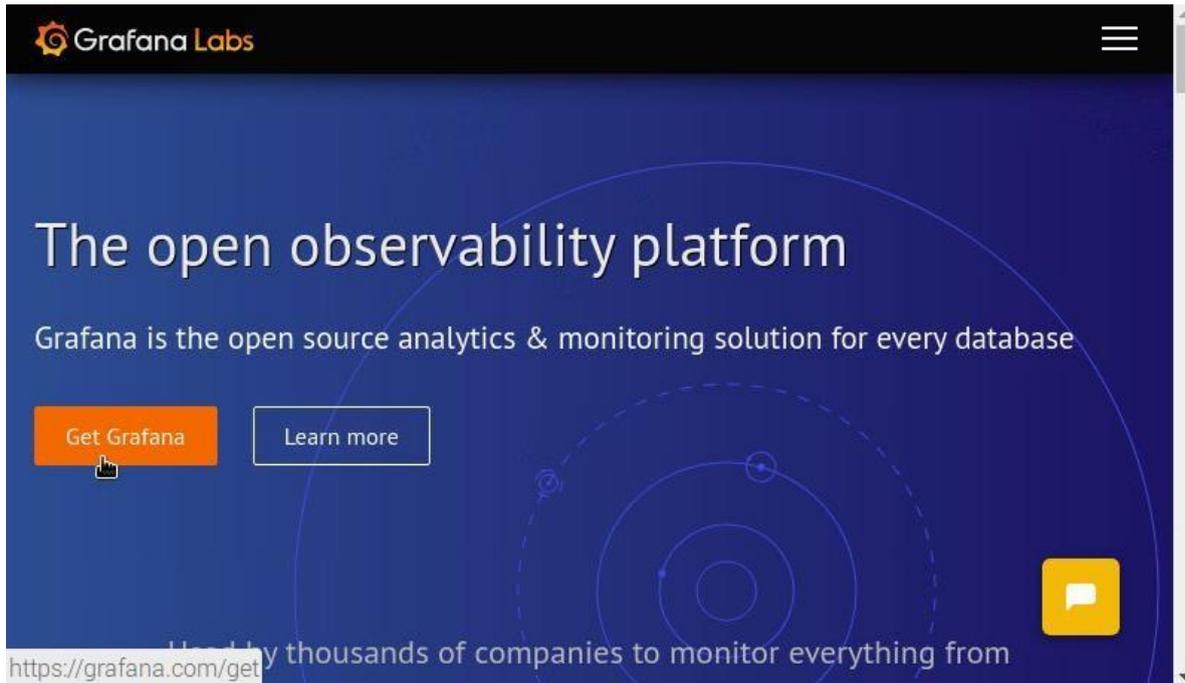
```
pi@raspberrypi: ~  
Archivo Editar Pestañas Ayuda  
GNU nano 3.2 /etc/influxdb/influxdb.conf Modificado  
###  
### [http]  
###  
### Controls how the HTTP endpoints are configured. These are the primary  
### mechanism for getting data into and out of InfluxDB.  
###  
[http]  
# Determines whether HTTP endpoint is enabled.  
enabled = true  
  
# The bind address used by the HTTP service.  
bind-address = ":8086"  
  
# Determines whether user authentication is enabled over HTTP/HTTPS.  
auth-enabled = true  
  
# The default realm sent back when issuing a basic auth challenge.  
# realm = "InfluxDB"  
  
^G Ver ayuda ^O Guardar ^W Buscar ^K Cortar txt ^J Justificar ^C Posición  
^X Salir ^R Leer fich. ^\ Reemplazar ^U Pegar txt ^T Ortografía ^ Ir a línea
```

Fuente: Investigación

7.3. Manual para instalar de Grafana.

Buscamos la página principal de Grafana en Google, le damos clic en Get Grafana para acceder las versiones de descargar.

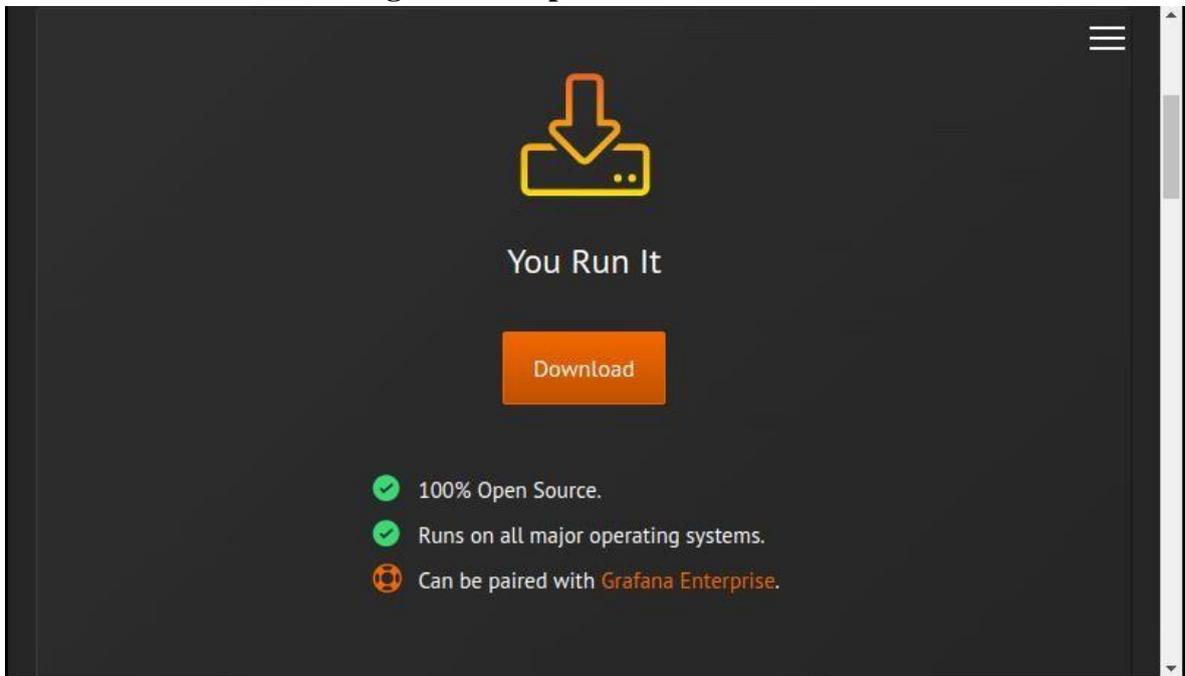
Figuras 58 Pagina principal de Grafana.



Fuente: Investigación

Es cogemos la opción de Grafana este interna de maquina o crear una servidor virtual.

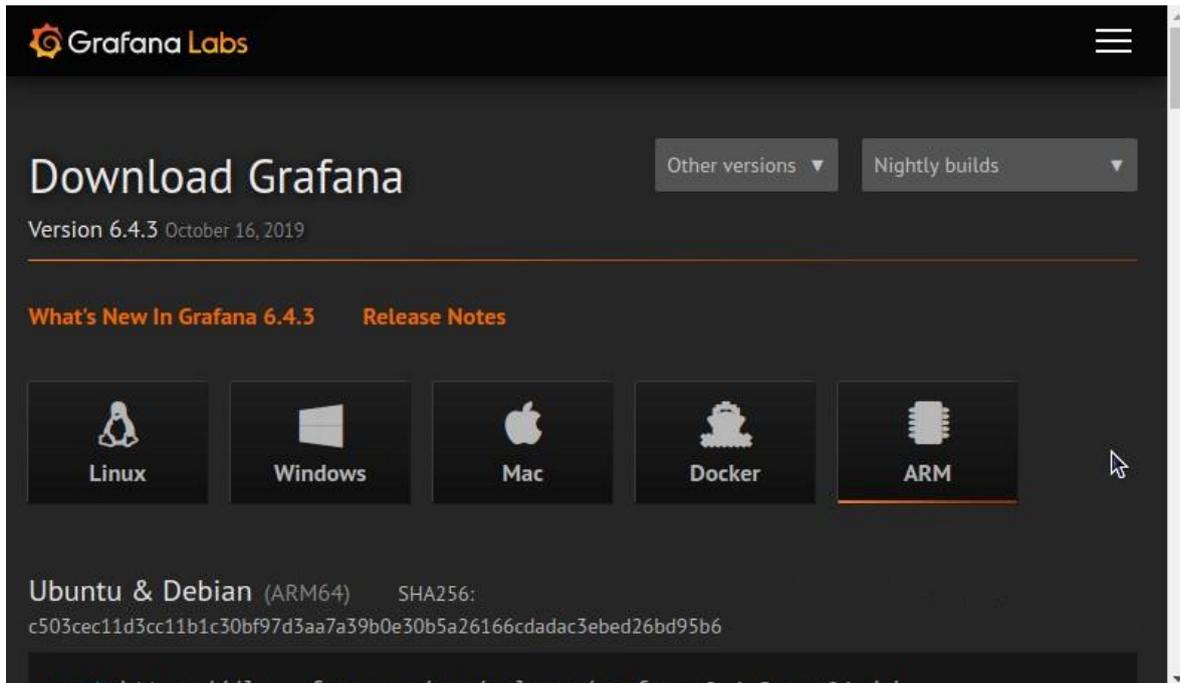
Figuras 59 Repositorio de Grafana



Fuente: Investigación

Escogemos ARM y buscamos el procesador de la máquina como se muestra en la imagen.

Figuras 60 Selección mediante ARM



Fuente: Investigación

Escogemos la línea de comando de acuerdo al ARM de raspberry pi que se esté utilizando.

Figuras 61 Líneas de comando para descargar.



Fuente: Investigación

7.4. Comando de ejecución de arranque de Grafana y influxdb.

Comando para ejecutar grafana cuando se inicia las raspberry pi

Figuras 62 Comando de reinicio de Influxdb

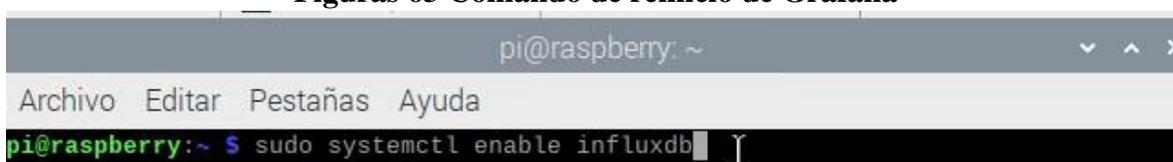
A terminal window titled 'pi@raspberrypi: ~' with a menu bar containing 'Archivo', 'Editar', 'Pestañas', and 'Ayuda'. The terminal shows three lines of commands: 'sudo service grafana-server start', 'sudo update-rc.d grafana-server defaults', and a blank prompt line.

```
pi@raspberrypi:~$ sudo service grafana-server start
pi@raspberrypi:~$ sudo update-rc.d grafana-server defaults
pi@raspberrypi:~$
```

Fuente: Investigación

Comando para ejecutar influxdb cuando se inicia la raspberry pi

Figuras 63 Comando de reinicio de Grafana

A terminal window titled 'pi@raspberrypi: ~' with a menu bar containing 'Archivo', 'Editar', 'Pestañas', and 'Ayuda'. The terminal shows one line of command: 'sudo systemctl enable influxdb'.

```
pi@raspberrypi:~$ sudo systemctl enable influxdb
```

Fuente: Investigación

7.5. Datasheet sensor sct-013-030

Product Name	Current transformer	Model	SCT013-030
--------------	---------------------	-------	------------

Characteristics: Opening size 13mm*13mm, 1m leading wire, standard $\Phi 3.5$ three-core plug output.
voltage output type.

Purpose: Used for current measurement, monitor and protection for AC motor, lighting equipment, air compressor etc.
Patent No.: ZL 2015 3 0060067. X

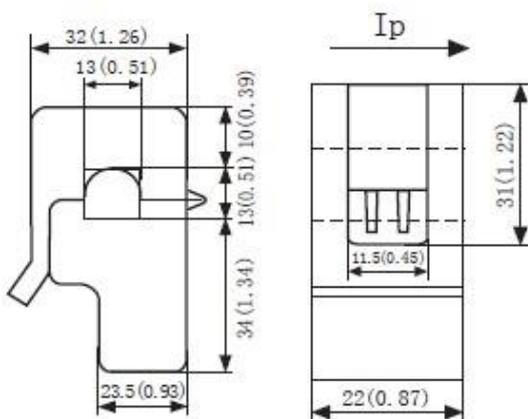
Technical Data

I_{PN}	Rated input	0-30A
I_{PM}	Max. detection input	
I_{OUT}	Rated output	0-1V
X	Accuracy	$\pm 1\%$
ϵ_L	Linearity	$\leq 0.2\%$
N	Turns ratio	1:1800
Φ	Phase shift	
R_L	Max. Sampling resistance	
V_{PN}	Work voltage	660V
f	Work frequency	50-1KHz
T_A	Operating temperature	-25..+70 $^{\circ}$ C
T_S	Storage temperature	-40..+85 $^{\circ}$ C
V_d	Dielectric strength, 50 Hz, 1 min	3KV



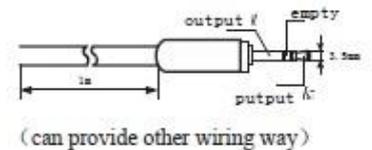
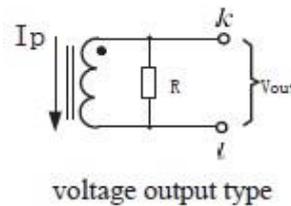
Fire resistance	UL94-V0
Material of core	Ferrite
Mounting type	Suspension
Weight	55g

Dimension (mm(in). 1 mm= 0.0394 inch)



Front view

Side view



Schematic diagram

Standard three-core plugs
schematic diagram