



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un prototipo de sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales.

Valverde Llango, Evelyn Estefania

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnóloga Superior en Electromecánica

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

3 de febrero del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido

3/2/23, 9:10

re

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revision Tesis

NOMBRE DEL ALUMNO

EVELYN ESTEFANIA VALVERDE LLANGO

NOMBRE DEL ARCHIVO

EVELYN ESTEFANIA VALVERDE LLANGO - re

SE HA CREADO EL INFORME


1 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	46	7 %
Fragmentos citados o entrecuillados	3	0,6 %

Coincidencias de la Web

academia.edu	36	4 %
udistrital.edu.co	5	1 %
naylampmechatronics.com	1	0,7 %
transelec.com.ar	2	0,4 %
murkyrobot.com	2	0,3 %
ualelectronics.com	1	0,2 %
librery.co	1	0,2 %
coggle.it	1	0,1 %



Ing. Parreño Olmos, José Alfredo
C.C.:0502337181

1 de 49 fragmentos

Fragmento del alumno **MARCADO**

Un medidor de Energía Eléctrica es el conjunto de elementos electromecánicos o electrónicos que

Mejor coincidencia en la Web

GERENCIA COMERCIAL MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FECHA DE FECHA ULTIMA ELABORÓ REVISO APROBO APROBACIÓN REVISIÓN Página 2 de 5 Versión 1.0 5.3 Dispositivos de medición 5.3.1 Medidores Un medidor de...
(PDF) CAPÍTULO 5 MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA 5.1
... https://www.academia.edu/12213555/CAP%C3%8DTULO_5_MEDICI%C3%93N_DE_ENERG%C3%8DA_EL%C3%89CTRICA_5.1_Consideraciones_generales

2 de 49 fragmentos

Fragmento del alumno **MARCADO**

se utilizan para el registro del consumo de energía eléctrica, tanto activa como reactiva, y en

Mejor coincidencia en la Web

GERENCIA COMERCIAL MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FECHA DE FECHA ULTIMA ELABORÓ REVISO APROBO APROBACIÓN REVISIÓN Página 2 de 5 Versión 1.0 5.3 Dispositivos de medición 5.3.1 Medidores Un medidor de...
(PDF) CAPÍTULO 5 MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA 5.1
... https://www.academia.edu/12213555/CAP%C3%8DTULO_5_MEDICI%C3%93N_DE_ENERG%C3%8DA_EL%C3%89CTRICA_5.1_Consideraciones_generales

3 de 49 fragmentos

Fragmento del alumno **MARCADO**

Existen varios tipos de medidores dependiendo de la construcción, tipo de energía que miden

Mejor coincidencia en la Web

Existen varios tipos de medidores dependiendo de la construcción, tipo de energía que miden, clase de precisión y conexión a la red eléctrica. Ver diagramas: EMSA10501 y EMSA10502.
(PDF) CAPÍTULO 5 MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA 5.1
... https://www.academia.edu/12213555/CAP%C3%8DTULO_5_MEDICI%C3%93N_DE_ENERG%C3%8DA_EL%C3%89CTRICA_5.1_Consideraciones_generales

4 de 49 fragmentos

Fragmento del alumno **MARCADO**

clase de precisión y conexión a la red eléctrica. Ver diagramas: EMSA10501 y EMSA10502. Aunque existen instalados en terreno medidores electromecánicos, los nuevos a instalarse no



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación

Certifico que la monografía: **“Implementación de un prototipo de sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales.”** fue realizado por la señorita **Valverde Llango, Evelyn Estefania**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 3 de febrero del 2023

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

C.C.: 0502337181



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Valverde Llango, Evelyn Estefania**, con cédula de ciudadanía N° 055015888-5, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **"Implementación de un prototipo de sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales."** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 3 de febrero del 2023

Valverde Llango, Evelyn Estefania

C.C.: 055015888-5



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Autorización de Publicación

Yo **Valverde Llango, Evelyn Estefania** con cédula de ciudadanía N° 055015888-5, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **"Implementación de un prototipo de sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 3 de febrero del 2023

Valverde Llango, Evelyn Estefania

C.C.: 055015888-5

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi Dios y para mi querida madre Norma Llango que con su apoyo incondicional siempre ha estado dándome ánimos y fuerzas para no decaer y no abandonar mi sueño me ha enseñado que un tropezón no es caída y que a pesar de que la vida nos de fuertes golpes siempre hay una luz al final del camino, y a mi hermanito Mario Fernando que con su sonrisa y sus detalles me impulsa a seguir por el cual quiero seguir creciendo personalmente y profesionalmente para poderle brindarle un mejor futuro y ser su ejemplo a seguir.

También dedico la elaboración de mi proyecto de titulación a mis dos angelitos que se encuentran en el cielo como lo son mi abuelito y mi hijo que desde allá arriba espero que nunca me abandonen y me brinden siempre su bendición.

VALVERDE LLANGO, EVELYN ESTEFANIA

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a mi Dios que con su bendición ha sabido guiar mi camino y protegerme bajo su manto, me ha permitido compartir con mi familia este nuevo logro profesional dándonos salud y bienestar en cada uno de los pasos que damos.

A toda mi familia que estuvieron ahí apoyándome siempre tuvieron en sus labios las palabras correctas de aliento para no desmayar en el camino en especial a mi tío German y mi tía Fanny. También agradezco a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE", por abrirme las puertas y poderme formar en sus aulas ténganlo por seguro que podre muy en alto su nombre, a mis docentes que supieron compartirme sus conocimientos y poderme formar en una mejor persona tanto en ámbito profesional como personal.

Finalmente agradezco a mi tutor el Ing. José Alfredo Parreño Olmos, por su paciencia pude llevar a cabo la culminación de mi proyecto de titulación.

VALVERDE LLANGO, EVELYN ESTEFANIA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
Resumen.....	16
Abstract	17
Capítulo I: Problema de investigación.....	18
Tema de investigación	18
Introducción.....	18
Antecedentes.....	19
Planteamiento del problema.....	20
Justificación	21
Objetivos.....	22
<i>Objetivo general</i>	22

<i>Objetivos específicos</i>	22
Alcance	22
Capítulo II: Fundamentación Teórica.....	24
Estado actual del consumo eléctrico en el Ecuador	24
Consumo energético.....	25
El Medidor Analógico.....	26
El Medidor Eléctrico digital.....	27
<i>Estructura de un medidor</i>	28
<i>Partes electrónicas</i>	29
<i>Campos de la pantalla de cristal liquido</i>	32
Medidores inteligentes.....	33
Concepto de telemedición	34
Telemedición eléctrica	34
Principios eléctricos para la medición de potencia	35
<i>Inducción de Faraday</i>	35
<i>Ley de ohm</i>	37
<i>Potencia eléctrica</i>	38
Formas de medir la corriente	39
<i>Amperímetro</i>	39
<i>Sensor de corriente ACS712</i>	40
<i>Sensor de corriente SCT-013</i>	40

Amplificador operacional.....	41
Microcontroladores	42
Tarjetas de desarrollo	43
<i>Arduino</i>	43
<i>Raspberry-Pi</i>	44
Lenguajes de programación.....	46
<i>Lenguaje C</i>	46
<i>Lenguaje C++</i>	47
Pantalla OLED.....	47
Normas IP e IK.....	48
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	51
Selección de materiales	51
<i>NodeMCU</i>	52
<i>Sensor de corriente no invasivo</i>	53
<i>Pantalla Oled de 128 x 64</i>	54
<i>Caja con protección IP transparente</i>	55
Estructura física del dispositivo.....	57
Diseño electrónico	60
Programación de la tarjeta NodeMCU.....	61
Programación para conexión con la nube.....	65
Pantalla de visualización	67

Instalación del dispositivo.....	67
Análisis de datos.....	72
Presupuesto del dispositivo.....	82
Plan de mantenimiento mensual.....	82
Comparación de medición.....	83
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.....	89
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Bibliografía.....	91
Anexos.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características de la tarjeta NodeMCU.</i>	52
Tabla 2 <i>Características del sensor de medición de corriente</i>	53
Tabla 3 <i>Características de la pantalla OLED</i>	55
Tabla 4 <i>Características de la carcasa del dispositivo</i>	56
Tabla 5 <i>Materiales a utilizar.</i>	56
Tabla 6 <i>Consumo eléctrico en un fin de semana (17 y 18 de octubre de 2022).</i>	75
Tabla 7 <i>Consumo eléctrico medido al medio día del 18 de octubre del 2022</i>	76
Tabla 8 <i>Consumo eléctrico del 20 de octubre de 2022</i>	78
Tabla 9 <i>Consumo eléctrico del mes de octubre de 2022,</i>	79
Tabla 10 <i>Presupuesto del dispositivo de telemedición.</i>	82
Tabla 11 <i>Plan de mantenimiento.</i>	83
Tabla 12 <i>Comparación entre mediciones y estimación del error</i>	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Demanda de energía por sector (%)</i>	24
Figura 2 <i>Representación gráfica del consumo energético</i>	25
Figura 3 <i>Medidor de energía eléctrica Analógico</i>	26
Figura 4 <i>Medidor de energía eléctrica Digital</i>	27
Figura 5 <i>Vista exterior de medidor eléctrico Digital</i>	29
Figura 6 <i>Partes electrónicas de un medidor digital</i>	29
Figura 7 <i>Convertor de señales</i>	30
Figura 8 <i>Microcontrolador genérico</i>	30
Figura 9 <i>Módulo de memoria no volátil</i>	31
Figura 10 <i>Pantalla de medidor digital</i>	31
Figura 11 <i>Segmentos de la pantalla de cristal liquido</i>	33
Figura 12 <i>Medidor inteligente</i>	33
Figura 13 <i>Estructura de telemedición</i>	34
Figura 14 <i>Concepto gráfico de telemedición</i>	35
Figura 15 <i>Inducción de Faraday</i>	36
Figura 16 <i>Inducción electromagnética</i>	37
Figura 17 <i>Fórmulas que conforman la Ley de Ohm</i>	38
Figura 18 <i>El amperímetro</i>	39
Figura 19 <i>Sensor de corriente ACS712</i>	40
Figura 20 <i>Sensor de corriente SCT-013-100</i>	41

Figura 21 <i>Amplificador operacional</i>	42
Figura 22 <i>Estructura de un microcontrolador</i>	43
Figura 23 <i>Arduino UNO</i>	44
Figura 24 <i>La tarjeta Raspberry Pi</i>	44
Figura 25 <i>NodeMCU</i>	46
Figura 26 <i>Pantalla OLED</i>	48
Figura 27 <i>Protección IP</i>	49
Figura 28 <i>Protección IK</i>	50
Figura 29 <i>Tarjeta NodeMCU</i>	52
Figura 30 <i>Sensor No invasivo</i>	54
Figura 31 <i>Pantalla OLED</i>	54
Figura 32 <i>Carcasa con protección</i>	55
Figura 33 <i>Estructura de conexión</i>	57
Figura 34 <i>Carcasa transparente</i>	58
Figura 35 <i>Disposición de elementos en la carcasa</i>	59
Figura 36 <i>Elementos colocados dentro de la carcasa.</i>	59
Figura 37 <i>Circuito de acondicionamiento de señal del SCT-013</i>	60
Figura 38 <i>Circuito de acondicionamiento armado</i>	61
Figura 39 <i>Entorno ArduinoCloud</i>	66
Figura 40 <i>Entorno ArduinoCloud (Selección de tarjeta)</i>	66
Figura 41 <i>Pantalla OLED en funcionamiento</i>	67

Figura 42 <i>Plano para la ubicación del dispositivo en la vivienda</i>	68
Figura 43 <i>Dispositivo desarrollado</i>	69
Figura 44 <i>Plano de conexiones eléctricas en la caja de distribución</i>	69
Figura 45 <i>Sensor instalado</i>	70
Figura 46 <i>Dispositivo instalado</i>	71
Figura 47 <i>Medición inicial del dispositivo</i>	71
Figura 48 <i>Plano eléctrico</i>	72
Figura 49 <i>Lectura del medidor</i>	73
Figura 50 <i>Lectura del Dispositivo</i>	73
Figura 51 <i>Interface de lectura en ArduinoCloud</i>	74
Figura 52 <i>Excel con las bases de datos descargadas</i>	74
Figura 53 <i>Consumo eléctrico del 17 de octubre de 2022 hora 12:00 p.m.</i>	76
Figura 54 <i>Consumo eléctrico medido al medio día del 18 de octubre del 2022</i>	77
Figura 55 <i>Comportamiento del consumo eléctrico durante el mes de octubre</i>	79
Figura 56 <i>Comportamiento del consumo eléctrico durante una hora 16h00 p.m.</i>	80
Figura 57 <i>Dispositivo en funcionamiento y toma de datos</i>	81
Figura 58 <i>Lectura del medidor analógico del día de la instalación</i>	84
Figura 59 <i>Lectura del medidor analógico el día 31 de octubre del 2022</i>	85
Figura 60 <i>Lectura del medidor analógico el día 10 de octubre del 2022</i>	85
Figura 61 <i>Comparación de las lecturas de medición durante 10 días</i>	87
Figura 62 <i>Error de medición por parte de los dos medidores</i>	88

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo y construcción de un dispositivo de telemedición para tomar los datos de consumo eléctrico de una vivienda, los cuales en la actualidad son recopilados de manera física por medio de personal técnico, el cual se traslada de vivienda en vivienda para obtener el consumo que presenta el medidor de luz, este proceso representa un problema en varios sectores de la provincia de Cotopaxi debido a la ubicación de las viviendas. Con ayuda de una tarjeta de desarrollo comercial y el internet de las cosas se desarrollará un dispositivo (prototipo) capaz de obtener los datos del consumo eléctrico y visualizarlos desde cualquier parte del mundo. Se tomará en cuenta una selección de los diferentes componentes que conforma el dispositivo para establecer requerimientos, características necesarias y a partir de ello optimizar la recopilación de datos del consumo eléctrico a través del concepto de telemedición. Finalizado el diseño del prototipo se procederá a desarrollarlo de manera física, una vez terminado el proyecto se procede a realizar la instalación en una vivienda para realizar las pruebas de funcionamiento del dispositivo de telemedición. Se lleva a cabo este proyecto debido a la necesidad de recopilar información en tiempo real sobre el consumo de energía eléctrica y de los factores que están asociados como es el voltaje, la corriente y la potencia.

Palabras clave: Telemedición, Consumo eléctrico, Redes eléctricas, IOT.

Abstract

The objective of this project is the development and construction of a telemetry device to take the electricity consumption data of a house, which are currently collected physically by technical personnel, which moves from house to house to obtain the consumption that presents the light meter, this process represents a problem in several sectors of the province of Cotopaxi due to the location of the houses. With the help of a commercial development card and the internet of things, a device (prototype) capable of obtaining electricity consumption data and visualize it from anywhere in the world will be developed. A selection of the different components that make up the device will be considered to establish some requirements and necessary characteristics and from there optimize the collection of electricity consumption data through the concept of telemetry. Once the design of the prototype is finished, it will be developed in a physical way, and once the project is finished, the installation in a house will be done to test the telemetry device. This project is carried out due to the need to collect information in real time on the consumption of electrical energy and the factors that are associated such as voltage, current and power.

Keywords: Telemetry, Electricity consumption, Electrical Networks, IOT.

Capítulo I

Problema de Investigación

Tema de investigación

Implementación de un prototipo de sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales.

Introducción

A continuación, en el presente capítulo se detalla conceptos fundamentales para el desarrollo del proyecto y así tener una pequeña noción de los diferentes elementos que intervienen en la elaboración del prototipo de sistema de telemedición.

Actualmente con las nuevas tecnologías que surgen y día tras día, van innovando la telemedición no se queda atrás es un tema nuevo que va tomando relevancia debido a los beneficios que nos brinda la misma, ayudará a reducir el tiempo de respuesta para que cada usuario reciba la información sobre su consumo permitiéndole tener un mayor control sobre su uso y gastos. Mediante un módulo incorporado se guarda la información en casi tiempo real esto resulta beneficioso y no solo para el usuario sino también para el proveedor del servicio de energía eléctrica el sistema permite reducir pérdidas y generar advertencias sobre una posible sobrecarga y permite corregir el problema a brevedad evitando daños mayores.

Él trabajo se desarrolló en 4 capítulos, en el primer capítulo se detalló el tema, antecedentes, planteamiento del problema, justificación, objetivos tanto general como los específicos y finalmente el alcance hasta donde va a llegar y ser profundizado el proyecto.

En el segundo capítulo se ofrece una breve introducción también se ha desarrollado el marco teórico dando a conocer los términos básicos del proyecto.

El tercer capítulo englobó netamente la parte operacional del desarrollo del tema como el diseño, cálculos, el presupuesto, la selección de materias a ocuparse incluido las pruebas de funcionamiento para comprobar su validación.

En el cuarto capítulo finalmente se formularon las conclusiones y recomendaciones del proyecto sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales.

Antecedentes

En la industria, es necesario aplicar la medición automática del consumo de energía porque la medición de energía en este campo es muy importante. Por tanto, el problema de controlar el consumo eléctrico es gestionar correctamente la electricidad y luego mejorar algunos aspectos que agrupamos en dos grandes bloques: impacto ambiental y ahorro de costes.

En los años 80, con el auge de las comunicaciones, aparecieron los primeros sistemas de telemedida. Como su nombre sugiere, la telemedida se apoya en la lectura a distancia del costo medido por el artefacto. Los primeros sistemas que agregaron comunicaciones a los contadores fueron los AMR (lectura automática de contadores), que se popularizaron primordialmente en el continente europeo y USA en ambas últimas décadas del siglo XX. A partir de la perspectiva técnico, los AMR integran a los contadores un módulo formado por un módem (que posibilita la comunicación) y cualquier tipo de transductor, así sea óptico o magnético, que le posibilita obtener el costo medido. ("Telemedición", 2022)

En la actualidad la provincia de Cotopaxi no cuenta con un sistema eficaz para la medición de consumo eléctrico, por lo que es necesario de un personal técnico, el cual cada mes debe visitar la vivienda de los socios, para obtener la lectura que marca en el medidor, realizar esta acción requiere de tiempo, personal, transporte entre otros factores que representan una pérdida para la empresa, es así que para el presente proyecto de titulación, nos enfocaremos en la

obtención de lecturas del consumo eléctrico de un usuario residencial y poder migrar la información a la nube, donde se propone realizar un prototipo basada en la telemedición con componentes tanto electrónicos como eléctricos, aumentando la eficiencia de medición de la toma de datos del medidor.

El proyecto pretende recopilar información sobre las lecturas del medidor para dar un seguimiento de los datos de consumo diarios, semanales, mensuales, etc. manteniendo un registro informático de la información del consumo energético de una vivienda.

Planteamiento del problema

La medición del consumo energético en un hogar nace por la necesidad de supervisar y facturar el consumo de cada vivienda a nivel mundial, esto a raíz del desarrollo del capitalismo y las ideologías que este conlleva.

Estamos en pleno siglo XXI en la cual las tecnologías se están adueñando de nuestras vidas y volviéndonos independientes de la misma no obstante las empresas eléctricas no son la excepción, estas formas de producción requieren un mejor control y supervisión de la industria eléctrica, por lo que es necesario integrar un nivel superior de tecnología.

En la actualidad en nuestro país la medición de energía eléctrica se maneja a nivel local, siendo necesario la presencia de personal para la toma de lecturas del consumo energético mensualmente, si bien esta metodología ha llevado años no solo en el Ecuador sino a nivel internacional, es necesario generar un cambio en la forma que esta actividad se ejerce, con el fin de disminuir los errores que pueden pasar al momento de tomar el consumo eléctrico.

Es así como los sistemas de medición evolucionaron con el paso de las décadas en sistemas inteligentes en los cuales la presencia humana cada vez es menos prescindible, ya que los dispositivos cada vez tienen más acceso a medios y redes de comunicación.

Justificación

El continuo avance de las tecnologías requiere que los dispositivos de medición sean cada vez más inteligentes, dando como resultados dispositivos más complejos y de mayor costo, creando una necesidad latente de diseñar módulos de bajo costo capaces de replicar tanto el funcionamiento como la fiabilidad de un equipo producido por marcas reconocidas del mercado.

Es así como el presente proyecto plantea la implementación de un prototipo de sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales.

El principal beneficio de un prototipo con la telemedición es el bajo costo de su producción y sus fáciles adaptaciones al medio en el que se puede ubicar, es así que el único requisito que este módulo necesita como imprescindible para mantener la estructura de medición a distancia es un punto de acceso Wifi con internet.

Los beneficiarios directos son las empresas distribuidoras de energía eléctrica los cuales evitarán la necesidad de acceder de manera presencial a las mediciones mensuales, además de los usuarios que deseen conocer cuál es el consumo eléctrico de su vivienda sin necesidad de acceder físicamente a su medidor.

El uso de tarjetas de desarrollo como lo es Arduino permite generar diferentes aplicaciones, en este caso para el sistema de medición por su versatilidad, y compatibilidad con diferentes componentes como: sensores, actuadores, entre otros, además, de la intuitiva interface de programación maneja el lenguaje C++, como resultado del avance de las tarjetas de desarrollo, se cuenta con la posibilidad de conectarse a una red Wifi, llevando la información de los mismo a la era del internet de las cosas, por la que se podrá verificar en tiempo real el estado del sistema, desde cualquier parte del mundo.

La medición de corriente eléctrica de manera no invasiva es posible gracias a los electrones que circula por un conductor, induciendo un campo magnético medible a través de diferentes sensores, los mismos que tiene señales capaces de ser procesadas para ingresar a

la tarjeta de desarrollo. Este método evita la necesidad de abrir el circuito para obtener la medida de corriente eléctrica, además de que es totalmente seguro para el usuario ya que no tiene ningún contacto físico con los terminales de electricidad.

El desarrollo de sistemas de bajo costo es importante debido a que los equipos distribuidos por marcas comerciales tienen un costo significativo en relación a otros dispositivos que cumplen con las mismas funciones, además uno de los principales pilares de la Universidad de las Fuerzas Armadas, es generar profesionales con la capacidad de brindar nuevas soluciones tecnológicas a las crecientes necesidades de la comunidad, es por ello que se propone el diseño de un nuevo equipo de telemedición accesible para cualquier usuario con luz eléctrica y conexión a internet.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un prototipo de sistema de telemedición para la obtención de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales.

Objetivos específicos

- Determinar el funcionamiento de un sistema de telemedición para obtener datos.
- Implementar un sistema de telemedición para migración de lecturas de consumo energético de usuarios residenciales.
- Realizar pruebas de funcionamiento del dispositivo en campo.

Alcance

El presente proyecto tiene como alcance proponer una manera de telemedición enfocada en evitar que el personal de la empresa eléctrica tenga que presentarse de manera local en el domicilio, y brindar una herramienta de supervisión accesible desde cualquier lugar.

El dispositivo cuenta con un encapsulamiento en una caja bajo la norma IP 66 la cual indica la protección de un dispositivo contra polvo y agua a baja escala, esto con el objetivo de que pueda ser implementado en exteriores, además con una pantalla local que permite comprobar que el equipo se encuentra en funcionamiento.

En particular el alma del dispositivo se trata de un NodeMCU que posee características de un Arduino con el plus de un módulo ESP8266 que permite el acceso a redes Wifi, esto con el fin de brindar un canal de comunicación entre el equipo y la nube.

Capítulo II

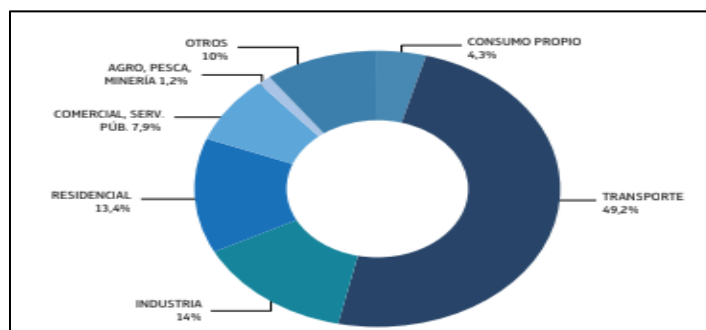
Fundamentación Teórica

Estado actual del consumo eléctrico en el Ecuador

La demanda energética en el territorio se aumentó 36,2% a lo largo del lapso de estudio, pasando de 69 millones BEP en el año 2009 a 94 millones barriles iguales de petróleo (BEP) en 2019. En línea con las tendencias históricas, el transporte es el mayor consumidor de energía con un costo promedio de 37,9 millones de baudios durante la última década. Le sigue una zona industrial con un coste medio de 13,3 millones de baudios en el mismo periodo. En última instancia, la tercera mayor demanda de energía del país proviene del sector residencial con un promedio de 12 millones de BOE. En 2019, el 9,2% de la demanda de energía provino del sector transporte, de los cuales el 1% provino del sector industrial y otro 13, % del sector residencial. En general, la demanda de energía de la región en 2019 mostró un crecimiento de 0,8% con respecto a 2018(*Balance Energético Nacional 2019.pdf, s/f, p. 26*).

Figura 1

Demanda de energía por sector (%)



Nota. En el gráfico se representa un diagrama sintetizado del consumo de energía por sector.

Tomado de (*Balance Energético Nacional 2019.pdf, s/f, p. 27*)

En la figura 1 se muestra el crecimiento de la demanda energética en el Ecuador en cuanto a fuentes de energía, incluidos los combustibles fósiles, con un promedio del 81% del 2009 al 2019. El diésel y la gasolina son las fuentes de energía más buscadas, con un

aumento del 33,5%. % y 58 de 2009 a 2019. La demanda de electricidad aumentó un 71,8 % durante el período analizado, mientras que la demanda de gas licuado de petróleo (GLP), la principal fuente de energía para cocinar, aumentó un 29,5 % durante el mismo período.

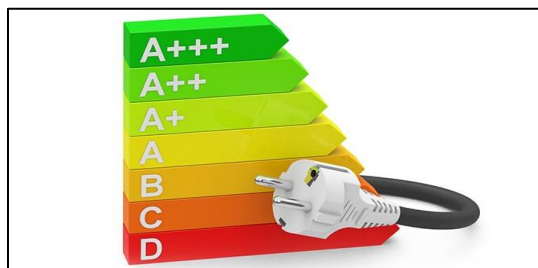
Con estos consumos presentados por parte de la demandada de energética en el Ecuador con el pasar de los años, se hace referencia a las pérdidas de electricidad que estas pueden presentar, llegando al punto de adquirir dispositivo de medición más exactos que los medidores convencionales (analógicos), llegando a la medición digital y medidores digitales incapaces de ser modificados y más exactos que los anteriores.

Consumo energético

El análisis de los consumos energéticos es un elemento importante del estudio universal de los procesos de producción industrial. El razonamiento de los diversos tipos de combustibles y carburantes usados en la industria, y el orden de intensidad del consumo de todos ellos, es un aspecto clave del estudio industrial, no solamente por el valor de la implementación de los productos energéticos en los procesos de producción, sino además por lo cual implica, a partir de un criterio energético, para la demanda final de energía y de sus probables repercusiones medioambientales(INE, 2020).

Figura 2

Representación gráfica del consumo energético



Nota. En el gráfico se representa gráficamente el consumo de energía. Tomado de (Boletín FAL 329_es.pdf, s/f, p. 5)

Además, se menciona que el consumo eléctrico está ligado a la eficiencia eléctrica, por lo que se debe tener en cuenta que el consumo de energía y eficiencia energética en los puertos ha sufrido algunas deficiencias. La mayor parte de los puertos y terminales carecen de tácticas y programas que permitan hacer una medición intensiva del consumo de energía y la eficiencia energética por fuente, y la decisión de indicadores y utilización de mediciones estratégicas para mejorar la eficiencia energética todavía no integran todos los entornos del proceso(Boletín FAL 329_es.pdf, s/f, p. 5).

El medidor Analógico

Este elemento es utilizado para medir la energía eléctrica distribuida a los clientes finales. La empresa distribuidora de dicho servicio aplica una tarifa que permite dar una facturación al final del mes para que el usuario conozca de cuanta energía está utilizando, su unidad de medición es el watt-hora (Wh) o el kilowatt-hora (kWh).

Antes de operar, los medidores eléctricos deben pasar por una serie de pruebas metrológicas para asegurar la precisión de las mediciones y así contribuir a la protección de los intereses de los consumidores.

Figura 3

Medidor de energía eléctrica Analógico



Nota. En el gráfico se observa el medidor de luz analógico o tradicional. Tomado de(¿CÓMO FUNCIONA EL MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA?, 2020)

El Medidor Eléctrico digital

La medición de energía es el proceso más importante en ventas, lo que significa que se debe prestar especial atención a la selección, operación y mantenimiento de los medidores para evitar errores que conduzcan a pérdidas y daños de energía para la empresa distribuidora.

El contador digital explica información básica sobre el dispositivo, siempre es mejor consultar esta información con su distribuidor eléctrico para saber que significa en cada caso específico, pero típicamente este indicador.

- Si está apagado significa que no hay energía.
- Si parpadea de forma continua, entendemos que consume electricidad.
- Si parpadea muy rápido, significa que el consumo de energía ha aumentado significativamente.
- Si tu fotómetro digital está en rojo fijo, para algunos modelos de contadores puede indicar que se ha excedido la potencia contratada o no se consume.

Figura 4

Medidor de energía eléctrica Digital



Nota. En el gráfico se observa el medidor eléctrico digital moderno. Tomado de. (¿Qué es y para qué se usa un contador digital?, s/f)

Clasificación de los medidores eléctricos



Nota. El gráfico representa la principal clasificación de los medidores eléctricos los mismos que se destacan cuatro junto a sus generalidades técnicas.

Estructura de un medidor

La caja del medidor cumple con los requisitos de las normas IEC EN 62053-21 y DIN 43857. Además, una cubierta de policarbonato transparente con alta resistencia mecánica protege el interior del medidor de posibles daños, tales como: Bloqueo UV.

Figura 5

Vista exterior de medidor eléctrico Digital



Nota. En el gráfico observamos un medidor eléctrico digital. Tomado de (get_file.pdf, s/f)

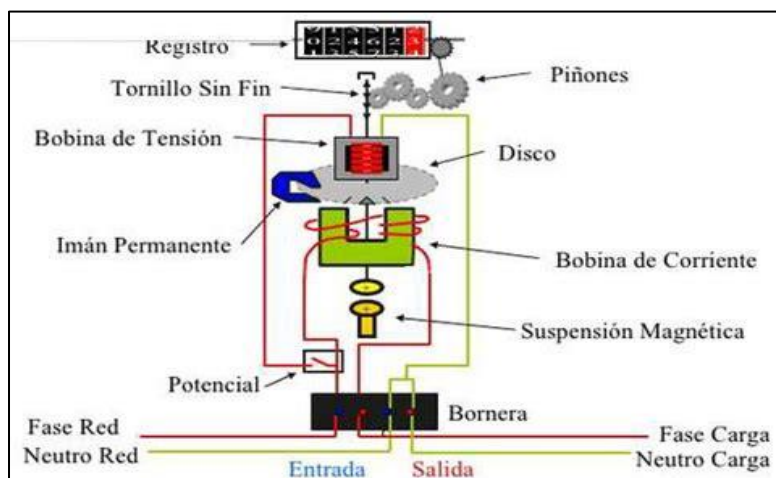
Partes electrónicas

- MÓDULO DE MEDICIÓN

La corriente y el voltaje medidos de cada etapa se convierten en una señal analógica proporcional para determinar la corriente y el voltaje de fase.

Figura 6

Partes electrónicas de un medidor digital



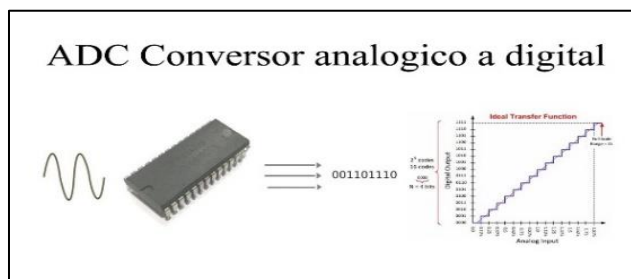
Nota. En el gráfico observamos las partes electrónicas de un medidor eléctrico digital. Tomado de (get_file.pdf, s/f)

- CONVERTIDOR DE SEÑALES

La señal analógica se procesa después de convertirla en código digital mediante un convertidor sigma-delta.

Figura 7

Conversor de señales



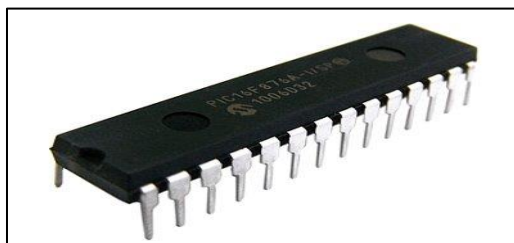
Nota. En el gráfico observamos la conversión de señales de un medidor eléctrico digital. Tomado de (get_file.pdf, s/f)

- MICROCONTROLADOR

En los medidores existen pequeños chips que pertenecen a la familia de microcontroladores, diseñados para cumplir múltiples tareas programadas, en este caso para un acumulador y visualizador de consumo eléctrico, este tipo de chip está incrustado en la placa del medidor, este chip es intercambiable.

Figura 8

Microcontrolador genérico



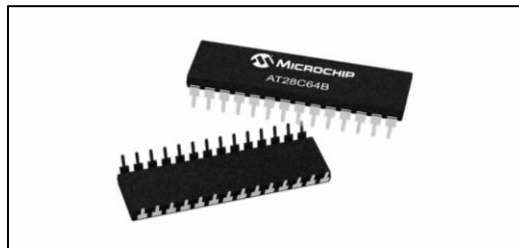
Nota. En el gráfico observamos un microcontrolador de un medidor eléctrico digital. Tomado de (get_file.pdf, s/f)

- MÓDULO DE MEMORIA NO VOLÁTIL

La memoria volátil permite almacenar información dentro de la EEPROM de un microcontrolador, básicamente es un espacio de memoria que se borra cada cierto tiempo y permite guardar información.

Figura 9

Módulo de memoria no volátil



Nota. En el gráfico observamos un módulo de memoria no volátil de un medidor eléctrico digital.

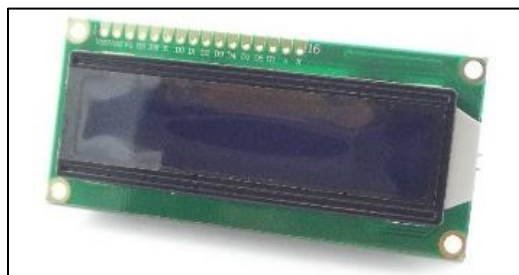
Tomado de (get_file.pdf, s/f)

- PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO

El medidor tiene una pantalla de visualización que permite verificar el consumo eléctrico en las unidades de KWH, en este punto se posee una pantalla de tipo cristal con el fin de mejorar la visualización del mismo.

Figura 10

Pantalla de medidor digital



Nota. En el gráfico observamos la pantalla de cristal de un medidor eléctrico digital. Tomado de

(get_file.pdf, s/f)

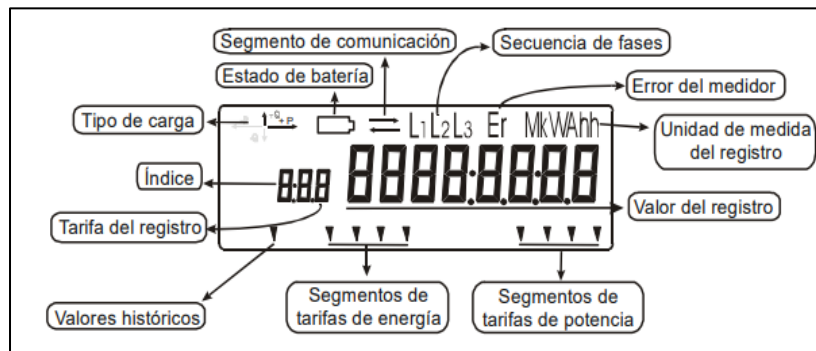
Campos de la pantalla de cristal liquido

La pantalla del medidor puede ser dividida en varios segmentos cada uno de ellos tiene una finalidad única para interactuar entre el usuario y mejorar la visualización, también es necesario colocar indicadores como flechas para la dirección de la corriente.(get_file.pdf, s/f)

- Segmento de estado de batería. - se notifica cuando hay que cambiar la batería.
- Segmento de comunicación. – es activada cuando la interfaz óptica se está ejecutando en medio de la comunicación.
- Secuencia de fases. - se indica el número y secuencia de las fases de tensión de alimentación.
- Unidad de medida del registro. - se indica la unidad de medida del registro.
- Índice. - se indica el código EDIS del registro. La última cifra del código corresponde a la tarifa del registro (solamente para datos de energía y potencia). “0” corresponde a la energía total de todas las tarifas.
- Segmento de valores históricos. - se indica que se están revisando los datos de los periodos ya terminados.
- Segmentos de tarifas. - al mismo momento está activado uno de los segmentos de tarifas de energía (correspondiente a la tarifa en curso) y uno de los segmentos de tarifas de potencia (correspondiente a la tarifa en curso). Los números de tarifas se indican en la placa bajo los correspondientes segmentos.(get_file.pdf, s/f)

Figura 11

Segmentos de la pantalla de cristal líquido



Nota. En el gráfico observamos los segmentos de la pantalla de cristal líquido de un medidor.

Tomado de (get_file.pdf, s/f, p. 12)

Medidores inteligentes

Los medidores capaces son dispositivos que poseen la función de calcular el consumo de energía de una manera más descriptiva que los medidores convencionales, caracterizados pues permiten la comunicación de la información por medio de una red disponible hasta otros medidores, agregadores o centros de control(medicion_energia.pdf, s/f).

Figura 12

Medidor inteligente



Nota. En el gráfico se representa un medidor inteligente de 2013. Tomado de (medicion_energia.pdf, s/f)

Un medidor inteligente cuenta con elementos que le permiten el monitoreo y medición de manera remota dando como resultado el uso de las nuevas tecnologías para gestionar este tipo de dispositivos.

Concepto de telemedición

Se apoya en una medición efectuada con ayuda de recursos intermedios que permiten que el tamaño sea protagonizado a una determinada distancia. La característica distintiva de la telemedida es la naturaleza de los sistemas de transmisión, que integran la conversión de la porción medida en una intensidad representativa de otra clase (que puede transmitirse convenientemente para la medición a distancia) (Sánchez, s/f).

Figura 13

Estructura de telemedición



Nota. El gráfico representa el esquema de telemedición. Tomado de (Morales Sánchez, 2018)

Telemedición eléctrica

La telemedición eléctrica se basa en usar sensores (voltaje y corriente) o transductores analógicos o digitales, con el propósito de la compra de datos eléctricos como, potencia activa, corriente, voltaje, etcétera. Para enviarlos por medio de un sistema de telecomunicaciones a una estación de control en donde los valores son procesados y visualizados; la aplicación de telelectura posibilita, minimizar precios directos e indirectos, dar innovación tecnológica y es una elección para el monitoreo del consumo eléctrico en los domicilios (Sánchez, s/f, p. 23).

Figura 14

Concepto gráfico de telemedición



Nota. El gráfico representa el esquema de telemedición eléctrica. Tomado de (Sánchez, s/f, p. 33)

Entre las ventajas más importantes de la telemedición eléctrica se destacan:

- Monitorear el consumo de energía en tiempo real.
- Realizar tele lectura de los medidores de energía.
- Llevar un registro de los picos de consumo en intervalos (horas, días, semanas).
- Ejecutar cortes y reconexiones inmediatas a usuarios que estén en mora.
- Identificar a los usuarios finales que se encuentren sin servicio eléctrico por alguna razón de fuerza mayor como avería en transformador o alguna sub estación a la que el usuario está conectado(Sánchez, s/f, p. 33)

Principios eléctricos para la medición de potencia

Inducción de Faraday

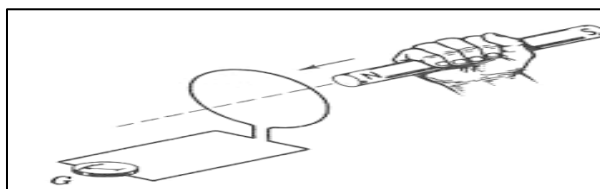
La inducción electromagnética menciona que la corriente eléctrica puede fluir mediante un cambio en el campo eléctrico.

La fuerza que experimenta un alambre por el cual pasa corriente debida a los electrones en desplazamiento una vez que está en la existencia de un campo magnético es un caso muestra tradicional. Tanto desplazar un alambre por medio de un campo magnético o (de forma

equivalente) modificar el tamaño del campo magnético con la época puede provocar que fluya una corriente. (Guia_04_Induccion.pdf, s/f)

Figura 15

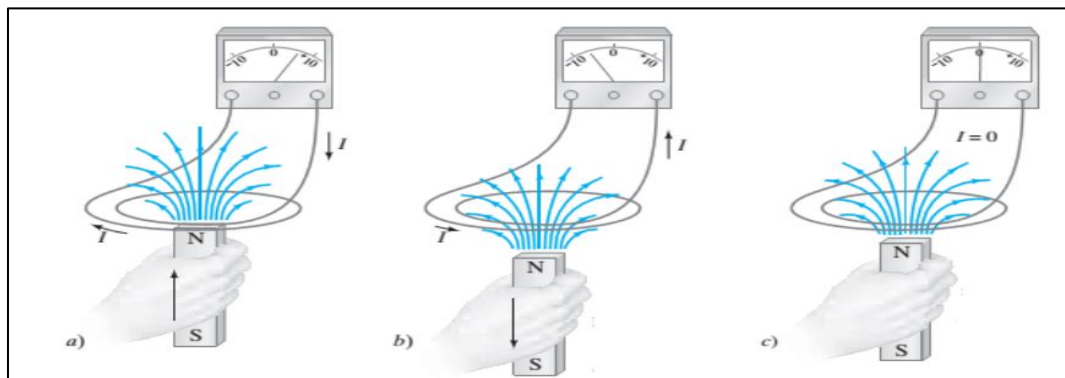
Inducción de Faraday



Nota. En el gráfico se la forma física en la que se produce la inducción. Tomado de (electromagnetismo.pdf, s/f)

En 1831, Michael Faraday desarrollo un experimento que permitió verificar que la corriente eléctrica se desplaza por medio de modificación en el campo magnético, haciendo de su teoría famosa. Además, la corriente “inducida” puede movilizarse libremente mientras, no exista un cambio en el campo magnético, caso contrario no se produce tal fenómeno. (7407-15 FISICA Inducción electromagnética.pdf, s/f).

Esto se puede manifestar de la siguiente forma: “Si se induce una corriente, en un circuito, vamos a poder dar por sentado que, en el circuito, ha aparecido un generador de corriente, o bien, en el circuito se ha creado una fuerza electromagnética (FEM) inducida” La FEM inducida está vinculada a la alteración del flujo magnético por medio del circuito, y su costo está definido por la ley de Faraday. Con esta herramienta vamos a poder identificar si hay corriente inducida.

Figura 16*Inducción electromagnética*

Nota. El gráfico representa el proceso de demostración de la ley de Faraday. Lenz. Tomado de (7407-15 FISICA Inducción electromagnética.pdf, s/f)

En la situación (a) el imán se mueve por encima de la hoja dando como resultado el crecimiento de movilidad generando una corriente inducida que no es capaz de ser detectada por el instrumento de medición. No obstante, una vez que el imán se mueve hacia debajo, caso (b), el flujo que atraviesa la espira, empieza a reducir. Finalmente, en (c), el imán es inamovible lo que permite estabilizar el campo magnético evitando la excitación de la corriente y haciendo que el medidor tenga un resultado nulo.

Ley de ohm

Las magnitudes eléctricas esencialmente son el voltaje, la corriente y la resistencia.

- Voltaje

Se refiere a la fuerza que pone en movimiento a las cargas, también se lo denomina como fuerza electromotriz o diferencial de potencia, su unidad de medida es el Voltio (V).

- Corriente

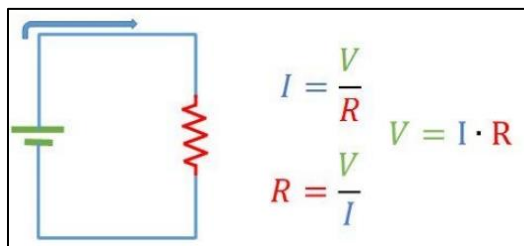
La corriente eléctrica es el movimiento de partículas cargadas en determinada dirección, la partícula carga puede ser un electrón positivo o negativo. Cuya unidad de medida es el Amperio (A).

- Resistencia

Es la oposición al paso de corriente por un material conductor. Su unidad de medición es ohmios (Ω).

Figura 17

Fórmulas que conforman la Ley de Ohm



Nota. El gráfico representa las fórmulas de la ley de ohm y el sentido de la corriente. Tomado de (Tutoriales & Barragán, s/f)

La ley de ohm plantea una forma de hacer circular la corriente a través de un conductor mientras actúa el voltaje y la resistencia para crear la ecuación que relación los tres elementos como se puede observar en la figura 17.

Potencia eléctrica

Para comprender qué es la potencia eléctrica se necesita conocer primeramente el término de “energía”, que no es más que la capacidad que tiene un mecanismo o dispositivo eléctrico cualquier persona para hacer un trabajo. Una vez que conectamos un equipo a un circuito que tiene de fuente la fuerza electromotriz, como un almacenador de energía, permitiendo ser reutiliza después para encender un bombillo, un motor entre otras aplicaciones. En la

situación de la energía eléctrica dicha transformación se muestra en la obtención de luz, calor, gélido, desplazamiento (en un motor), o en otro trabajo eficaz que haga cualquier dispositivo conectado a un circuito eléctrico cerrado (Potencia Eléctrica, /).

La potencia es la tasa a la que se utiliza la energía. La potencia se mide en julios por segundo (J/s), indicados por la letra "P". Un J/s es igual a 1 vatio (W), por lo que cuando utilizamos 1 julio de potencia por segundo, consumimos o consumimos 1 vatio de electricidad.

Formas de medir la corriente

Amperímetro

El amperímetro nos permite conocer la intensidad de corriente eléctrica circulando por un conductor o cable, esencialmente se tenía un amperímetro basado en un galvanómetro pero no era muy exacto como lo son ahora. (U3.pdf, s/f, p. 3) .

Figura 18

El amperímetro



Nota. El gráfico representa un amperímetro analógico. Tomado de (U3.pdf, s/f)

Actualmente, los amperímetros tienen integrados que permiten conocer la corriente en base a la medición de voltaje. Sin embargo, la forma de medición es invertida ya que el instrumento debe estar colocado en seri al cable conductor.

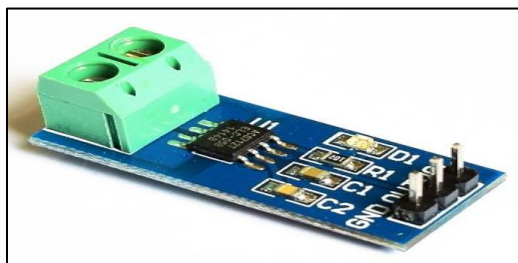
Sensor de corriente ACS712

El ACS712 es una solución rentable para medir la corriente, internamente funciona con un sensor de impacto Hall que detecta el campo magnético generado por la inducción de la corriente que fluye a través de la línea de medición. El sensor nos da un voltaje de salida proporcional a la corriente, dependiendo de la aplicación podemos usar ACS712-05A, ACS712-20A o ACS712-30A para rangos de 5, 20 o 30 amperios respectivamente.

Con un sensor ACS712 podemos encontrarlo en módulos, los cuales nos facilitan su conexión, traen una bornera para conectar la línea que queremos medir y 3 pines, dos para conectar la alimentación y un pin para la salida analógica.

Figura 19

Sensor de corriente ACS712



Nota. El gráfico el sensor de corriente ACS712. Tomado de (Tutorial sensor de corriente ACS712, s/f)

El sensor nos da un valor de 2.5 V para corriente 0 A y de ahí aumenta proporcionalmente a la sensibilidad, hay una relación lineal entre el voltaje de salida del sensor y la corriente. Esta relación es una línea recta en un gráfico de tensión frente a corriente, donde la pendiente es la sensibilidad y la pendiente es 2.5 V.

Sensor de corriente SCT-013

Los sensores SCT-013 actúan como transformadores, la corriente que circula por el cable que queremos medir actúa como devanado primario y en su interior se encuentra una bobina secundaria, dependiendo del modelo potencialmente hasta más de 2.000 pases.

La ratio a su vez es la interacción entre la corriente que circula por el cable y la corriente que nos da el sensor, esta interacción o ratio es lo que distingue a los diferentes modelos de sensores SCT-013, además, tienen la opción de carga resistiva. de corriente funciona con salida de tensión. Este tipo de sensor se denomina sensor CT (transformador de corriente), que es un transformador como se describe.

Solo se requiere una corriente para pasar por el núcleo, si consideramos ambos cables en una conexión monofásica, su lectura será cero porque los cables tienen corrientes opuestas.

Figura 20

Sensor de corriente SCT-013-100



Nota. El gráfico representa el sensor de corriente no invasivo. Tomado de (Tutorial sensor de corriente AC no invasivo SCT-013, s/f)

Amplificador operacional

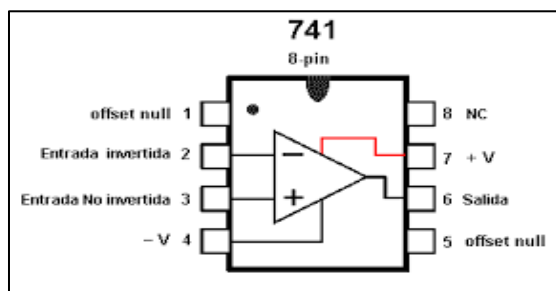
Un amplificador operacional es un amplificador diferencial. tiene 3 terminales: 2 terminales de ingreso y un terminal de salida. es un dispositivo activo (está compuesto por transistores, resistencias y cualquier condensador), necesita una potencia de continua para funcionar de CI necesitan 2 fuentes de continua.

Los terminales 4 y 5 de RAM están conectados al ánodo, VVC y cátodo -VEE respectivamente y suelen ser equivalentes en valor absoluto, ambas fuentes continuas de alimento tienen características comunes. Es interesante observar el punto de referencia de tierra

en el amperímetro, este es, por supuesto un objetivo común de ambas fuentes de alimentos en otras palabras ningún cable de amperímetro está físicamente conectado a tierra.

Figura 21

Amplificador operacional

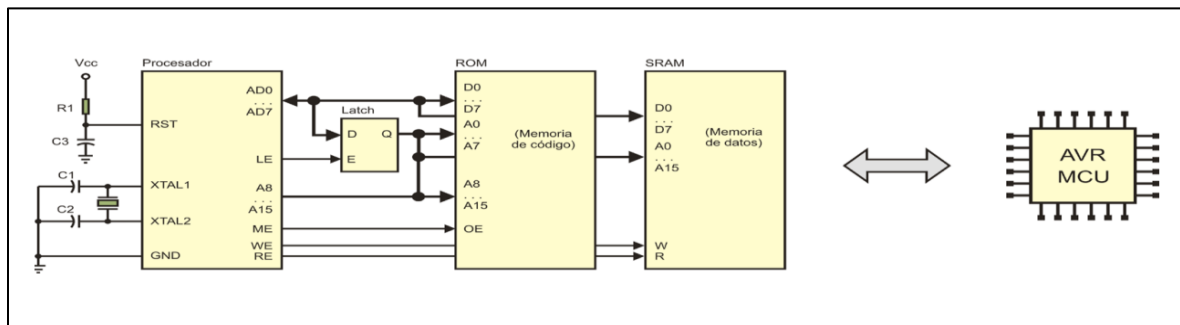


Nota. El gráfico representa la estructura de un amplificador operacional. Tomado de (Luis, 2015)

Microcontroladores

El término de controlador ha permanecido inalterable por medio del tiempo, aunque su utilización física ha variado con los cambios tecnológicos. En inicio, los controladores se construyeron basado en circuitos analógicos, las elecciones se tomaban con diferentes configuraciones de transistores o amplificadores operacionales. En los setentas se usaba lógica discreta con circuitos digitales con baja o mediana escala de adhesión. (Gonzales, s/f)

El primer microprocesador (4004 de Intel) ha sido puesto en operación en 1971, esto entregó sitio al trabajo de un microprocesador con sus recursos de soporte (memoria, entrada/salida, etcétera.) como tarjetas de control. A estas tarjetas además se les conoce como Pcs en una Sola Tarjeta (SBC, single board computer). En la actualidad se han incluido todos dichos recursos en un solo circuito incluido y a éste se le refiere como Unidad Micro Controladora (MCU, Micro Controller Unit) o sencillamente microcontrolador.

Figura 22*Estructura de un microcontrolador*

Nota. El gráfico representa la constitución principal de microcontrolador. Tomado de(03_Cap_1_2_3.pdf, s/f)

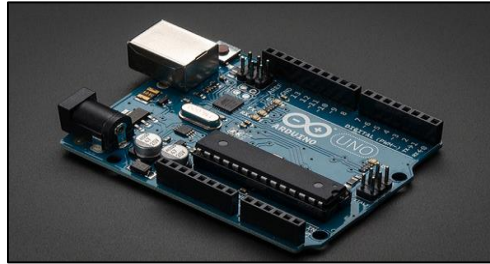
Tarjetas de desarrollo

Arduino

Con el tiempo, una tecnología puede convertirse en la palanca que mueva el mundo. Arduino es una de esas palancas.

Lo que comenzó como un plan para ofrecer a los artistas la entrada a los microprocesadores embebidos para proyectos de diseño interactivo. Arduino posibilita la construcción de prototipos electrónicos rápidos y baratos. Éste ha convertido lo cual solían ser inconvenientes de hardware bastante difíciles, en inconvenientes de programa muchísimo más básicas. Y se convirtió en el prota del desplazamiento maker internacionalmente(Hacedores, 2014).

Basada en la línea Atmel AVR de microcontrolares de 8 bits, sus configuraciones de pines analógicos, digitales y otras se han convertido en un tipo de seguimiento que se ha convertido en el estándar de la industria, es una sólida plataforma de desarrollo tanto para hackers de hardware experimentados como para novatos.

Figura 23*Arduino UNO*

Nota. El gráfico representa la tarjeta Arduino. Tomado de (Hacedores, 2014)

Raspberry-Pi

El diseño original proporciona un entorno de desarrollo fácil de usar que le permite crear nuevas aplicaciones de muchas maneras. La plataforma Raspberry Pi es una PC con Linux, una solución completa equivalente a una PC normal con el famoso sistema operativo Windows. Raspberry Pi cuenta con sus propias herramientas, las cuales son bastante sencillas e intuitivas de utilizar, donde cada aplicación deseada tiene instalado el sistema operativo adecuado y los drivers necesarios.

Figura 24*La tarjeta Raspberry Pi*

Nota. El gráfico representa la tarjeta Raspberry Pi. Tomado de (Caballero-Julián et al., 2020)

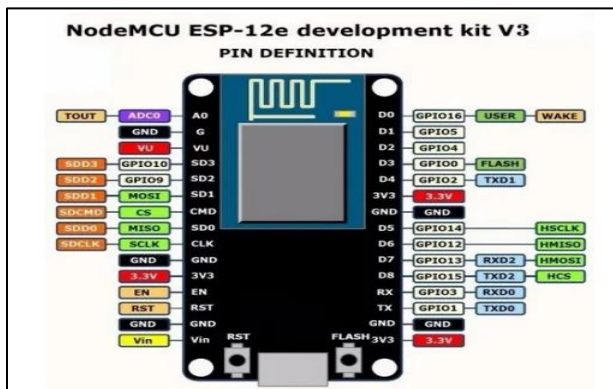
Sí, es cierto que son innumerables los proyectos que podemos realizar con Raspberry y adentrarnos en el mundo DIY y Maker, pero la mayoría de los usuarios acaban utilizándolo para diferentes propósitos:

NodeMCU ESP-12E es una plataforma de desarrollo completa, módulo SoC basada en microcontroladores Tensílica L 106 de 32 bits que funciona a 80 MHz con 4 MB de flash y 32 KB de SRAM. Dispone de conectividad WiFi 802.11 b/g/n para utilizar dispositivos que actúan como servidores de internet.

NodeMCU añade además un circuito CH340G, con lo que es viable comunicarse a lo largo de la etapa de desarrollo con el puerto serial del microcontrolador a partir del puerto USB de la Computadora y utilizando un cable Micro USB. El NodeMCU integra el protocolo TCP-IP y tiene conectividad Wifi, con antena de radiofrecuencia incorporada, lo que posibilita su acceso a internet por medio de un router cercano al módulo (digamos hasta unos 3 metros), con la probabilidad de control remoto del tipo "Anywhere", a partir de cualquier parte. Esto quiere decir que, así sea por medio de un teléfono celular o una PC conectados a internet, tienen la posibilidad de mandar comandos al NodeMCU para activar dispositivos y recibir información de sensores o alarmas instaladas en viviendas y oficinas. A lo largo de la etapa de desarrollo, NodeMCU se conecta de manera directa a la PC con un cable micro USB, el cual otorga la ingesta de alimentos de 5v al módulo y posibilita la carga de nuevos programas a una rapidez tradicional de 115200 bps.

Figura 25

NodeMCU



Nota. El gráfico representa un esquema de pines del NodeMCU. Tomado de (MANUAL-BASICO-NODEMCU-ESP-12E-ARDUINO.pdf, s/f)

Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación se basa en un grupo de directivas o comandos que describen el proceso previsto. Cada idioma tiene sus propios símbolos y expresiones de palabras que se incorporan a los programas de computadora. Un lenguaje de programación no es una aplicación sino una herramienta que te permite crear y personalizar aplicaciones.

Hay muchos lenguajes de programación con características y capacidades muy diferentes. Todo ello se puede encontrar en 2 grandes grupos.

- Lenguajes de máquina
- Lenguajes de símbolos

Lenguaje de programación en el que las instrucciones de los diferentes programas se codifican utilizando los caracteres de las lenguas naturales. La ejecución de un programa

Lenguaje C

El lenguaje C es un lenguaje estructurado, en el mismo sentido que lo son otros idiomas de programación como por ejemplo el lenguaje Pascal, el Ada o el Modula-2, empero no es

estructurado por bloques, es decir, no es viable proclamar subrutinas (pequeños trozos de programa) en otras subrutinas, a diferencia de como ocurre con otros idiomas estructurados como por ejemplo el Pascal. Además, el lenguaje C no es tieso en la comprobación de tipos de datos, permitiendo de forma fácil la conversión entre diversos tipos de datos y la asignación entre tipos de datos diferentes(Esteban, s/f).

Lenguaje C++

El lenguaje C ++ es una programación creada como una extensión del lenguaje C, el lenguaje incluye tres paradigmas de programación:

1. Programación estructurada
2. Programación general
3. Programación orientada a objetos

C++ es ahora un lenguaje flexible, potente y genérico. Su éxito entre los desarrolladores la ha convertido en la herramienta número 1 para el desarrollo de aplicaciones, ya sea Windows o G (NU Linux, el sistema operativo en el que basaremos esta guía.

Pantalla OLED

Una OLED llega a ser un dispositivo electrónico que consta de muchas tiras delgadas de material orgánico intercaladas entre dos conductores. Cuando hay una corriente eléctrica, se emite luz. OLED optimiza el consumo de energía y es ideal para aplicaciones móviles.

OLED es uno de los tipos de pantalla disponibles para usar en nuestros propios proyectos de electrónica y Arduino. OLED (Organic Light Emitting Diode) es un tipo de LED cuya capa luminiscente está formada por un compuesto orgánico que emite luz en respuesta a una corriente eléctrica. Al igual que otros tipos de pantallas, OLED requiere un controlador especial que convierte los datos recibidos en una señal electrónica para controlar la pantalla. En el sector de la electrónica de consumo se venden pequeños displays OLED de 0,96 pulgadas o 1,30 pulgadas listos para conectar al Arduino.

Estas cubiertas se adaptan a los controladores SDD1306 o SH1106 y tienen un tamaño bastante limitado de 25 mm x 14 mm. Son monocromáticas y tienen una resolución de 128x64 píxeles. La ventaja de las pantallas OLED es su consumo de corriente relativamente bajo, unos 20 mA, porque solo se encienden los píxeles principales y no necesitan retroiluminación. En otras palabras, es especialmente interesante para las aplicaciones que funcionan con batería. Además, son más fáciles de ver con luz brillante, como la del sol. A pesar del pequeño tamaño de estas pantallas OLED de 0,96 pulgadas (1,30 pulgadas), puede ser un problema hacerlas perfectamente visibles. La comunicación se puede realizar, según el modelo, a través del bus SPI o del bus I2C, lo que simplifica la adquisición de datos de medición. El voltaje de extracción de alimentos admite 3,3 V y 5 V.

Figura 26

Pantalla OLED



Nota. El gráfico representa una pantalla OLED. Tomado de (oled.pdf, s/f)

Normas IP e IK

Los códigos IP e IK forman un sistema de clasificación utilizando para calibrar el grado de protección que brinda la envolvente para proteger los componentes internos de equipos y equipos eléctricos o electrónicos, así como cualquier otro equipo industrial como sensores, medidores, controlares, etc.

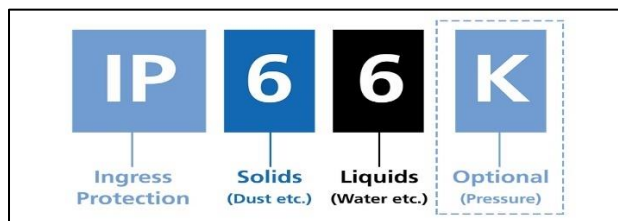
De esta forma, las envolventes de los grupos eléctricos y electrónicos respaldan custodia para los individuos contra las piezas internas de los conjuntos, como de esta forma además una custodia del equipo contra la penetración de recursos externos, sean estos firmes o líquidos (Código IP). Una vez que la defensa del equipo es hacia impactos mecánicos externos, se habla de Código IK.

- Grado de protección IP

Tenemos la oportunidad de señalar que los productos con grados de protección IP20, P25 o IP33 son los que deben instalarse en interiores. Por su parte, los productos con grados de protección IP44, IP54 o IP65 están diseñados para su instalación en exteriores. Los productos con clasificación IP68 se pueden sumergir en agua sin problemas de rendimiento.

Figura 27

Protección IP



Nota. El gráfico presenta la clasificación IP de protección. Tomado de (Grados de Protección IP, IK y Clase Eléctrica, s/f)

- Grados de protección IK

Al igual que el código IP, se rige por una regla general (IEC 62262) que permite la comparación de diferentes productos. En esta situación, este nivel significa resistencia mecánica a influencias nocivas que podrían afectar al producto. El nivel de IK varía de 0 (resistencia más

baja) a 10 (resistencia máxima). A través de la siguiente tabla, tenemos la oportunidad de ver más claramente los diferentes valores de IK y energía que puede soportar el producto.

Figura 28

Protección IK

Potección IK	Energía (J)	Masa y altura de la pieza de golpeo
IK00	-	-
IK01	0,15	0,2kg. 70mm
IK02	0,2	0,2kg. 100mm
IK03	0,35	0,2kg. 175mm
IK04	0,5	0,2kg. 250mm
IK05	0,7	0,2kg. 350mm
IK06	1	0,5kg. 200mm
IK07	2	0,5kg. 400mm
IK08	5	1,7kg. 295mm
IK09	10	5kg. 200mm
IK10	20	5kg. 400mm

Nota. El gráfico representa el grado de impacto del código IK. Tomado de (Grados de Protección IP, IK y Clase Eléctrica, s/f)

Capítulo III

Desarrollo del tema

Selección de materiales

Los materiales analizados en el apartado fueron seleccionados mediante las necesidades y los requerimientos que se presentaron como objetivos en el capítulo 1, uno de los principales métodos de selección es el tradicional que consiste en la selección mediante la experiencia del uso de los materiales, por lo tanto se toma en cuenta que los componentes poseen ventajas y desventajas considerables para el desarrollo de este proyecto, es así que se debe analizar cada uno de los componentes con la finalidad de seleccionar el más adecuado para realizar el proyecto, los componentes principales para el proyecto son: la tarjeta de desarrollo, el sensor de medición, y carcasa, en donde se analiza varios factores y parámetros que dependen de la capacidad, ubicación y forma de instalación.

Las tres tarjetas de desarrollo Arduino, NodeMCU, RaspberryPi son ampliamente utilizadas en proyectos de investigación y desarrollo, sin embargo, para cumplir con el concepto de telemedición es necesario que la tarjeta seleccionada posea un módulo WIFI, imprescindible para la conexión del dispositivo a la nube, por lo tanto la tarjeta de desarrollo seleccionada es "NodeMCU", asimismo, la tarjeta posee un puerto analógico necesario para la conexión con el sensor de corriente, y a su vez el puerto de conexión SPI necesario para la conexión de la pantalla OLED.

Algunos de los requisitos fundamentales para el desarrollo del prototipo son: disponibilidad y facilidad de obtención, el costo, la calidad y resistencia de los mismo, y que sean compactos para una mejor sinterización en un solo dispositivo. A continuación, una descripción de cada uno de los componentes y su selección.

NodeMCU

Tabla 1

Características de la tarjeta NodeMCU

Tarjeta	Características
NodeMCU	<ul style="list-style-type: none"> • 1 entrada analógica • 12 salidas digitales • Si tiene Wifi • Alta capacidad de programación

Nota. Esta tabla muestra las características necesarias de la tarjeta de desarrollo seleccionada.

Figura 29

Tarjeta NodeMCU



Nota. En el gráfico podemos observar la tarjeta NodeMCU adquirida para el dispositivo de telemedición.

El módulo WIFI integrado en la tarjeta NodeMCU permite al dispositivo conectarse a la red y por ende a una base de datos en la nube, dando versatilidad a la toma de datos y medición del consumo eléctrico domiciliario. El sensor utilizado para medir la corriente consumida debe poseer un rango ampliado para evitar que se estropee, dando como resultado falsas mediciones o mediciones erróneas, es por ello que se consideró de igual manera una selección para el sensor

a implementar ya que este debe ser lo más exacto posible, para que la medición concuerde con la real.

El consumo eléctrico tiene como unidad de medida “Kilovatio sobre hora”, pero no es posible medir esta magnitud con un sensor único, por lo tanto, es necesario llegar a la medición de forma indirecta con ayuda de otros componentes, como lo es el sensor de corriente que permitirá medir la corriente consumida en un segundo por medio de programación. La tarjeta seleccionada necesita que el sensor de corriente tenga una señal analógica compatible a la entrada de la tarjeta a nivel de voltaje (3.3 Voltios), así mismo se consideró que la mejor opción para medir la corriente eléctrica es de forma no invasiva, para evitar la apertura de la línea y los riesgos que conllevaría realizar ese procedimiento, por lo que se optó por seleccionar el sensor SCT-Q013, ya que posee un amplio rango de medición así como una manera de medición no invasiva como se puede ver sus características en la tabla 2, sin embargo, para ingresar la señal a la tarjeta se necesita amplificar la señal por medio de un circuito acondicionador.

Sensor de corriente no invasivo

Tabla 2

Características del sensor de medición de corriente

Sensor	Características
SCT-Q013	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición de hasta 100 A • Salida analógica de 0 a 50 mA • Sensor no invasivo • Alta exactitud (necesita amplificación)

Nota. La siguiente tabla muestra las principales características del sensor de corriente SCT-Q013.

Figura 30

Sensor No invasivo



Nota. En el gráfico podemos observar el sensor adquirido para el dispositivo de telemedición.

Los materiales seleccionados después de la tarjeta de desarrollo y el sensor de medición, son determinados mediante una investigación propia de materiales y componentes enfocados más en las conexiones eléctricas, protección, fuente de alimentación y pantalla de visualización, de los cuales la pantalla OLED fue seleccionada debido a su capacidad de presentación de datos y versatilidad en la programación.

Pantalla Oled de 128 x 64

Figura 31

Pantalla OLED



Nota. En el gráfico podemos observar la pantalla OLED adquirida para el dispositivo de telemedición.

128×64 0.96" I2C Azul/Blanco Oled Display SSD1306 es un dispositivo electrónico LED que le permite controlar cada píxel individualmente y mostrar tanto texto como gráficos a través de comunicación I2C, operando de 3,3 V a 5.5 VDC.

Tabla 3

Características de la pantalla OLED

Pantalla	Características
OLED 128X64	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución de 128x64 pixeles • Alimentación de 3.3 V • Comunicación SPI • Facilidad de manejo

Nota. Esta tabla muestra las características la pantalla de visualización del prototipo.

Caja con protección IP transparente

Figura 32

Carcasa con protección



Nota. En el gráfico podemos observar la carcasa adquirida para el dispositivo de telemedición.

ABS termoplástico o policarbonato (PC) de alta calidad, a prueba de golpes, no corrosivo, antiestático, mejor aislamiento, resistencia al calor, resistencia a bajas temperaturas, resistencia química, excelentes propiedades eléctricas, brillo superficial, etc.

Tabla 4

Características de la carcasa del dispositivo

Carcasa	Características
Carcasa 8cm x 6 cm	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño 8 cm x 6 cm • Protección IP66 • Altura de 5 cm

Nota. Esta tabla muestra las características la carcasa del prototipo.

La lista completa de los materiales se ve presentada en la tabla 5.

Tabla 5

Materiales a utilizar

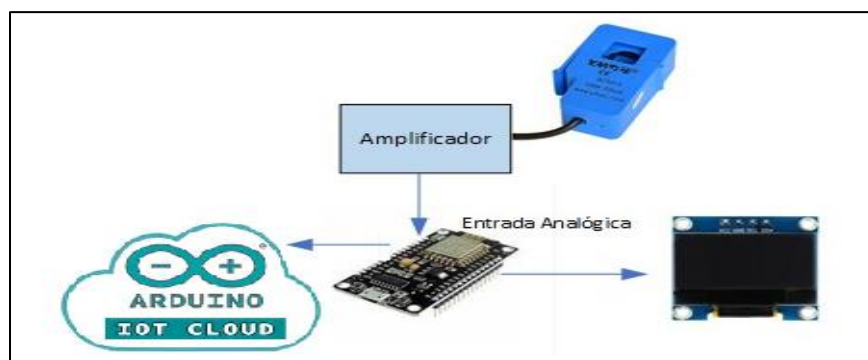
Cantidad	Material
1	Placa NodeMCU
1	Sensor de corriente (SCT-Q013)
1	Pantalla Oled de 128x64
1	Fuente de 5v DC
1	Fusible
1	Porta fusible
1	Cable micro USB
1	Caja con protección IP transparente
1	Paquete de cables de conexión
1	Circuito amplificador
1	Licencia ArduinoCloud
1	Varios

Estructura general del sistema

El dispositivo consiste en el sensor de corriente no invasivo, el circuito acondicionador para el sensor, una fuente de 5V, el NodeMCU, los cuales son conectados de manera segura, el módulo cuenta con un fusible conectado a la red para proteger los componentes de posibles descargas eléctricas, así mismo el NodeMCU se conecta la base de datos de Arduino ICloud, para almacenar los datos recopilados.

Figura 33

Estructura de conexión



Nota. En el gráfico podemos observar la estructura para conexión entre los dispositivos e integración de la base de datos por parte de ArduinoCloud.

El sensor está conectado mediante sus pines al módulo de acondicionamiento, que envía una señal de voltaje de 0 a 2.5V, que es aceptada por la entrada analógica de la tarjeta NodeMCU, en la misma es conectada la pantalla OLED para visualización. Todo el circuito es alimentado mediante un cargador que transforma 110Vac a 5Vdc. El almacenamiento de datos es realizado mediante programación, así como el funcionamiento de los elementos.

Estructura física del dispositivo

La estructura física del dispositivo cuenta con diferentes componentes dentro de una carcasa compacta capaz de ser ubicada en la intemperie, por lo tanto, para el diseño del presente prototipo se necesitó el modelo adecuado de carcasa a utilizar para el desarrollo del dispositivo

medidor de consumo eléctrico, considerando el nivel de protección contra agua y polvo se seleccionó una caja con las siguientes dimensiones: 9 cm de ancho, 11.5 cm de largo y 5.5 cm de alto, como se muestra en la figura 34, misma que cumple con las protecciones necesarias y el tamaño adecuado para la disposición de todos los dispositivos, además, se consideró que la tapa superior sea transparente con el fin de poder observar la circuitería y una pantalla visual de monitoreo.

Figura 34

Carcasa transparente

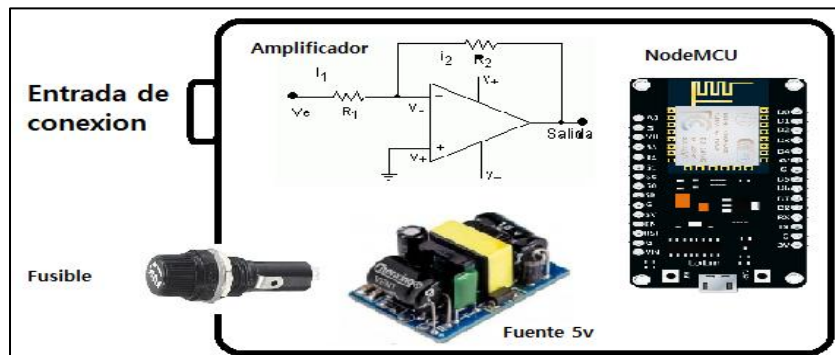


Nota. En el gráfico observamos la carcasa transparente para guardar los componentes, que consta con protección IP.

Los elementos deben ser colocados dentro de la carcasa de manera uniforme como se muestra en el esquema de disposición de elementos de la figura 35, de manera que no se produzca interferencias por electromagnetismo, choques entre conductores, entre otros factores que pueden atentar contra la estructura física del dispositivo.

Figura 35

Disposición de elementos en la carcasa



Nota. En el gráfico se muestra la disposición de los materiales dentro de la carcasa para no ocasionar ningún tipo de problemas con las conexiones de potencia y control realizado en Paint.

Los elementos siguen la distribución de la figura 35, sin embargo, falta el sensor y la pantalla OLED, ya que el sensor es no invasivo y se encuentra fuera de la carcasa, pero conectado al amplificador, así mismo la pantalla OLED está colocada en la tapa superior de la carcasa ya que es transparente de tal manera que se evita hacer perforaciones, entre el NodeMCU y la fuente.

Figura 36

Elementos colocados dentro de la carcasa.



Nota. En el gráfico observamos los elementos ubicados de manera uniforme dentro de la carcasa y sellados para asegurar la protección ante polvo y agua.

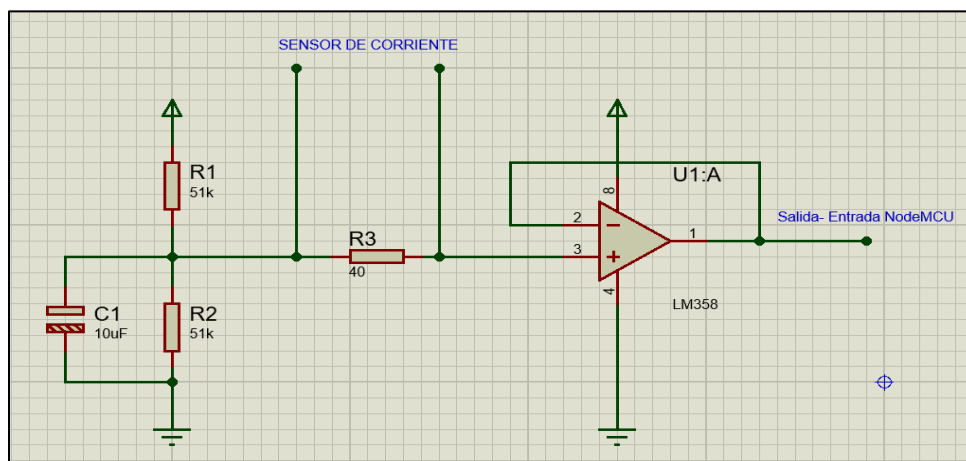
En la figura 36 se muestra el resultado final del dispositivo con la distribución presentada en la figura 35, asimismo se visualiza la conexión y cableado de los elementos, cabe recalcar que la carcasa tiene protección contra agua y polvo capaz de ser instalada dentro y fuera del hogar, para el diseño electrónico que está conformado por el acondicionamiento del sensor es presentado en el siguiente apartado.

Diseño electrónico

Para el diseño electrónico se consideró los diferentes dispositivos de código abierto disponible comercialmente en el país, los cuales permitieron brindar la dinámica y funcionalidad del dispositivo. Dentro de la electrónica que compone este proyecto se encuentra el acondicionamiento del sensor, puesto que para la implementación del sensor de corriente no invasivo es necesario diseñar un circuito de acondicionamiento, ya que el sensor entrega señales en relación de 2000:1 correspondiente a 50 mA, teniendo en cuenta que el sensor utilizado está dentro del rango de medición de 0 a 100 A.

Figura 37

Circuito de acondicionamiento de señal del SCT-013

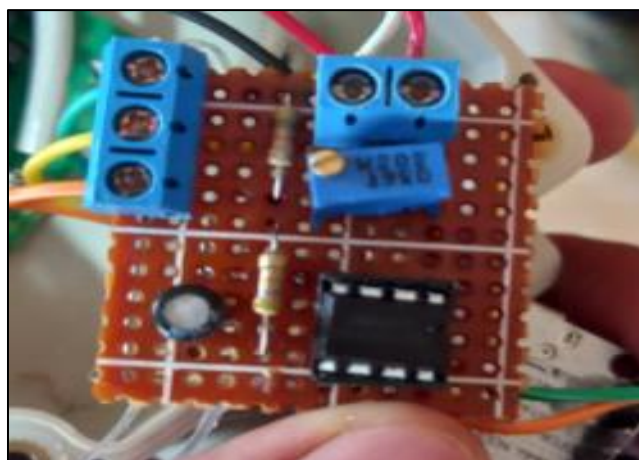


Nota. En el gráfico podemos observar el diseño del circuito de acondicionamiento de señal realizado en Proteus con fines de simulación.

El diseño presentado anteriormente es plasmado en una baquelita perforada para obtener un circuito lo más reducido posible capaz de ocupar un espacio dentro de la carcasa sin necesidad de efectuar algún cambio al diseño estructural principal, el elemento principal del circuito es el potenciómetro de precisión, ya que permite regular de manera física la sensibilidad del sensor, necesario para la calibración del dispositivo, el circuito implementado se observa en la figura 38.

Figura 38

Circuito de acondicionamiento armado



Nota. En el gráfico podemos observar el circuito de acondicionamiento para el sensor de medición de corriente ya implementado en físico.

Programación de la tarjeta NodeMCU

Función de lectura y cálculo de potencia

Esencialmente el módulo de adquisición de datos se basa en la lectura constante de la corriente que circula por el conductor que llega desde la entrada de energía eléctrica hacia el cuadro de control del domicilio.

Con el fin de obtener un resultado en la medida de corriente fiable es necesario aplicar una estrategia para eliminar de una forma u otra el ruido que se presenta en la medición.

Una solución es aplicar un filtro en los datos tomados.

```
while(millis()-tiempo<1000)

{

    voltajeSensor=analogRead(A0)*(3.09/1023.0)-1.67;

    aux_corriente=voltajeSensor*50;

    if(aux_corriente<0.1)

    {

        corriente=0;

    }

    else

    {

        corriente=aux_corriente;

    }

    sumatoria=sumatoria+sq(corriente); // sumatoria de cuadrados

    N=N+1;

    delay(1);

}

sumatoria=sumatoria*2;
```

```
corriente=sqrt(sumatoria/N); // ecuacion para obtener RMS;
```

```
return(corriente);
```

El filtrado de los datos se obtiene mediante el promedio de las lecturas tomadas en un periodo de tiempo, además el valor de lectura que se obtiene mediante este método de medida no invasivo se trata de una medida pico-pico, por ende, para poder calcular la potencia, es necesario transformarla en corriente RMS, aplicando la raíz cuadrada el valor tomado.

Para el cálculo de potencia es necesario aplicar un algoritmo de cálculo en el cual se toma en cuenta el tiempo entre muestras y escalarlo de tal manera que el resultado represente el consumo en KW/h del domicilio en estudio. Este algoritmo se presenta en el siguiente código:

```
void wathor()
{
// medicion de corriente

Irms=get_corriente(); // corriente calculada ya en RMS

p2=p1;

p1=P;

P=Irms*voltage; // P=IV watts

// medicion de consumo de luz

dt=millis()-t0; // diferencial de tiempo

t0=millis();

SumaPot=SumaPot+P*(dt/1000); // potencia consumida en W/seg
```

```

ConsumoPot=SumaPot/3600000; // potencia consumida en KW/H

wath2=wath1;

wath1=wattHours;

wattHours = ConsumoPot;

}

```

La forma de presentar los datos es realizada mediante la pantalla OLED, como menciona la literatura revisada la pantalla trabaja mediante pixeles, los cuales deben ser direccionados para su correcta presentación. Para ello mediante las librerías provistas por el fabricante se sitúa el cursor y los datos de tal manera que se presenten en pantalla de forma correcta, código que se presenta a continuación:

```

display.clearDisplay();

display.setTextSize(1);

display.setTextColor(SSD1306_WHITE);

// Posición del texto titulo

display.setCursor(1, 1);

// Escribir texto

display.println("Sis. Telemedición");

//corriente

display.setCursor(10, 15);

// Escribir texto

```



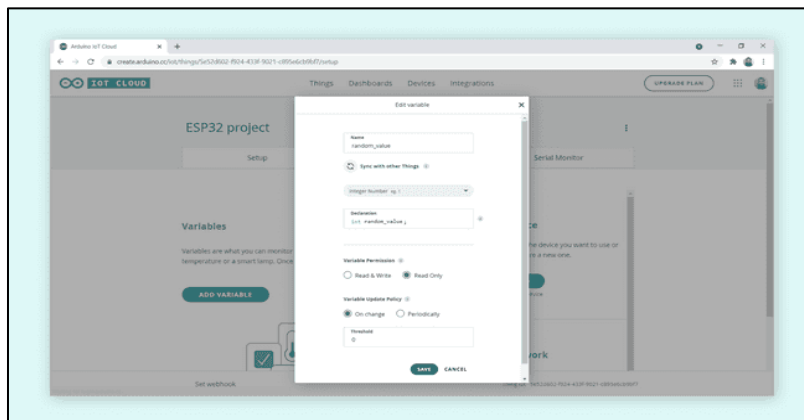
```
display.print("Irms:");  
  
display.println(Irms,3);  
  
// potencia  
  
display.setCursor(1, 25);  
  
display.println(" W:");  
  
//wats hora  
  
display.setCursor(64, 25);  
  
display.println(" W/h:");
```

Programación para conexión con la nube

Para iniciar con la transmisión de datos hacia la nube de Arduino Cloud es necesario seguir una configuración particular con respecto a las claves de acceso, cuenta en el dominio de Arduino, los principales pasos se encuentran descritos a continuación.

Crear un dispositivo dentro del entorno de IoT Cloud

El siguiente paso es crear una cosa. Esto se hace navegando a la pestaña "Things". Ahora, necesitamos vincular nuestro dispositivo con nuestra Cosa. Esto se hace haciendo clic en el botón de la sección "Dispositivo". Esto abrirá una ventana, donde su ESP32 / ESP8266 debería estar disponible para seleccionar. Una vez vinculado el dispositivo, necesitamos crear una variable: "potencia". Clic en el botón "Añadir variable". Esto abrirá una ventana en la que hay que rellenar la información de las variables. El tipo de datos es int, el permiso es de sólo lectura y la política de actualización es de cada segundo. Una vez hecho esto, haz clic en el botón "Añadir variable".

Figura 39*Entorno ArduinoCloud*

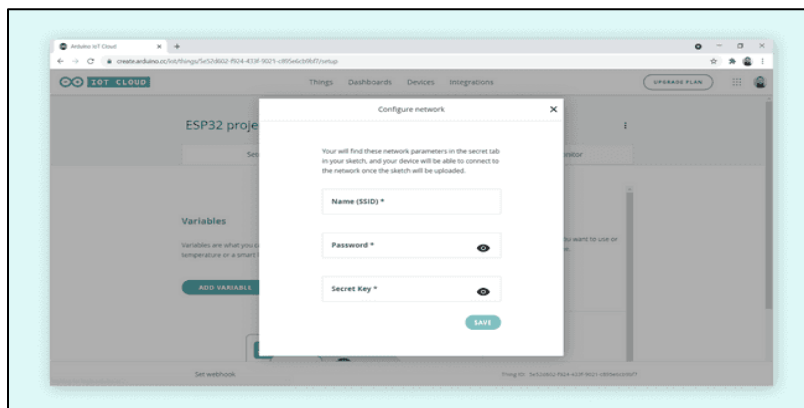
Nota. Resultado de crear e implementar una variable en el entorno.

Credenciales de acceso Wifi

Ahora, tenemos que introducir las credenciales de nuestra red, además de la clave secreta generada durante la configuración del dispositivo.

En primer lugar, clic en el botón de la "Sección de red".

A continuación, introduzca las credenciales (nombre de la red, contraseña de la red y clave secreta). Clic en "Guardar" cuando hayas terminado.

Figura 40*Entorno ArduinoCloud (Selección de tarjeta)*

Nota. Ventana de solicitud de acceso, contraseña, y ssid por parte del ArduinoCloud.

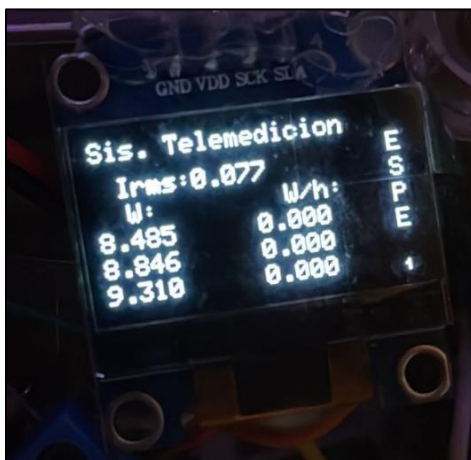
Una vez configurado el acceso a la nube y la variable utilizada para la conexión con la nube, es necesario continuar con la programación de la tarjeta de desarrollo de manera local, para obtener facilidad en la compilación de código, esto se logra descargando los archivos generados por parte de la nube y manejarlos de manera local.

Pantalla de visualización

La pantalla OLED utilizada para la visualización de los datos tiene una dimensión de 128x64 pixeles, es útil para presentar varias mediciones, además cuenta con diversas funciones intuitivas para el programador, por lo que se consideró presentar en pantalla la corriente Irms (A), la potencia consumida (w), y el consumo eléctrico(W/h), la pantalla se comunica con el NodeMCU para actualizar los datos cada medio segundo, se debe considerar que la pantalla es solo para visualización local del usuario, ya que el almacenamiento de datos se encuentra la base de datos.

Figura 41

Pantalla OLED en funcionamiento



Nota. En el gráfico podemos observar la presentación de los datos: corriente, potencia, consumo en la pantalla OLED.

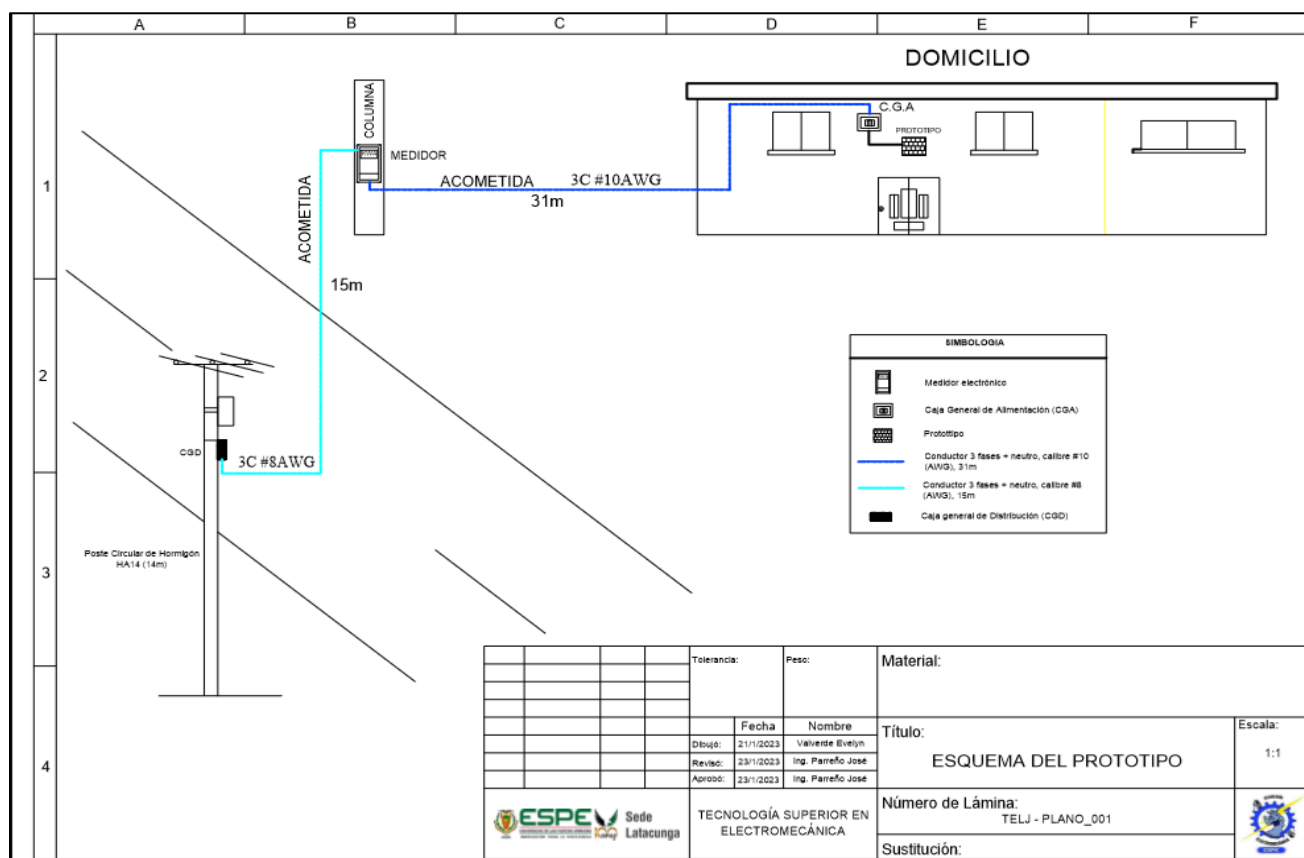
Instalación del dispositivo

Para instalar el dispositivo de telemedición es necesario contar con un plano estructural de la vivienda, para localizar el punto de instalación ubicado a un lado de la caja de distribución,

la misma que se encuentra en la sala de la vivienda frente a la puerta principal como se puede apreciar en el plano de estructura.

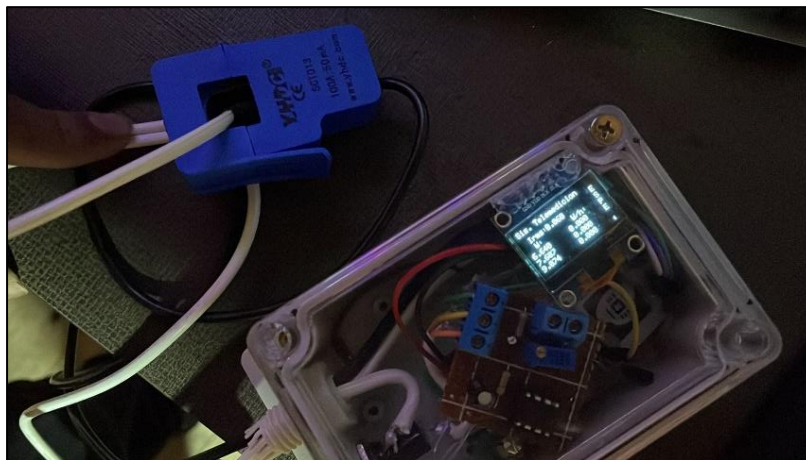
Figura 42

Plano para la ubicación del dispositivo en la vivienda



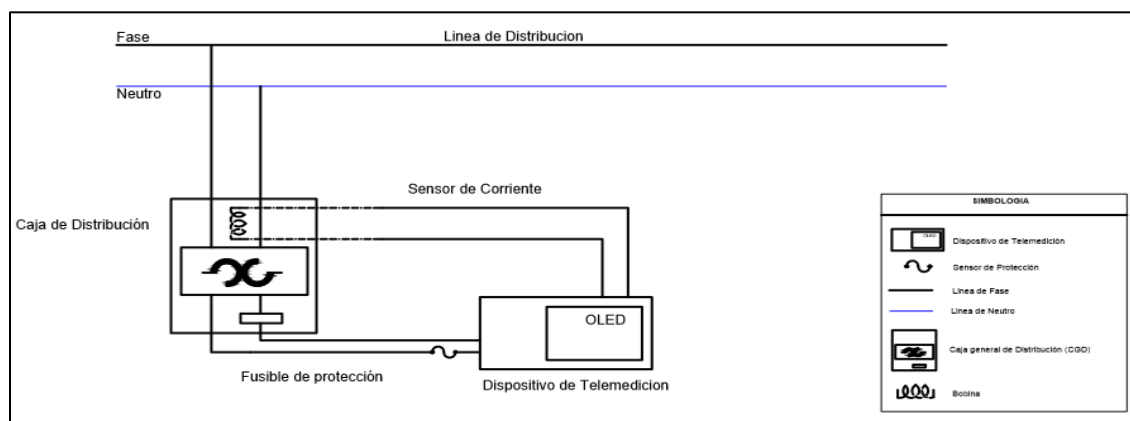
Nota. En el gráfico podemos observar el plano en donde se visualizará el lugar de la instalación del dispositivo.

El dispositivo final para la instalación en el domicilio tiene la autonomía para conectarse por sí mismo al WIFI, para almacenar los datos del consumo eléctrico del domicilio, por lo que una vez finalizada la programación de la tarjeta de desarrollo se observa en la figura 43 siguiente el dispositivo completo antes de la instalación.

Figura 43*Dispositivo desarrollado*

Nota. En el gráfico podemos observar el prototipo finalizado previo a la instalación en el domicilio.

La instalación de manera eléctrica del dispositivo depende de la red de conexión, por lo tanto, el dispositivo se encuentra aún lado de la caja de distribución donde se realizó un plano de conexiones eléctricas para el dispositivo, con el fin de evitar un corto circuito e identificar las líneas de fase y neutro para la instalación como se muestra en el plano de conexiones eléctricas.

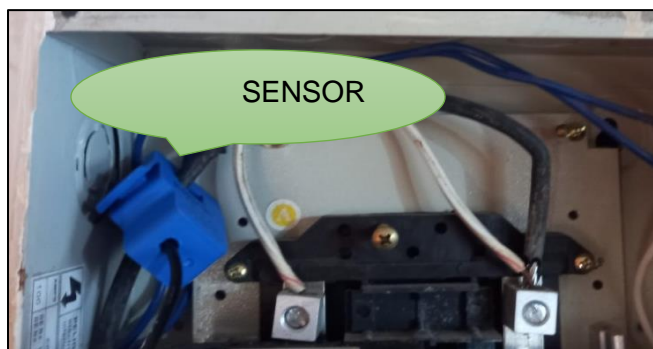
Figura 44*Plano de conexiones eléctricas en la caja de distribución*

Nota. En el gráfico podemos observar el plano de conexiones eléctricas previo a la instalación en el domicilio realizado en AutoCAD.

En el plano anterior se visualiza las conexiones por lo que es importante identificar la línea de fase principal para conectar el sensor de manera no invasiva, en este caso la línea de fase es de color negro de aluminio que proviene directamente del medidor, el sensor se instaló en la parte superior asegurándose de que este correctamente ubicado, se toma en cuenta que el dispositivo empieza a funcionar al ser alimentado, por lo que se conectó el dispositivo al breaker correspondiente a los tomacorrientes.

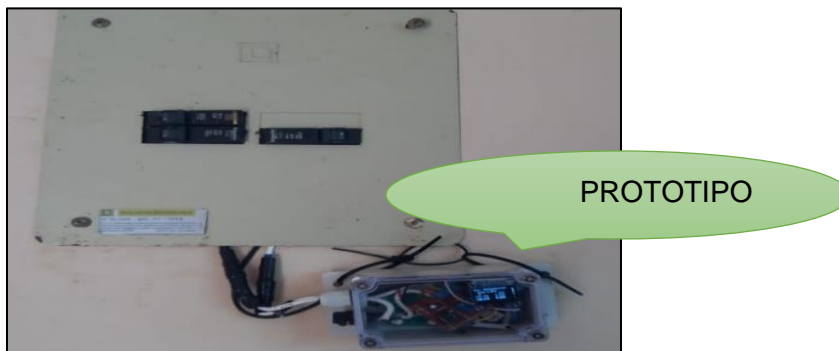
Figura 45

Sensor instalado



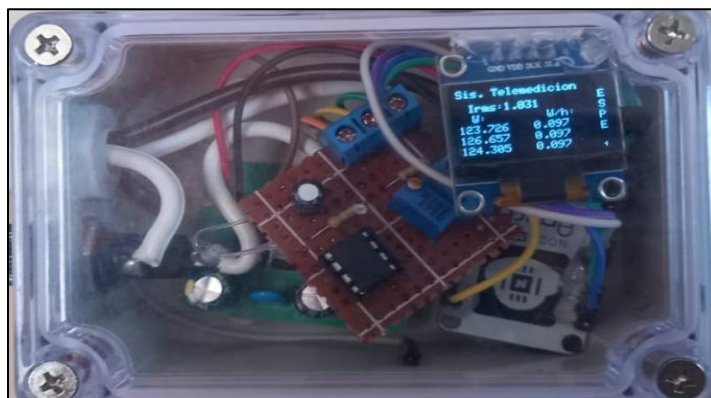
Nota. En el gráfico podemos observar la colocación del sensor no invasivo en la caja de distribución de la vivienda.

La instalación del dispositivo debe tener lugar cerca del medidor, o en la caja de distribución siempre y cuando la medición de corriente sea en la línea principal del sistema, en este caso el dispositivo se coloca a lado de la caja de distribución, el dispositivo necesita de una conexión de alimentación a 110V, por lo que se debe realizar después de la medición para que considere el consumo del dispositivo en la medición, en la figura 46 se observa la instalación del dispositivo.

Figura 46*Dispositivo instalado*

Nota. En el gráfico podemos observar la instalación del prototipo y colocado fuera de la caja de distribución de la vivienda.

El prototipo está instalado y en funcionamiento para recopilar datos el mismo se puede verificar en la base de datos, al momento de encender el dispositivo se comprobó la medición con ayuda de un multímetro para calibrar el sensor, dando como resultado un aproximado a un amero en vacío, es decir sin ningún dispositivo encendido excepto la refrigeradora, como se puede apreciar en la figura 47.

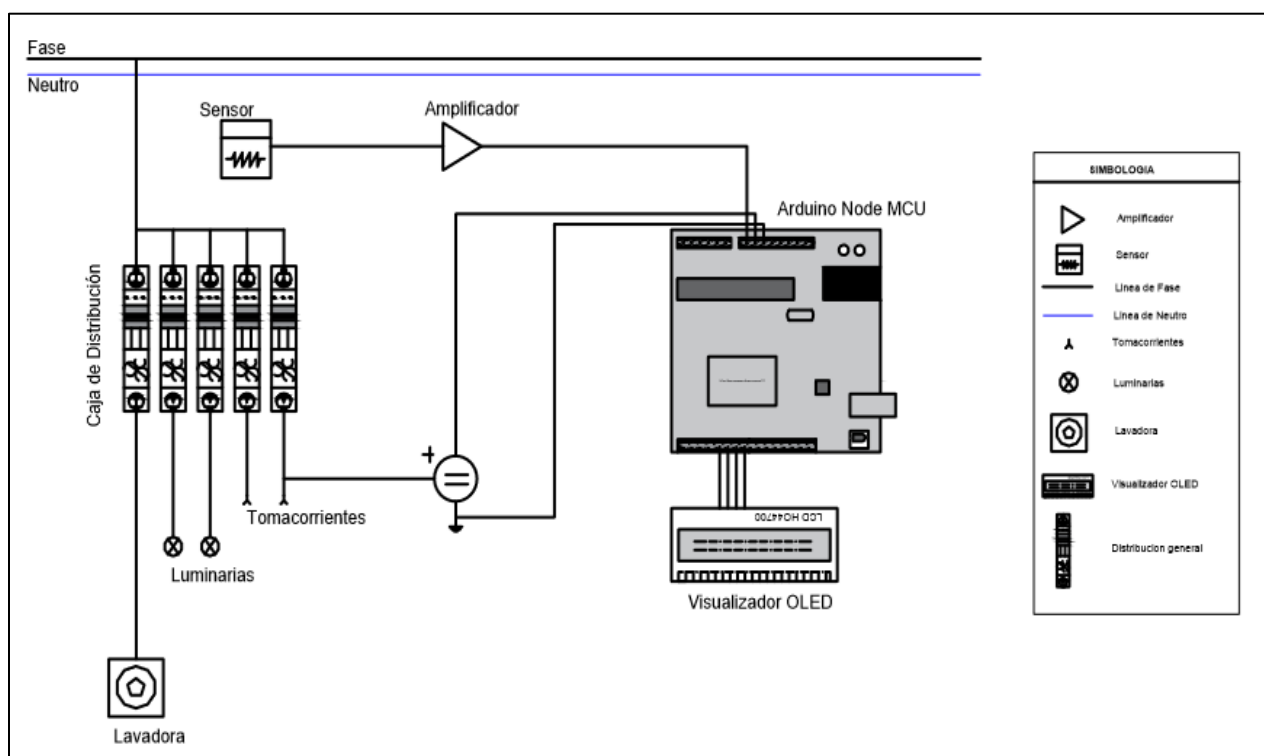
Figura 47*Medición inicial del dispositivo*

Nota. En el gráfico podemos observar la corriente inicial del dispositivo al instante de la instalación del prototipo.

El dispositivo está instalado y en funcionamiento por lo que se procede a realizar un plano eléctrico en el programa AutoCAD para en un futuro realizar acciones de mantenimiento o cambios en el prototipo, como sensor, amplificadores o fusibles, es así que se tomó en consideración todas las conexiones eléctricas para el dispositivo como se muestra en el plano eléctrico.

Figura 48

Plano eléctrico



Nota. En el gráfico podemos observar el plano eléctrico de la instalación del dispositivo desarrollado en el programa AutoCAD.

Análisis de datos

Para el análisis de datos obtenidos mediante el dispositivo, se considera necesario evidenciar la obtención de los datos de manera práctica, ya que son cargados por el dispositivo

a la nube en la cual podemos observar y descargar un archivo Excel con el consumo y la hora del registro.

Figura 49

Lectura del medidor

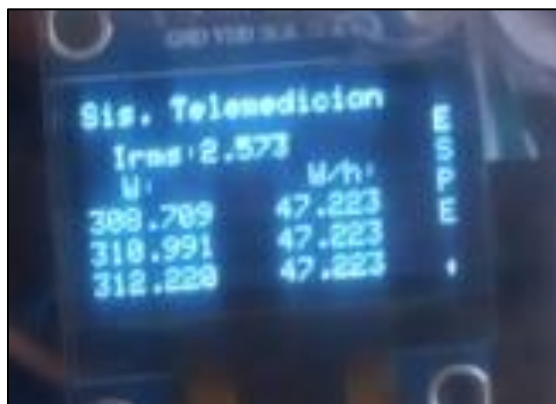


Nota. En el gráfico podemos observar la lectura del medidor 5970 KW/h.

La lectura del medidor eléctrico es un consumo diferente a la del prototipo debido a que el medidor comenzó su conteo el día de su instalación.

Figura 50

Lectura del Dispositivo

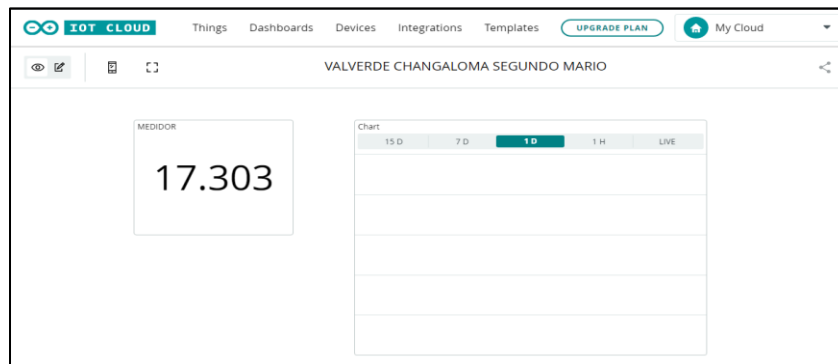


Nota. En el gráfico podemos observar la lectura del dispositivo.

El prototipo inicia su conteo el día de la instalación, correspondiente al 28 de septiembre de 2022, por lo que a medida que avanza el tiempo incrementa el consumo, sin embargo, las lecturas del medidor y el dispositivo son diferentes, se explica en el apartado de comparación.

Figura 51

Interface de lectura en Arduino Cloud

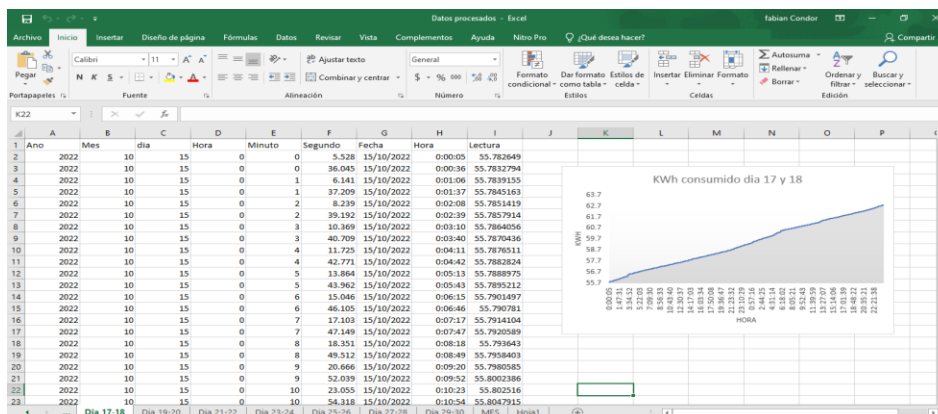


Nota. En el gráfico podemos observar la interface grafica de lecturas del Arduino Cloud.

Las lecturas se visualizan y se grafican en el Arduino Cloud mediante el ingreso del Dispositivo a la red Internet, dando como resultado el almacenamiento y las mediciones en tiempo real del dispositivo.

Figura 52

Excel con las bases de datos descargadas



Nota. En el gráfico podemos observar el Excel con los datos descargados de ArduinoCloud para ser procesados.

El archivo Excel con los datos es descargado y almacenado en uno solo, para ser procesado y analizado mediante tablas y gráficos como se muestra en el siguiente apartado con

la finalidad de comprobar y verificar los datos obtenidos para ser procesados, se colocó y analizó cada una de los pasos y evidencias necesarias.

Tabla 6

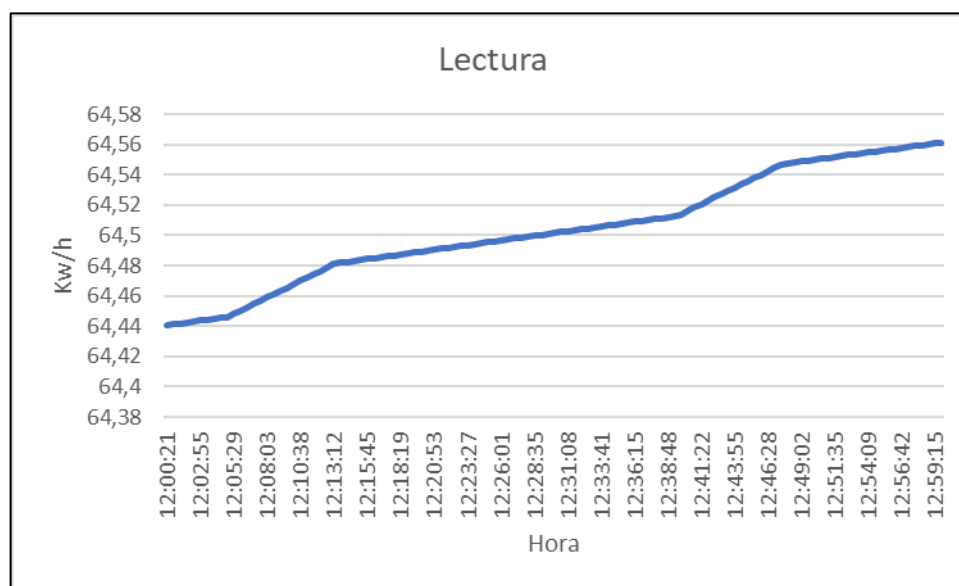
Consumo eléctrico del 17 de octubre de 2022 hora 12:00 p.m.

Fecha	Hora	Consumo (KW/h)
17/10/2022	12:00:52	64.4412622
17/10/2022	12:01:23	64.4418507
17/10/2022	12:01:54	64.4424229
17/10/2022	12:02:25	64.4430084
17/10/2022	12:02:55	64.4435968
17/10/2022	12:03:26	64.444191
17/10/2022	12:03:57	64.4447813
17/10/2022	12:04:28	64.4453802
17/10/2022	12:04:58	64.4459572
17/10/2022	12:05:29	64.4479389
17/10/2022	12:06:00	64.4502239
17/10/2022	12:06:31	64.4524393

Nota. Esta tabla muestra el consumo realizado el 17 de octubre del 2022.

Figura 53

Consumo eléctrico del 17 de octubre de 2022 hora 12:00 p.m.



Nota. En el gráfico se observa el comportamiento del consumo eléctrico de la vivienda.

En la figura 53 se encuentra presente el comportamiento del consumo eléctrico del hogar en evaluación durante el medio día del 17 de octubre, teniendo como resultado una señal constante con pequeñas variaciones que pueden ser producidos por los electrodomésticos.

Tabla 7

Consumo eléctrico medido al medio día del 18 de octubre del 2022 hora 12:00 p.m.

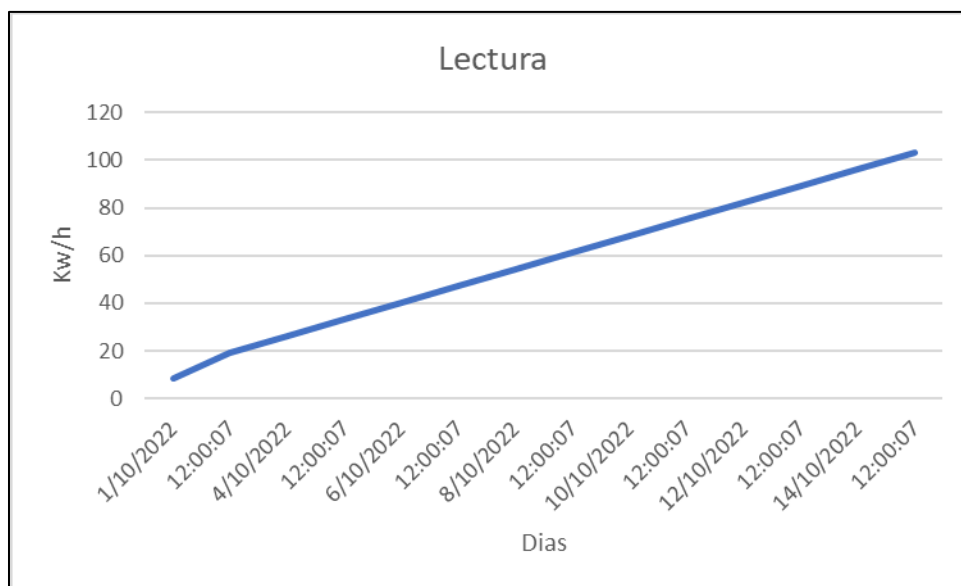
Fecha	Hora	Consumo (KW/h)
18/10/2022	12:00:36	8.65697765
18/10/2022	12:00:07	8.65758801
18/10/2022	12:01:38	8.65817356
18/10/2022	12:01:09	8.65874577
18/10/2022	12:02:40	8.65933895
18/10/2022	12:02:11	8.65993023

Fecha	Hora	Consumo (KW/h)
18/10/2022	12:03:42	8.66051388
18/10/2022	12:03:13	8.66111088
18/10/2022	12:04:44	8.66171646
18/10/2022	12:04:15	8.6623106
18/10/2022	12:05:46	8.66477013
18/10/2022	12:06:18	8.66705799

Nota. Esta tabla posee una pequeña muestra de los datos graficados a continuación.

Figura 54

Consumo eléctrico medido al medio día del 18 de octubre del 2022 hora 12:00 p.m.



Nota. En el gráfico se observa el comportamiento del consumo eléctrico durante 15 días.

En la figura 52 se muestra como el consumo energético del hogar durante 15 días, tiende aproximarse a una recta, esto puede ser debido a que siempre se encuentra circulando corriente por el conductor utilizado para la medición, además esto puede diagnosticar un consumo de corriente parasita en el hogar.

Tabla 8

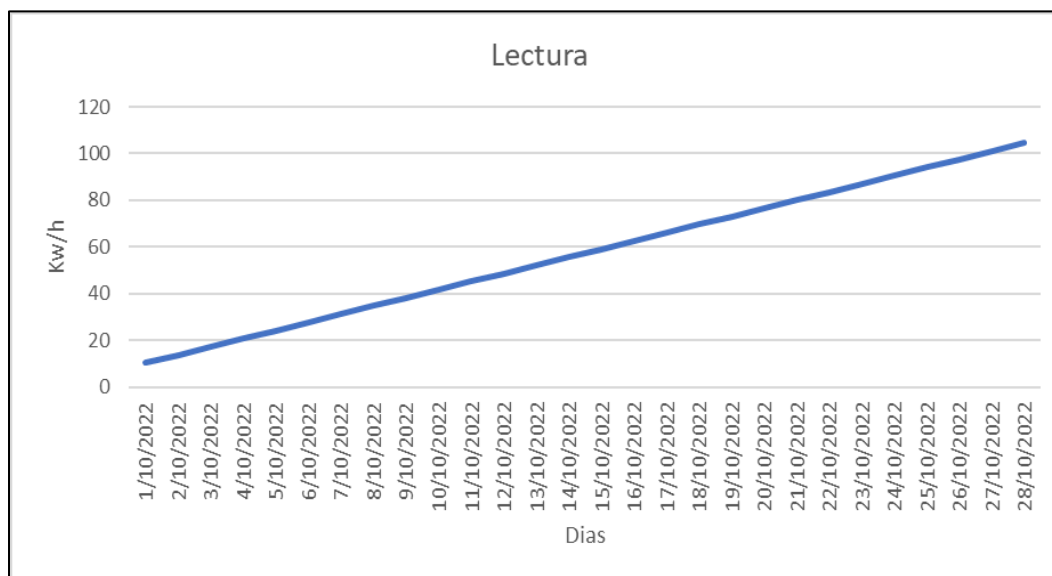
Consumo eléctrico del 20 de octubre de 2022, lectura tomada a las 15:00 p.m.

Fecha	Hora	Consumo (KW/h)
20/10/2022	15:01:07	36.8790874
20/10/2022	15:01:37	36.8812618
20/10/2022	15:02:08	36.8834267
20/10/2022	15:02:39	36.8855906
20/10/2022	15:03:10	36.8877678
20/10/2022	15:03:40	36.8899393
20/10/2022	15:04:11	36.8921127
20/10/2022	15:04:42	36.8926926
20/10/2022	15:05:13	36.893301
20/10/2022	15:05:43	36.8938828
20/10/2022	15:06:14	36.8944759
20/10/2022	15:06:45	36.8950806

Nota. Esta tabla posee una pequeña muestra de los datos graficados a continuación.

Figura 55

Comportamiento del consumo eléctrico durante el mes de octubre de 2022.



Nota. En el gráfico se observa el comportamiento del consumo eléctrico durante un mes.

La figura 55 presenta el consumo energético del hogar durante un mes, teniendo como resultado una señal en constante crecimiento, bajo las preguntas que se realizaron a los habitantes del hogar, estuvieron presentes durante el mes en estudio, siendo en promedio un consumo mensual de 100KW/h, el cual se mantiene dentro de los parámetros fijados por el estado para acceder al subsidio de la energía eléctrica.

Tabla 9

Consumo eléctrico del 25 de octubre de 2022, lectura durante una hora 16:00 p.m.

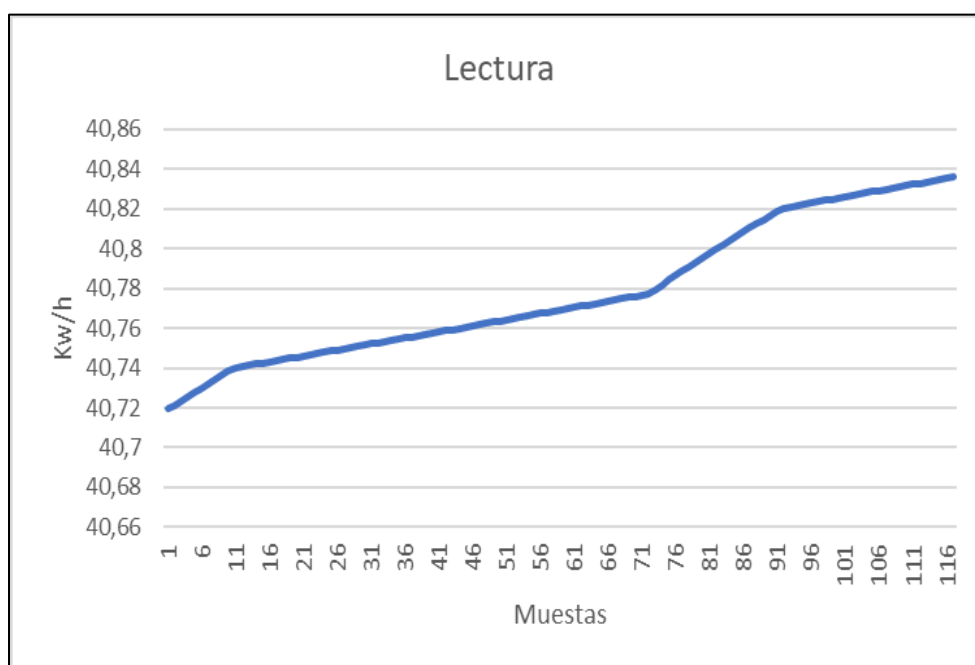
Fecha	Hora	Consumo (KW/h)
25/10/2022	16:49:47	40.6912394
25/10/2022	16:50:18	40.6918688
25/10/2022	16:50:49	40.6924839
25/10/2022	16:51:20	40.6931152
25/10/2022	16:51:51	40.6937218

Fecha	Hora	Consumo (KW/h)
25/10/2022	16:52:22	40.694334
25/10/2022	16:52:53	40.6949482
25/10/2022	16:53:24	40.6955681
25/10/2022	16:53:55	40.6961842
25/10/2022	16:54:26	40.6968012
25/10/2022	16:54:57	40.6974144
25/10/2022	16:55:28	40.6997356

Nota. Esta tabla posee una pequeña muestra de los datos graficados a continuación.

Figura 56

Comportamiento del consumo eléctrico durante una hora (16h00 p.m. 25 de octubre) en 117 muestras



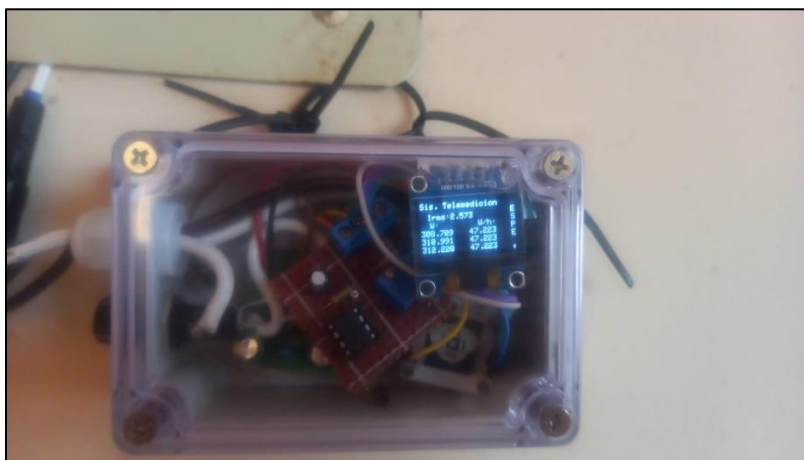
Nota. En el gráfico se observa el comportamiento del consumo eléctrico durante una hora.

En la figura 56 es posible analizar cuál es el comportamiento eléctrico del hogar en 117 muestras tomadas a las 16:00 p.m. de la tarde en el día 25 de octubre, las mismas que reafirman

la idea de que los electrodomésticos en el hogar con un consumo periódico como lo es una refrigeradora, tienen un incremento considerable a cualquier parte del día.

Figura 57

Dispositivo en funcionamiento y toma de datos



Nota. En el gráfico se presenta el prototipo en funcionamiento.

El prototipo implementado permite tener una idea más clara de cual es comportamiento del consumo energético en un hogar residencial, en conjunto de un análisis de datos permite conocer cual son los generadores de picos en la señal, como lo pueden ser los electrodomésticos y uso habitual, o las herramientas eléctricas que se dispone en un hogar.

El dispositivo además se presenta como una solución de bajo costo para la medición remota del consumo energético siendo accesible de cualquier parte del mundo por medio de internet, generando archivos de Excel que permiten el estudio de los datos.

En particular en el hogar bajo estudio se presenta un incremento constante, que llama la atención debido a que puede tratarse de fugas de corriente en los conductores, o en su defecto aparatos eléctricos, tomacorrientes en mal estado que presenten un consumo pese a que no se encuentren en uso.

Presupuesto del dispositivo

Finalmente, para el costo de producción del módulo de telemedición se adquirieron los mejores elementos en relación precio-calidad, los cuales son mencionados en la siguiente tabla.

Tabla 10

Presupuesto del dispositivo de telemedición

Cantidad	Material	Precio
1	Placa NodeMCU	\$ 8.90
1	Sensor de corriente (SCT-Q013)	\$ 7.20
1	Pantalla Oled de 128x64	\$ 7.90
1	Fuente de 5v DC	\$ 8
1	Fusible 15 ^a	\$ 0.25
1	Porta fusible	\$ 1.25
1	Cable micro USB	\$ 3.50
1	Caja con protección IP transparente	\$ 7.80
1	Paquete de cables de conexión	\$ 6
1	Circuito amplificador	\$ 5
1	Licencia ArduinoCloud	15
1	Varios	10
Total		80.80

Nota. Esta tabla muestra el presupuesto total del costo de fabricación del prototipo.

Plan de mantenimiento mensual

El plan de mantenimiento para un dispositivo electrónico varía en gran magnitud con respecto a un plan de mantenimiento de un dispositivo mecánico ya que no posee partes móviles de desgaste, rozamiento o fricción, por lo tanto realizar un plan de mantenimiento a un dispositivo netamente electrónico se realiza de manera en la que el dispositivo verifique su correcto

funcionamiento en software, es así que se consideró un plan de mantenimiento mensual que tiene como objetivo lograr el correcto funcionamiento del equipo en conjunto de una correcta toma de datos, dejando como resultado la siguiente lista de pasos que se debe realizar cada mes, semestre y año.

Tabla 11

Plan de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO				
Periodo				
Partes	Mensual	Semestral	Anual	Observaciones
Placa NodeMCU		X		Verificar la conexión a internet y la alimentación
Sensor de corriente (SCT-Q013)			X	Se debe verificar que esté cerrado el sensor
Pantalla Oled de 128x64			X	Inspeccionar la actualización de la pantalla cada 30 segundos
Fuente de 5v DC		X		Comprobar el voltaje permanezca en 5 voltios
Fusible 15 ^a	X			Verificar que no tenga daños ni desconexión
Circuito amplificador		X		Realizar una inspección en la resistencia de ganancia

Nota. Esta tabla muestra el plan de mantenimiento para el dispositivo de telemedición.

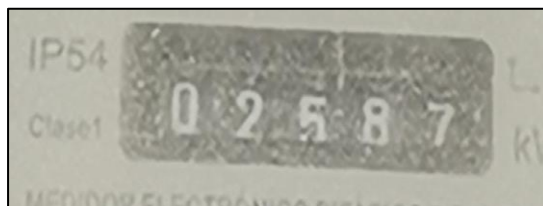
Comparación de medición

Las mediciones del prototipo fueron calibradas con un amperímetro de AC, sin embargo, el prototipo al ser iniciado tiene como valor inicial de consumo cero, mientras que el medidor

analógico de la empresa ELEPCO S.A. ya tenía una medición establecida, por lo tanto, el día de la instalación del prototipo se tomó una foto al medidor para comparar con las mediciones del prototipo como se muestra a continuación.

Figura 58

Lectura del medidor analógico del día de la instalación



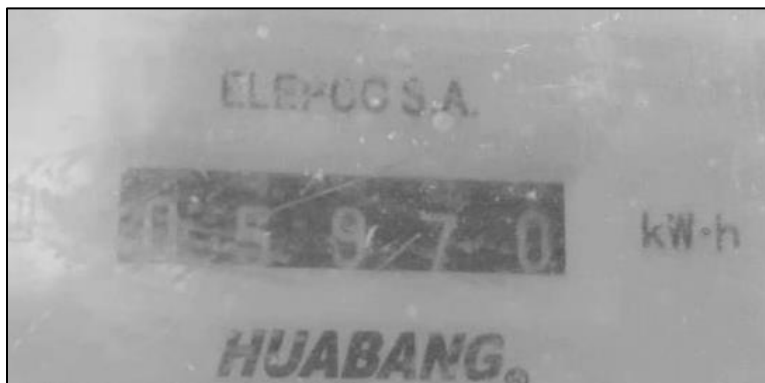
Nota. En el gráfico se presenta la lectura del medidor el día de la instalación del prototipo 2587 KW/ h.

El día de la instalación el medidor analógico registro un valor de 2587 KW/ h mientras que el dispositivo de telemedición comenzó a medir desde cero como se muestra en la figura 41, para realizar la comparación se tomó en cuenta tres puntos de medición en diferentes fechas para comprobar si la medición es igual o cercana a la del medidor analógico.

La siguiente medición se tomó tres días después de la instalación en la cual se observa un incremento de 9 kWh por parte del medidor analógico, sin embargo, al ser el dispositivo electrónico, la medición es exacta en el grado de decimales mientras que el medidor analógico es netamente de números enteros, considerando este concepto se observa que hay una diferencia de medición.

Figura 59

Lectura del medidor analógico el día 29 de octubre del 2022

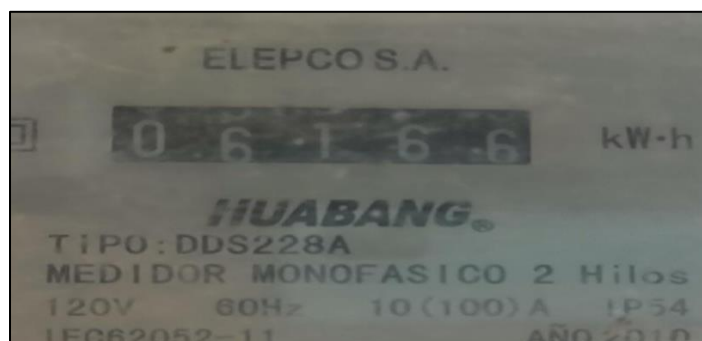


Nota. En el gráfico se presenta la lectura del medidor 5970 KW/ h después de la instalación y las pruebas de funcionamiento.

En las últimas pruebas de funcionamiento se observa un total de 24 kWh de consumo eléctrico, el dispositivo de medición igual registra valores con decimales por lo que al aumentar los días se registra pequeños errores de medición, no obstante, no se tiene forma de comprobar si el error es por parte del medidor analógico o del dispositivo de telemedición.

Figura 60

Lectura del medidor analógico



Nota. En el gráfico se presenta la lectura del medidor después de la instalación.

Para obtener la diferencia de medición y constatar con el prototipo se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{consumo} = \text{lectura actual} - \text{lectura de instalacion}$$

$$\text{consumo} = 6166 - 5985$$

$$\text{consumo} = 181$$

El consumo registrado en los últimos días es de 181 kWh, sin embargo, en el prototipo registra 183 kWh aproximadamente, se puede estimar que existe un error de 2 kWh estas mediciones se constaran mediante una tabla y gráficamente para observar las desviaciones del error.

Tabla 12

Comparación entre mediciones y estimación del error en los primeros 10 días (1 al 10 de octubre)

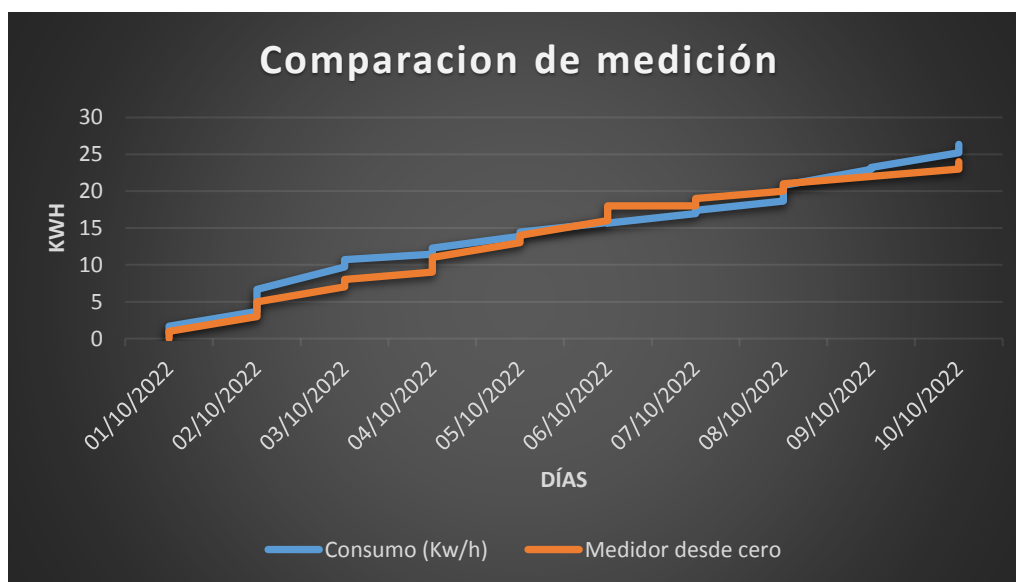
Fecha	Medidor (KW/h)	Consumo (KW/h)	Medidor desde cero (KW/h)	Error
1/10/2022	5961	0.6912394	0	0.39000000
1/10/2022	5962	1.6912394	1	0.408717654
2/10/2022	5964	3.6918688	3	0.187403409
2/10/2022	5966	6.6924839	5	0.252893234
3/10/2022	5968	9.6924839	7	0.277790908
3/10/2022	5969	10.6924839	8	0.251810891
4/10/2022	5970	11.4431152	9	0.213500883
4/10/2022	5972	12.2831152	11	0.104461709
5/10/2022	5974	13.8937218	13	0.064325586
5/10/2022	5975	14.4537218	14	0.031391347
6/10/2022	5977	15.724334	16	0.017531172
6/10/2022	5979	15.674334	18	0.148374151

Fecha	Medidor (KW/h)	Consumo (KW/h)	Medidor desde cero (KW/h)	Error
7/10/2022	5979	16.9449482	18	0.062263501
7/10/2022	5980	17.3949482	19	0.092271146
8/10/2022	5981	18.6555681	20	0.072065985
8/10/2022	5982	20.7855681	21	0.010316384
9/10/2022	5983	22.9361842	22	0.040816911
9/10/2022	5983	23.1961842	22	0.051568145
10/10/2022	5984	25.2268012	23	0.088271247
10/10/2022	5985	26.3468012	24	0.089073477

Nota. Esta tabla posee una pequeña muestra de datos a comparar entre las mediciones.

Figura 61

Comparación de las lecturas de medición durante 10 días

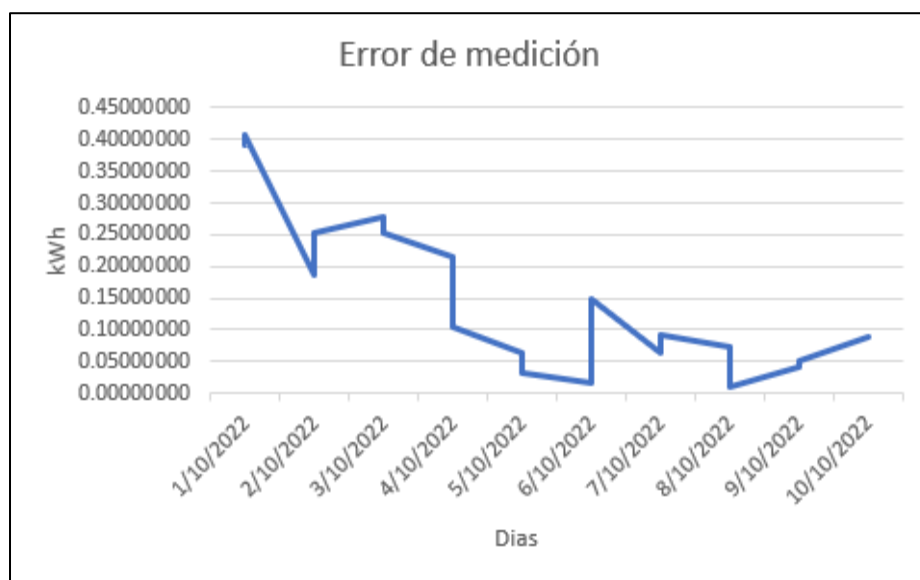


Nota. En el gráfico se presenta la comparación grafica de la medición del medidor y el prototipo tomando 2 muestras por día.

El gráfico se tomó con mediciones de dos muestras por día para evitar el uso excesivo de datos en el medidor, así como una estimación de datos del medidor analógico en con los datos tomados y presentados anteriormente, el error que se presenta se observara a continuación.

Figura 62

Error de medición por parte de los dos medidores



Nota. En el gráfico se presenta el error de medición entre el dispositivo de telemedición y el medidor analógico.

Se observa mediante la tabla y gráficos el error de medición entre el prototipo y el medidor de la empresa ELEPCO S.A., en donde se puede observar que los errores son inferiores al 0.4 KW /h constatando que el dispositivo es semejante a la medición del medidor de la vivienda.

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Al realizar el análisis del consumo se generó un mínimo margen de error esto se debe a que el medidor eléctrico es analógico y presenta valores enteros, mientras que el prototipo es digital y cuenta con cifras enteras y una cifra decimal, esta diferencia no afecta a la lectura final.
- Se observa el error de medición entre el prototipo y el medidor eléctrico en donde se puede apreciar que los errores son inferiores al 0.4 KW /h constatando que el dispositivo es semejante a la medición del medidor de la vivienda.
- La instalación del prototipo en la vivienda demostró la facilidad de instalación en ser colocado en la intemperie o dentro del hogar, ya que cuenta con seguridad ante polvo y agua debido a su carcasa resistente, que sea de fácil instalación facilita el manejo para los usuarios de la vivienda.
- Una vez finalizado la elaboración del prototipo y realizadas las pruebas de funcionamiento se concluyó que el dispositivo de telemedición cumple con las características principales que se plantearon al principio del proyecto, dado que mejoro la toma de datos de manera online por medio del IOT, que los datos del consumo eléctrico se puedan visualizar desde cualquier parte del mundo hace que el operario técnico no recorra de casa en casa.

Recomendaciones

- Se recomienda verificar la conexión a internet de la vivienda al momento de instalar el dispositivo para que no tenga problemas al momento de subir los datos a la base de datos de Arduino Cloud.
- Se recomienda utilizar elementos de calidad para alargar la vida útil del dispositivo teniendo en cuenta la electrónica.
- Realizar el chequeo mensual, semestral y anual como indica el plan de mantenimiento.
- Se recomienda no modificar la contraseña y nombre de la red wifi de la vivienda debido a que se desconectará el prototipo y será necesario programar el mismo con los nuevos datos de la red.

Bibliografía

- 03_Cap_1_2_3.pdf*. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de http://www.controlesdigitales.com/Libro_Felipe_Santiago/03_Cap_1_2_3.pdf
- 7407-15 FISICA Inducción electromagnética.pdf*. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/4780/7407-15%20FISICA%20Inducci%C3%B3n%20electromagn%C3%A9tica.pdf?sequence=2>
- alldatasheet.com*. (s/f). *SCT013 Datasheet(PDF)—Beijing Yaohuadechang Electronic Co., Ltd.* Recuperado el 10 de diciembre de 2022, de <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1159366/YHDC/SCT013.html>
- Balance Energético Nacional 2019.pdf*. (s/f). Google Docs. Recuperado el 30 de octubre de 2022, de https://drive.google.com/file/d/1v1GWIJGk0eFf5mNSyuG9yDBY2nVzl3h_/view?usp=embed_facebook
- Boletín FAL 329_es.pdf*. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37282/Bolet%C3%ADn%20FAL%20329_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caballero-Julián, F. G., Morales-Hernández, M., Silva-Cruz, E. M., & Caballero-Cantarell, D. G. (2020). Raspberry Pi, conectividad y programación mediante puertos GPIO. *Revista de Ingeniería Innovativa*, 1–13. <https://doi.org/10.35429/JOIE.2020.14.4.1.13>
- ¿CÓMO FUNCIONA EL MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA?* (2020, marzo 30). <https://jdelectricos.com.co/medidor-de-energia-electrica/>
- Drake, J. M. (s/f). *Amplificador Real*. Recuperado el 10 de diciembre de 2022, de https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_it/iec_2.pdf
- Electromagnetismo.pdf*. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de <https://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/cys/DI/electromagnetismo.pdf>

Esteban, E. V. B. (s/f). *El lenguaje de programación C*. 88.

Flores, L. I. O. (s/f). *Proyecto de Investigación: Métodos de Funciones de Base Radial para la Solución de EDP*. 33.

Get_file.pdf. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de http://www1.udistrital.edu.co:8080/c/document_library/get_file?uuid=752baf98-99c7-4d33-9d26-c9768c61f1aa&groupId=42573

Gonzales, J. (s/f). *Microcontroladores*. Recuperado el 10 de diciembre de 2022, de <https://www.unioviado.es/ate/alberto/manualPic.pdf>

Grados de Protección IP, IK y Clase Eléctrica. (s/f). EVOLUX Lighting Co. LED Made in Chile. Recuperado el 4 de diciembre de 2022, de <https://evolux.cl/blog/2016/8/21/grados-proteccion-ip-ik>

Guia_04_Induccion.pdf. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de https://materias.df.uba.ar/f2qa2016c2/files/2016/08/Guia_04_Induccion.pdf

Hacedores. (2014, junio 5). *¿Qué tarjeta de desarrollo elegir? (Parte 1)*. Hacedores.com | Maker Community. <https://hacedores.com/que-tarjeta-de-desarrollo-elegir-parte-1/>

INE. (2020). <https://www.ine.es/ss/Satellite?c=Page&pagename=INE%2FINELayout&cid=1254735905566>

Informatica_4.pdf. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/98/4/informatica_4.pdf

Luis. (2015, agosto 8). Amplificador Operacional LM741 datasheet. *Ingeniería Electrónica*. <https://ingenieriaelectronica.org/amplificador-operacional-lm741-datasheet/>

MANUAL-BASICO-NODEMCU-ESP-12E-ARDUINO.pdf. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de <https://www.puntoflotante.net/MANUAL-BASICO-NODEMCU-ESP-12E-ARDUINO.pdf>

Manuel, A. C. P., & Marcelo, M. C. G. (s/f). *ESTUDIO DE LOS LEDs ORGÁNICOS (OLEDs), POSIBLES APLICACIONES Y COMPARACIÓN CON TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN EN PANTALLAS PLANAS*. 228.

Medición_energia.pdf. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/pdf/medicion_energia.pdf

Miranda, S. (s/f). *Control y alerta de grados de alcohol*. Recuperado el 10 de diciembre de 2022, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/46730/1/TESIS%20FORMATO%20PDF.pdf>

Morales Sánchez, J. C. (2018). *Equipo de telemedición eléctrica para clientes residenciales mediante tecnología inalámbrica*. [BachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28066>

Oled.pdf. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de <https://www.electronica.uy/images/oled.pdf>

PotenciaElectrica. (s/f). 4.

¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? (2022). <https://www.oracle.com/ar/internet-of-things/what-is-iot/>

¿Qué es y para qué se usa un contador digital? (s/f). Netatmo. Recuperado el 21 de noviembre de 2022, de <https://www.netatmo.com/es-es/guides/energy/heating/consumption/linky-meter>

Sánchez, J. C. M. (s/f). *Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo, Mg*. 152.

Telemedición. (2021). <https://cuti.org.uy/blog/de-socios-blog/telemedicion-en-que-consiste/>

Telemedición. (2022). *Empresa Distribuidora de Electricidad del Este*. <https://edeestesite.azurewebsites.net/inicio/aprende-con-edeeste/telemedicion/>

Tutorial sensor de corriente AC no invasivo SCT-013. (s/f). Naylamp Mechatronics - Perú.
Recuperado el 30 de octubre de 2022, de https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html

Tutorial sensor de corriente ACS712. (s/f). Naylamp Mechatronics - Perú. Recuperado el 30 de octubre de 2022, de https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac-712.html

Tutoriales, H., & Barragán, M. G. (s/f). *Comportamiento de la corriente con otros elementos.* 1613, 9.

U3.pdf. (s/f). Recuperado el 30 de octubre de 2022, de <http://dea.unsj.edu.ar/electrotecnia/U3.pdf>

Valencia, C. V. S., & Cuji, I. J. (s/f). *AMBATO – ECUADOR MARZO - 201.* 159.

ANEXOS