

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**DISEÑO DE UNA RED DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
PARA ARTEFACTOS DOMÉSTICOS EN LA RESIDENCIAL LAS  
CASITAS EN LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA**

**SUSTENTADO POR**

**VÍCTOR ANDRÉS EUCEDA FLORES 11211125**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE INGENIERÍA EN  
ELECTRÓNICA**

**TEGUCIGALPA**

**HONDURAS, C.A.**

**ABRIL, 2020**

## **DEDICATORIA**

Quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme llegar hasta donde estoy en este momento, sin él nada de lo que he logrado hasta la fecha sería posible, él es el pilar de mi vida y mi camino. A mis padres Gloria Calona y Ever Euceda, porque nunca dejaron de confiar en mis capacidades para lograr estar a un paso de lograr mi título como ingeniero en electrónica, ellos son un pilar muy importante en mi vida y es un orgullo y un honor para mí tener unos padres como ellos, porque me enseñaron que la vida es de compromisos y ellos nunca me fallaron, son mi guía y mi modelo a seguir por su honradez y su disciplina a la hora de emprender en la vida, me han enseñado que con poco se logra tener mucho y que si nos esforzamos la vida nos recompensará. A mis hermanos, Ever, Ariel y Ricardo, pues sin ellos no sería el hombre que soy ahora, forman parte muy importante de mi vida pues han moldeado mi personalidad y sin sus consejos no estaría a un paso de lograr mi título universitario. A mis amigos, Jorge Bendeck, Erick Sierra, pues ellos formaron parte de mi recorrido en la carrera no solo siendo compañeros de luchas en cada una de las etapas de mi carrera sino por enseñarme con su buena amistad que las personas podemos ser mejores y tratar de ser mejores, son el pilar más importante en este momento pues sin su ayuda no podría estar en el lugar donde me encuentro, agradezco a Dios su más sincera amistad. A Erika Fabiola Sierra, pues ella logró ver en mí la luz que necesitaba encontrar para estar a un paso de mi título como ingeniero, ella es mi motivo de luchar día a día y a esforzarme al máximo pues si alguien merece estar al par mío en cada logro que en esta vida obtenga es ella.

**Víctor Andrés Euceda Flores**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco la confianza y el apoyo brindado por mis padres, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos, siempre han estado presente en mi vida, y sé que están llenos de orgullo de la persona en la cual me he convertido.

A mis hermanos, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A Fabiola Sierra, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ella. A mis amigos Erik Sierra y Jorge Bendeck, por cada una de sus valiosas aportaciones en mi vida personal como profesional y por la gran calidad humana que me han demostrado con su amistad

A todos mis docentes que me han brindado un poco de su conocimiento en cada etapa de mi carrera, por sus consejos y por sus observaciones para que sea un profesional de calidad en un futuro.

Al Lic. Rigoberto Rodríguez por toda la colaboración brindada durante la elaboración de este proyecto.

**Víctor Andrés Euceda Flores**

# **DISEÑO DE UNA RED DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ARTEFACTOS DOMÉSTICOS EN LA RESIDENCIAL LAS CASITAS EN LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA**

**VÍCTOR ANDRÉS EUCEDA FLORES**

## **RESUMEN**

La energía eléctrica es uno de los recursos de gran interés en el mundo, por su gran aporte al desarrollo, a pesar de su gran valor; la sociedad no usa sus dispositivos eléctricos de la mejor manera, sin comprender la gran utilidad de ellos. Los consumidores pueden usar correctamente sus aparatos eléctricos a través de herramientas que facilitan este propósito y adoptando formas de desarrollar un comportamiento que contribuya a la alta reducción del consumo de energía eléctrica, para lograr ahorros significativos en la economía de sus hogares. Es por eso, que el siguiente proyecto de investigación tiene como objetivo desarrollar una herramienta que brinde al usuario información detallada sobre el consumo de energía eléctrica de electrodomésticos en su hogar. Esto se hará mediante el diseño de una red de medidores de energía eléctrica, capaz de poder recopilar datos del consumo de energía eléctrica de las viviendas de la Residencial Las Casitas en Tegucigalpa Honduras, y como resultado; el usuario podrá tomar una decisión consciente e informada al adaptar posibles medidas para ahorrar energía eléctrica dentro de su hogar y también el usuario podrá corroborar si su factura mensual de consumo energético coincide con los datos que recibe de este sistema. Dado que los productos que están en el mercado son muy poco versátiles para el usuario común, se propone desarrollar un sistema que cubra todos los requisitos; para que el usuario pueda acceder a la información de forma rápida y sencilla. Esto sin duda será de mucha utilidad y con la poca presencia en el mercado hondureño, conseguiremos de esta manera diseñar un producto que será único y libre de competencia.

**Palabras claves: energía, consumo de energía eléctrica, electrodomésticos, medidores de energía eléctrica, ahorro de energía eléctrica.**

# **DISEÑO DE UNA RED DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ARTEFACTOS DOMÉSTICOS EN LA RESIDENCIAL LAS CASITAS EN LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA**

**VÍCTOR ANDRÉS EUCEDA FLORES**

## **ABSTRACT**

Electric power is one of the resources of great interest in the world, for its great contribution to development, despite its great value; Society does not use its electrical devices in the best way, without understanding the great utility of them. Consumers can correctly use their electrical appliances through tools that facilitate this purpose and adopting ways to develop behavior that contributes to a high reduction in the consumption of electrical energy, to achieve significant savings in the economy of their homes. That is why the following research project aims to develop a tool that provides the user with detailed information on the electrical energy consumption of household appliances in their home. This will be done through the design of a network of electrical energy meters, capable of collecting data on the electrical energy consumption of the homes of the Residential Las Casitas in Tegucigalpa Honduras, and as a result; the user will be able to make a conscious and informed decision when adapting possible measures to save electrical energy within his home and also the user will be able to verify if his monthly energy consumption bill coincides with the data he receives from this system. Given that the products that are on the market are very little versatile for the common user, it is proposed to develop a system that covers all the requirements; so that the user can access the information quickly and easily. This will undoubtedly be very useful and with the low presence in the Honduran market, we will thus be able to design a product that will be unique and free of competition.

**Keywords: energy, electric power consumption, electrical appliances, electric energy meters, electric energy savings.**

# ÍNDICE

<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
2.1	ANTECEDENTES.....	3
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	4
2.3	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	5
2.3.1	Pregunta primaria de investigación.....	5
2.3.2	Preguntas secundarias de investigación .....	5
2.4	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN .....	6
2.5	JUSTIFICACIÓN .....	6
<b>III</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
<b>IV</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
4.1	ENERGÍA ELÉCTRICA .....	9
4.2	ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MUNDO .....	10
4.2.1	Energía en Centroamérica.....	12
4.3	ENERGÍA DEL BUNKER.....	17
4.4	ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS .....	17
4.4.1	Tarifas de energía eléctrica en Honduras.....	21
4.5	TIPOS DE CONTADORES EN EL MUNDO .....	36
4.5.1	Contadores de energía activa .....	38
4.5.1.1	Contador monofásico .....	38
4.5.1.2	Contador trifásico.....	39
4.5.1.3	Contador de doble y triple tarifa .....	39
4.5.2	Contactores de energía reactiva .....	39
4.5.3	Maxímetro.....	40
4.6	RED DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	42
4.6.1	Sistema de medición .....	43
4.6.1.1	Valor equivalente, eficaz o RMS .....	43
4.6.1.2	Sistema de medición de tensión .....	44
4.6.1.3	Sistema de medición de corriente.....	45
4.6.2	Módulo de procesamiento y cálculo .....	46
4.6.3	Servidor web y base de datos modelo premium.....	48
4.6.4	Comunicación modelo premium.....	51
4.6.4.1	Comunicación serial.....	52
4.6.4.2	Reloj en tiempo real .....	53
4.6.4.3	Módulo GPRS/GSM V1.0 modelo premium .....	54
<b>V</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>56</b>
5.1	DEFINICIÓN OPERACIONAL .....	56
5.2	ENFOQUE Y MÉTODO .....	57
5.2.1	Enfoque.....	57
5.2.2	Método.....	57
5.3	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	58
5.3.1	Población .....	58
5.3.2	Muestra .....	58

5.4	UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA .....	59
5.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS .....	60
5.5.1	Encuesta.....	60
5.5.2	Entrevista .....	60
5.6	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	60
5.6.1	Fuentes primarias.....	60
5.6.2	Fuentes secundarias .....	61
5.7	CRONOLOGÍA DE TRABAJO .....	61
5.7.1	Tabla de actividades.....	62
5.7.2	Diagrama de Gantt.....	63
<b>VI</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>64</b>
6.1	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS .....	64
6.1.1	Pregunta 1 .....	64
6.1.2	Pregunta 2 .....	65
6.1.3	Pregunta 3 .....	66
6.1.4	Pregunta 4 .....	67
6.1.5	Pregunta 5 .....	68
6.1.6	Pregunta 6 .....	69
6.1.7	Pregunta 7 .....	70
6.1.8	Pregunta 8 .....	71
6.1.9	Pregunta 9 .....	72
6.1.10	Pregunta 10.....	73
6.2	ANÁLISIS DE LA ENTREVISTA .....	75
<b>VII</b>	<b>VIABILIDAD DEL PROYECTO .....</b>	<b>79</b>
7.1	VIABILIDAD OPERACIONAL .....	79
7.1.1	Diseño de hardware y software para medir el consumo energético .....	84
7.1.1.1	Desarrollo del software de procesamiento y cálculo .....	84
7.1.2	Monitorización del consumo a través de Smartphones y páginas web .....	90
7.2	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	101
7.2.1	Datos de la inversión.....	101
7.3	VIABILIDAD DE MERCADO .....	104
7.4	VIABILIDAD SOCIAL .....	105
<b>VIII</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>IX</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>X</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>108</b>
<b>XI</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>112</b>
11.1	ANEXO 1: .....	112
11.2	ANEXO 2: .....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.2.1</b>	<b>Porcentaje de electricidad generada en el mundo por fuente energética 2018.</b>	<b>11</b>
<b>Figura 4.4.1</b>	<b>Tarifas que entraron en vigencia en enero 2020.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 4.5.1</b>	<b>Tipos de contadores.....</b>	<b>37</b>

Figura 4.5.2 Imagen de un maxímetro. ....	40
Figura 4.5.3 Explicación del maxímetro. ....	41
Figura 4.6.1 Diagrama general del sistema a desarrollar modelo premium. ....	42
Figura 4.6.2 Diagrama general del sistema a desarrollar modelo estándar. ....	43
Figura 4.6.3 Instalación del sistema de medición electrónico. ....	43
Figura 4.6.4 Valor eficaz de una señal senoidal. ....	44
Figura 4.6.5 Esquema del sistema de medición de tensión.....	44
Figura 4.6.6 Señal de tensión original (Roja) y señal de tensión atenuada (azul).....	45
Figura 4.6.7 Sensor de corriente de efecto hall SCT013.....	46
Figura 4.6.8 Esquema del sistema de medición de corriente. ....	46
Figura 4.6.9 Arduino mega 2560. ....	47
Figura 4.6.10 Raspberry PI 2.....	48
Figura 4.6.11 Imagen simplificada de un sistema de base de datos. ....	50
Figura 4.6.12 Servidor web y cliente web. ....	50
Figura 4.6.13 Funcionamiento simplificado del protocolo HTTP. ....	51
Figura 4.6.14 Esquema explicativo de la conexión serial entre el Raspberry PI 2, el Arduino Mega 2560 y el Módulo GSM/GPRS en el modelo premium. ....	52
Figura 4.6.15 Conexión de puerto serial. ....	53
Figura 4.6.16 Esquema de conexión del integrado DS1307. ....	54
Figura 4.6.17 Módulo GPRS/GSM V1.0.....	55
Figura 5.3.1 Mapa de la ubicación de la Residencial Las Casitas. ....	58
Figura 5.7.1 Tabla de actividades.....	62
Figura 5.7.2 Diagrama de actividades.....	63
Figura 7.1.1 Diagrama de conexión.....	79
Figura 7.1.2 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema modelo premium. ....	80
Figura 7.1.3 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema modelo estándar. ....	82
Figura 7.1.4 Circuito de acoplamiento para medir voltaje con un microcontrolador. ...	84
Figura 7.1.5 Circuito de acoplamiento para medir corriente con un microcontrolador.	85
Figura 7.1.6 Diagrama de flujo para medir valores RMS.....	86
Figura 7.1.7 Diagrama de flujo para calcular costos a cancelar. ....	89
Figura 7.1.8 Nuevo diseño del recibo eléctrico del sector residencial. ....	90
Figura 7.1.9 LX Terminal de Raspberry Pi indicando los datos recibidos y guardados en la base de datos. ....	91
Figura 7.1.10 Página de ingreso al sistema de medición y monitoreo. ....	92
Figura 7.1.11 LCD indicando voltaje, corriente, potencia, energía acumulada, hora, fecha. ....	93
Figura 7.1.12 Consulta mensual y diaria realizada por el usuario.....	93
Figura 7.1.13 Mensaje de texto indicando que se superó el límite de consumo mensual de 90 kWh.....	94
Figura 7.1.14 Página de inicio del sistema de medición y monitoreo. ....	94
Figura 7.1.15 Página de graficas de energía y costo del sistema de medición y monitoreo. .....	95
Figura 7.1.16 Página de consultas de consumos y costos.....	96
Figura 7.1.17 Página detallando una consulta diaria. ....	97
Figura 7.1.18 Página detallando una consulta diaria. ....	97
Figura 7.1.19 Página detallando una consulta diaria. ....	98

<b>Figura 7.1.20</b> Página detallando una consulta semanal.....	<b>99</b>
<b>Figura 7.1.21</b> Página detallando una consulta semanal.....	<b>99</b>
<b>Figura 7.1.22</b> Página detallando una consulta mensual. ....	<b>100</b>
<b>Figura 7.1.23</b> Página detallando una consulta mensual. ....	<b>100</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 4.2.1</b> Porcentaje de producción de energía renovable 2018. ....	<b>14</b>
<b>Gráfico 4.2.2</b> Porcentaje de producción de energía no renovable 2018.....	<b>15</b>
<b>Gráfico 4.4.1</b> Evolución del precio del combustible tipo HFO 3.0% .....	<b>22</b>
<b>Gráfico 4.4.2</b> Evolución del precio del combustible tipo HFO 2.2% .....	<b>22</b>
<b>Gráfico 4.4.3</b> Evolución del precio del combustible tipo Diésel.....	<b>23</b>
<b>Gráfico 4.4.4</b> Evolución del tipo de cambio del Lempira con respecto al Dólar de los EE.UU. ....	<b>23</b>
<b>Gráfico 4.4.5</b> Porcentaje de energía estimada por el modelo de optimización (SDPP)...	<b>24</b>
<b>Gráfico 4.4.6</b> Contribución de cada variable en el cálculo de la tarifa promedio.....	<b>25</b>
<b>Gráfico 4.4.7</b> Componentes de costos de la tarifa promedio.....	<b>26</b>
<b>Gráfico 6.1.1</b> Porcentaje del género de los encuestados de la Residencial Las Casitas...	<b>64</b>
<b>Gráfico 6.1.2</b> Porcentaje del estado civil de los residentes de la Residencial Las Casitas. ....	<b>65</b>
<b>Gráfico 6.1.3</b> Porcentaje de familiares que residen en una vivienda de la Residencial Las Casitas.....	<b>66</b>
<b>Gráfico 6.1.4</b> Porcentaje del conocimiento de los Residentes respecto a su consumo energético.....	<b>67</b>
<b>Gráfico 6.1.5</b> Porcentaje del consumo de los residentes de la Residencial Las Casitas...	<b>68</b>
<b>Gráfico 6.1.6</b> Porcentaje de la satisfacción de los residentes de la Residencial Las Casitas con su consumo energético mensual.....	<b>69</b>
<b>Gráfico 6.1.7</b> Porcentaje de ahorro de energía eléctrica por los residentes de la Residencia Las Casitas.....	<b>70</b>
<b>Gráfico 6.1.8</b> Porcentaje de aparatos de los usuarios de la Residencial Las Casitas.....	<b>71</b>
<b>Gráfico 6.1.9</b> Porcentaje de usuarios que instalarían, que no instalaría y que tal vez instalaría el sistema de red para medir su consumo energético. ....	<b>72</b>
<b>Gráfico 6.1.10</b> Porcentaje de cuánto los usuarios de la Residencial Las Casitas están dispuestos a pagar por el sistema de red de medición de energía eléctrica.....	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.2.1</b> La participación porcentual de dichas fuentes renovables, por país. ....	<b>12</b>
<b>Tabla 4.2.2</b> Producción total de electricidad por países. ....	<b>13</b>
<b>Tabla 4.2.3</b> Producción total de electricidad por tecnología.....	<b>13</b>
<b>Tabla 4.2.4</b> Oferta de energía eléctrica, 2018. ....	<b>16</b>
<b>Tabla 4.2.5</b> Suministro de energía eléctrica, 2018.....	<b>16</b>
<b>Tabla 4.4.1</b> Centrales de energía eléctrica. ....	<b>18</b>

Tabla 4.4.2 Relación de los precios de los combustibles que se utilizan para la generación de energía eléctrica. ....	21
Tabla 4.4.3 Estructura tarifaria que debe aplicar la ENEE para la facturación a partir del mes de enero de 2020. ....	27
Tabla 4.4.4 Componentes de precio y componentes de consumo. ....	28
Tabla 4.4.5 Bloques de horarios, acreditados por la CREE.....	29
Tabla 4.4.6 Categoría de la demanda de los usuarios.....	30
Tabla 4.4.7 Cuadro comparativo de las tarifas desde enero 2017 a enero 2020. ....	34
Tabla 5.1.1 Definición operacional de las variables.....	56
Tabla 6.1.1 ¿Género?.....	64
Tabla 6.1.2 ¿Estado civil?.....	65
Tabla 6.1.3 ¿Cuántos familiares viven en su hogar? .....	66
Tabla 6.1.4 ¿Conoce usted su consumo mensual de energía eléctrica?.....	67
Tabla 6.1.5 ¿Cuál es el promedio mensual de su consumo energético? .....	68
Tabla 6.1.6 ¿Está conforme usted con su pago mensual de consumo energético? .....	69
Tabla 6.1.7 ¿Se considera una persona ahorrativa de energía eléctrica?.....	70
Tabla 6.1.8 ¿Con qué tipos de aparatos cuenta en su casa?.....	71
Tabla 6.1.9 ¿Le gustaría implementar en su hogar un sistema de red para medir y llevar el control de su consumo energético?.....	72
Tabla 6.1.10 ¿Cuánto estaría dispuesta a pagar por un sistema como el mencionado? .	73
Tabla 6.2.1 Entrevista.....	75
Tabla 7.1.1 El diseño de las páginas web se lo realiza de acuerdo a las siguientes funciones y requerimientos. ....	90
Tabla 7.2.1 Tabla de costos de la Red medidora de energía eléctrica premium. ....	101
Tabla 7.2.2 Tabla de costos de la Red medidora de energía eléctrica estándar. ....	101
Tabla 7.2.3 Tiempo de retorno con la inversión.....	102

## ACRÓNIMOS Y GLOSARIO

**AMI:** Advanced Measurement Infrastructure (Infraestructura de Medición Avanzada).

**BSD:** Berkeley Software Distribution (Distribución de Software de Berkeley).

**CEPAL:** Comisión Económica Para América Latina y El Caribe.

**CPU:** Central Processing Unit (Unidad Central de Procesamiento).

**CREE:** Comisión Reguladora de Energía Eléctrica.

**DBMS:** Data Base Management System (Sistema de Administración de Base de Datos).

**DPB:** Tiempo de Recuperación de lo Invertido con la Tasa de Oportunidades.

**EEH:** Empresa Energía Honduras.

**EEPROM:** Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (Memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente).

**ENEE:** Empresa Nacional de Energía Eléctrica.

**Geo:** Central Geotérmica.

**GPU:** Graphics Processing Unit (Unidad de Procesamiento Gráfico).

**GPRS:** General Packet Radio Service (Servicio General de Paquetes vía Radio).

**GSM:** Global System for Mobile communications (Sistema Global para las comunicaciones Móviles).

**GSR:** Global Status Report (Informe de Estado Mundial).

**Hidro:** Central Hidroeléctrica.

**HTTP:** Hyper Text Transfer Protocol (Protocolo de Transferencia de Hipertexto).

**HTTP:** Hyper Text Transfer Protocol (Protocolo de Transferencia de Hipertexto).

**Kilovar (kVar):** Es una unidad de potencia reactiva equivalente a mil volt-amperes reactivos.

**Kilovatio (kW):** Representa mil vatios.

**Kilovatio-hora (kWh):** Es una unidad de energía eléctrica expresada en forma de unidades de potencia por tiempo, equivalente a mil vatios-hora.

**LPDDR - SDRAM:** Low Power Double Data Rate Synchronous Dynamic Random-Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio Dinámica Síncrona de Baja Potencia de Datos Doble).

**microSD:** micro Secure Digital (micro Seguridad Digital).

**MHI:** Manitoba Hydro International.

**ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible.

**PB:** Tiempo de Recuperación de lo Invertido sin la Tasa de Oportunidades.

**RAM:** Random-Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio).

**SCL:** Serial Clock Input (Entrada de Reloj Serial).

**SDA:** Serial Data Input/Output (Entrada/Salida de Datos en Serie).

**SICA:** Sistemas de la Integración Centroamericana.

**SIEPAC:** Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de Centroamérica.

**SNI:** Sistema Interconectado Nacional (SIN).

**SoC:** System on a Chip (Sistema en un Chip).

**SRAM:** Static Random-Access Memory (Memoria Estática de Acceso Aleatorio).

**TIR:** Tasa Interna de Retorno.

**TIRM:** Tasa Interna de Retorno Modificada.

**USB:** Universal Serial Bus (Bus Universal en Serie).

**Vatio:** Es la potencia eléctrica producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio.

**VAN:** Valor Actual Neto.

# I INTRODUCCIÓN

La importancia hoy en día de la energía eléctrica está alcanzando niveles bastantes altos, y es que es difícil imaginar estar sin energía eléctrica ya que es fundamental para el desarrollo y el futuro de nuestras generaciones. Pero al igual que las bondades que brinda la energía eléctrica, es necesario llevar un control de la misma por factores ambientales como económicos, y buscar una mejor manera de poder concientizar con la misma.

Por estas razones se propuso diseñar una red de medidores de energía eléctrica para la Residencial Las Casitas cuyo fin tiene la prevención de consumo y ahorro energético, capaz de poder recopilar el consumo de energía eléctrica de la vivienda de los usuarios de la Residencial, para poder obtener un resultado favorable en cuestión de economía, ya que al lograr observar cómo se consume mensualmente la energía eléctrica, podrán crear un plan para ahorra lo más posible y así evitar costos elevados.

Esta investigación cuenta con una metodología cuantitativa, la cual surge por medio de la observación del entorno de la Residencial Las Casitas, Tegucigalpa Honduras, y de la queja de los consumidores de energía eléctrica por su consumo mensual.

En la residencial hay una población de 220 habitantes, de la cual se calculó una muestra de 64 personas necesarias para poder aplicarles el instrumento de la encuesta y una entrevista a un experto.

La información que está contenida en esta investigación es la siguiente:

Capítulo II – Planteamiento del Problema: Se hace una descripción general del problema, en el cual se basa la investigación, desde sus antecedentes y definición de éste, pasando a establecer preguntas primarias y secundarias que deberán ser resueltas una vez finalizada la investigación. También se establecieron unas variables del posible resultado de la investigación y una justificación del porqué es necesaria realizarla.

Capítulo III – Objetivos: Se plantean los objetivos que se esperan alcanzar con la investigación, tanto de una manera general, como de manera específica para poder responder las preguntas primarias y secundarias de la investigación.

Capítulo IV – Marco Teórico: Aquí se coloca toda la información que fundamenta la investigación con una aglomeración de pensamientos, procedimientos, ideas y teorías que sirvieron para llevar a cabo la investigación, siendo respaldado por distintas fuentes bibliográficas que ayudaron a darle forma y validez a la investigación.

Capítulo V – Metodología: Describe como se realizó la investigación, elaborando la definición operacional de las variables, el enfoque y el método elegido y porqué su elección, además de la población y la muestra tomada para la recopilación de datos, así como el instrumento a utilizar y las fuentes primarias y secundarias que se utilizaron para el trabajo.

Capítulo VI – Resultado y Análisis: En este capítulo se logró analizar los resultados de las técnicas utilizadas, como ser la encuesta y la entrevista, y obtener información valiosa de las mismas para poder así saber que rumbo tendría esta investigación.

Capítulo VII – Viabilidad del Proyecto: Se elaboró un estudio de mercado, de operación y económico de la investigación para saber qué tan viable es implementar el mismo.

Capítulo VIII – Conclusiones: Se concluye la investigación dando una lista del análisis previo de la investigación.

Capítulo IX – Recomendaciones: Se elaboraron las recomendaciones de la investigación, las cuales son una opción viable para solucionar de manera más adecuada la problemática planteada.

Al final de esta investigación se logró elaborar el diseño de una red de medidores de energía eléctrica para uso doméstico, capaz leer el consumo de energía eléctrica de artefactos eléctricos de las viviendas de la Residencial Las Casitas, Tegucigalpa Honduras.

## **II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El tema de la energía eléctrica se puede estudiar de diferentes puntos de vista o direccionamiento de problema, es este caso en nuestra investigación estará dirigida a la problemática de consumo, pero a la vez dar la solución implementando un sistema que nos permita controlar nuestro consumo, todo se detallará paso a paso a lo largo de esta investigación.

Y es que es notable el descontento por parte de algunos abonados por facturas que no reflejan lo consumido por el usuario, como lo menciona La Prensa (2019) ha aumentado la indignación de los abonados de EEH, por facturas con monto que no es el real.

### **2.1 ANTECEDENTES**

La población hondureña desde hace muchos años está llevando a cabo campañas concientizadoras para reducir el gasto innecesario de recursos y consumos para vivir de manera solvente, y es que vivimos en una sociedad que no es de escatimar a la hora de consumir, esto sin duda trae consecuencias negativas ya que los recursos no son infinitos.

Es necesario hacer entrar en razón a la población, para que aprenda a economizar recursos, uno de los problemas que se vive actualmente en la sociedad hondureña, es el consumo excesivo de energía eléctrica que, a su vez, le sumamos la mala administración que desde muchos años atrás se está viendo en la empresa de generación de energía eléctrica en Honduras, ha generado consecuencias delicadas.

Aunque las empresas de energía en particular la EEH quien es la que se encarga del usuario final, afirma que han hecho lo posible para solucionar los problemas con los que contaba la ENEE, invirtiendo capital para el cambio de contadores análogos a contadores inteligentes desde el año 2017 que vendrán a evitar las pérdidas tanto técnicas (caídas de tensión) como no técnicas (hurto de energía eléctrica por parte de los usuarios) así como las lecturas promediadas.

Aun así, el usuario sigue inconforme pues ellos se quejan diciendo que se ven afectados al momento de recibir su facturación con aumentos en cada trimestre del año, ya que no existe una justificación clara del por qué se hace ese aumento sabiendo que la mayor parte de energía eléctrica consumida por los usuarios proviene de la energía bunker.

Rodríguez (2019a) afirma:

El precio del bunker es uno de los factores que más incide en el costo de la generación de energía, se tiene una proyección a mediano y largo plazo específicamente hasta noviembre del 2023, que no superará los 50 dólares americanos por barril.

Aparte de la problemática de los cobros elevados le sumamos uno de los malestares más fuertes, y es que se promedia la energía eléctrica donde según Rodríguez (2019b) “al 31 de marzo del 2019, MHI informó que la Empresa Energía Honduras (EEH) reportó 195,338 casos”.

Por este conflicto es que en varios países sudamericanos y también en México, podemos encontrar una red de medidores de energía eléctrica inteligente, que nos ayuda a tener un mayor control del consumo energético en el hogar, creando así un mayor reflejo económico del consumo real de energía eléctrica y comprobar si esta coincide con la factura que recibimos de la empresa que suministra la energía eléctrica.

Esto sin duda le da más valor a la red de medidores de energía eléctrica, pues es necesario que el usuario conozca de manera rápida y segura el consumo real que el usuario tenga en su hogar y así evitar pagar una factura que no refleja lo consumido.

## **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En Honduras la situación de la facturación del consumo de energía eléctrica, siempre ha sido objeto de reclamo y de molestia entre los usuarios de la empresa energética, pues ellos afirman que sus facturas siempre reflejan un monto distinto al consumo real que dicen tener.

Aunque la empresa EEH cuente con una sofisticada plataforma que ayuda a mejorar el reflejo real en las facturas de sus usuarios, es algo evidente que el descontento de los mismos es debido a la falta de transparencia reflejada en la factura del consumo de energía eléctrica.

Esto viene sin duda a generar la principal queja de los usuarios, pues se afirma que no se cuenta con transparencia en la facturación mensual que ellos reciben.

Rodríguez (2019b) afirma:

Tanto así que el gobierno creó un comité interinstitucional para darle seguimiento a los reclamos de los consumidores y así obligar a EEH a aplicar los correctivos. Dando lugar a que la empresa de capital honduro-colombiano rectificara a miles de consumidores los consumos promedios y los cobros altos. Aplicando así una serie de medidas para reducir los consumos promedios. Una de ellas ha sido la instalación de medidores inteligentes que desde octubre de 2018 a marzo 2019 eran, 50,744.

Esto sin duda alguna ha venido a darle un mayor compromiso con el usuario, ya que han reducido 143,966 casos de consumo promedio haciendo que el consumidor tenga una factura real.

Es por ese motivo que esta investigación se centra en dar una solución a la problemática creando una red de medidores de energía eléctrica que ayudarán a los usuarios a tener un mejor control del consumo real de energía eléctrica, así como también verificar la potencia instantánea de los aparatos conectados a esta red evitando daños a los mismos.

## **2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1 Pregunta primaria de investigación**

1. ¿Cómo crear un diseño de una red de medidores de energía eléctrica para uso doméstico, capaz de poder recopilar el consumo de energía eléctrica de artefactos eléctricos de las viviendas de la Residencial Las Casitas, Tegucigalpa Honduras?

### **2.3.2 Preguntas secundarias de investigación**

1. ¿Se puede verificar el consumo real de energía eléctrica de los usuarios de la Residencial Las Casitas de Tegucigalpa Honduras?
2. ¿Es necesario establecer un método de medición de energía eléctrica para obtener el consumo de los aparatos eléctricos?
3. ¿Qué tan viable es implementar esta red de medidores de energía eléctrica para que el usuario tenga mejor control sobre el consumo de energía eléctrica?

4. ¿Qué importancia tiene para el usuario poder visualizar su consumo de energía eléctrica mensual?
5. ¿Se puede con esta red de medidores de energía eléctrica crear conciencia en el usuario para reducir su consumo mensual energético?

## **2.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Dentro de las variables que nos ayudarán a centralizar la solución a la problemática podemos encontrar las siguientes:

- Demanda potencial.
- Aspectos técnicos.
- Aspectos financieros.
- Consumo de energía eléctrica.

## **2.5 JUSTIFICACIÓN**

En Honduras desde que comenzó la empresa de energía eléctrica se ha utilizado los medidores análogos que poseen pequeños diales mecánicos que pueden ser leídos por el consumidor o por los representantes de la compañía eléctrica. Lo que en muchas ocasiones los usuarios se dedicaban por su alto consumo que ellos tenían al hurto de energía eléctrica, esto quiere decir que ellos manipulaban su contador para que el consumo fuera menor.

Sin embargo, la empresa EEH que comenzó a operar en agosto del 2016, está introduciendo el cambio de los medidores analógicos por medidores inteligentes que estos a su vez tiene una mayor exactitud de lectura del consumo del usuario, esto sin duda ha traído quejas y molestias entre los usuarios, pues ellos afirman que es una estrategia para que la compañía eléctrica genere un cobro más elevado que el cobro original.

Según Tiempo (2018) “los usuarios de la compañía eléctrica ubicados en el departamento de Olancho han expresado que hay casos en los que las facturas han aumentado de L 700.00 hasta montos de L 23,000, según denuncias de los olanchanos”.

Eso genera el descontento a nivel nacional de los usuarios de la compañía eléctrica pues ellos sienten que la compañía se lucra por medio de los cobros reflejados en las facturas, ya que según ellos estas no reflejan el consumo real de energía eléctrica.

Debido a esta problemática que es evidente se ha elaborado esta investigación que trata sobre el diseño de una red de medidores de energía eléctrica para que el usuario pueda tener un mejor control del consumo real que tengan su vivienda y no solamente verificar su consumo, sino que también verificar la potencia instantánea para así evitar que estos sufran daños irreparables o peor aún, que se genere un daño irremediable como un incendio por un corto.

### **III OBJETIVOS**

En el siguiente capítulo se profundizará a detalle los objetivos tanto general como específicos del proyecto para dar solución a la problemática planteada.

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

1. Realizar un diseño de una red de medidores de energía eléctrica para uso doméstico, capaz de poder recopilar el consumo de energía eléctrica de las viviendas de la Residencial Las Casitas, Tegucigalpa Honduras.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Analizar el consumo real de energía eléctrica de los usuarios de la Residencial Las Casitas.
2. Establecer un método de medición de energía eléctrica para obtener el consumo de los aparatos eléctricos.
3. Determinar la viabilidad de esta red de medidores de energía eléctrica para un mejor control del consumo energético.
4. Utilizar esta red de medidores de energía eléctrica para poder visualizar el consumo de energía eléctrica del usuario.
5. Crear Conciencia al usuario para reducir su consumo de energía eléctrica mensual.

## IV MARCO TEÓRICO

El marco teórico nos ayuda a obtener información que esté relacionada con el tema de investigación. Se encuentra información relevante que explica la problemática planteada.

### 4.1 ENERGÍA ELÉCTRICA

Está claro que hoy en día en el mundo la energía eléctrica es algo indispensable para los humanos, ya que es de las más importantes fuentes de producción, para el desarrollo de tecnologías y avances en las industrias, porque toda máquina utilizada dentro de cualquier industria en cualquier rubro, funciona con energía eléctrica.

Recio (2020) menciona que la energía eléctrica es una de las energías que más es utilizada día a día, cabe mencionar que esta energía es un fenómeno físico causado por la diferencia de potencial existente entre dos puntos lo que permite el movimiento o la conducción de cargas eléctricas llamados electrones en el interior de materiales conductores, produciendo de esta manera efectos que podrían ser luminosos, magnéticos y térmicos.

Recio (2020) afirma que la energía eléctrica utilizada es sujeta a varios procesos de generación, transformación, transmisión y distribución, ya que tenemos diferentes tipos de energía eléctrica, y sin duda no es lo mismo generar electricidad mediante el uso de combustibles fósiles que la generación de energía solar, nuclear o hidroeléctrica. Así como no es igual transmitir la electricidad generada por pequeños sistemas de torres eólicas o fotovoltaicos que la producida por represas hidroeléctricas.

La unidad básica para medir energía en la electricidad es el Joule en relación al tiempo y a la potencia, de esto partimos para mencionar que la relación de estos se saca de la siguiente fórmula:

$$Potencia(P) = \frac{energía (E)}{tiempo (t)} \text{ Fórmula de la potencia.}$$

Al despejar esta ecuación en función de la energía establecemos que:

*energía (E) = Potencia(P) \* tiempo (t) Fórmula de la energía.*

Podemos concluir que la energía es la cantidad de potencia por unidad de tiempo. Donde su simbología es (KWh), su unidad (Kilovatio-hora) y su instrumento de medida es el medidor o contador.

## **4.2 ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MUNDO**

La importancia de la energía eléctrica a nivel mundial ha llegado a un nivel considerable, ya que es difícil imaginar un futuro sin la producción masiva de la misma. Muchos son los países en todo el mundo que luchan por ser el mayor productor de energía eléctrica y ser así la nación más poderosa en el mundo, tenemos claro que el petróleo juega un papel importante debido a que muchos países en vías de desarrollo utilizan la energía bunker.

Es por ello que estos mismos depende del precio del barril del petróleo, es ahí donde las potencias mundiales buscan tener el mayor número de reserva de petróleo para lograr ser quien domine la economía energética mundial. Sin embargo, existen más maneras de producir energía eléctrica, tanto las renovables como las no renovables.

Dentro de la distribución porcentual de la generación de electricidad en el mundo del 2020, por fuente de energía podemos encontrar.

Se toman los valores del 2018 hasta enero del 2019, debido a que no se han elaborado datos estadísticos de GSR 2020.

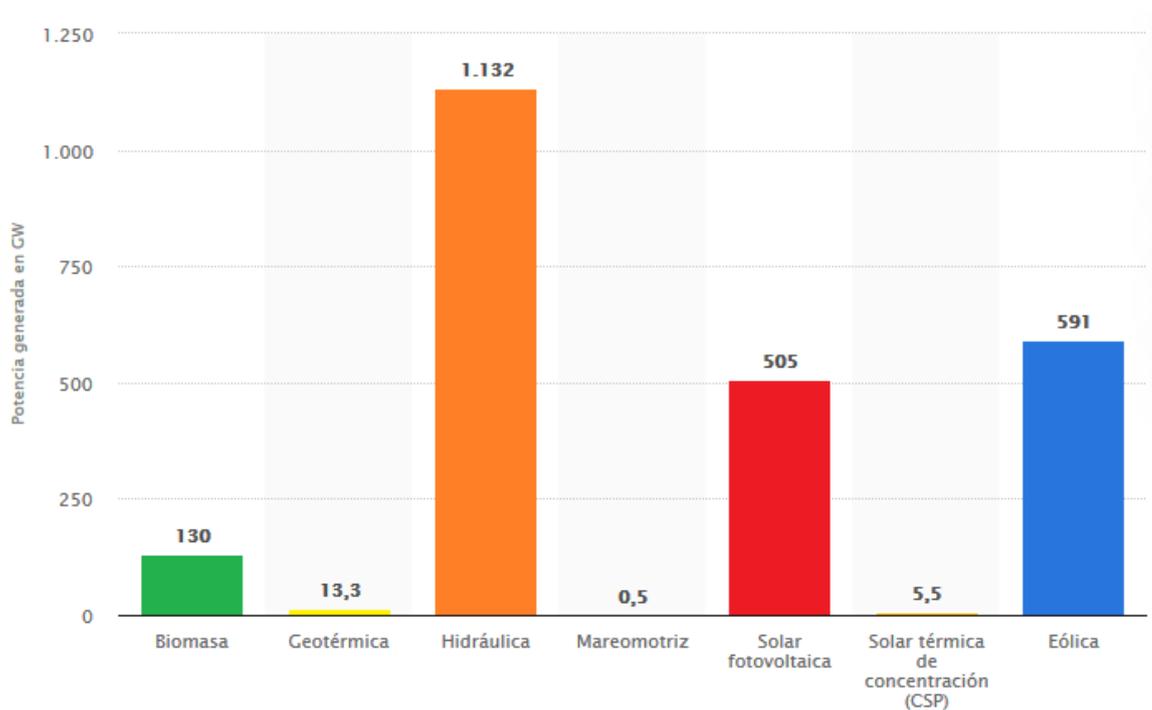


Figura 4.2.1 Porcentaje de electricidad generada en el mundo por fuente energética 2018.  
Fuente: Sevilla (2019)

Como se puede observar poco a poco el petróleo está siendo desbancado para la producción de energía eléctrica, esto sin duda traerá beneficios para ambas partes ya que tanto la empresa generadora de energía eléctrica para Honduras ENEE, no necesitaría gastar en contratos millonarios o depender del precio del barril de petróleo y empezar a producir energía eléctrica renovable haciendo con esto un reajuste favorable para el usuario en las tarifas de energía eléctrica.

Pero por los momentos es indiscutible que seguiremos utilizando la energía bunker para la abastecer de energía eléctrica a Honduras, aunque en un futuro posiblemente dejemos de consumir este tipo de energía y utilicemos energías renovables.

#### 4.2.1 Energía en Centroamérica

Esta investigación se centra en los datos estadísticos del año 2018, ya que no se cuenta con datos estadísticos de la fecha por parte de SIEPAC, SICA ni de CEPAL.

Navarrete (2019)

Durante 2018 las fuentes renovables aportaron el 60,7% de la producción de electricidad en los ocho países del SICA, lo que representa una cifra récord (medio punto porcentual más alto que el valor registrado en 2017). Ha continuado la instalación de nuevas centrales renovables, sin embargo, debe resaltarse que, durante 2018 un régimen de lluvias favorable en El Salvador, Honduras y Panamá posibilitó una mayor producción hidroeléctrica. (p.15)

**Tabla 4.2.1 La participación porcentual de dichas fuentes renovables, por país.**

<b>País</b>	<b>Porcentaje</b>
Costa Rica	98,6%
Belice	82,7%
Panamá	78,3%
El Salvador	76,5%
Honduras	67%
Guatemala	61,7%
Nicaragua	57%
República Dominicana	15,1%

Fuente: repositorio.cepal.org, Esta tabla refleja el porcentaje de la participación de los países con fuentes renovables.

El auge de energía renovable será de vital importancia en el futuro centroamericano, ya que se dependería menos del petróleo, generando un menor gasto del estado y utilizando esa inversión millonaria para solucionar otro tipo de problemas que se encuentren en los países centroamericanos.

La producción total de electricidad fue ligeramente superior a 70.000 GWh (70,2 TWh), representando un crecimiento de 2,1% con respecto a 2017 (lo que se acentúa una tendencia de desaceleración en el trienio 2016-2018).

**Tabla 4.2.2 Producción total de electricidad por países.**

<b>País</b>	<b>Porcentaje</b>
República Dominicana	23,9%
Guatemala	17,8%
Costa Rica	16,2%
Panamá	15,8%
Honduras	12,6%
El Salvador	7,2%
Nicaragua	6%
Belice	0,6%

Fuente: repositorio.cepal.org, Esta tabla refleja el porcentaje de la producción total de electricidad de los países. El 75,5% (53.000 GWh) corresponde a los seis países del SIEPAC.

**Tabla 4.2.3 Producción total de electricidad por tecnología.**

<b>Tecnología</b>	<b>Porcentaje</b>
Hidroeléctrica	40,7%

Termoeléctrica de combustibles fósiles	39,3%
Eólica	7%
Geotérmica	5,2%
Cogeneración con residuos biomédicos	5,1%
Solar fotovoltaica	2,6%
Biogás en vertederos o rellenos sanitarios urbanos	0,1%

Fuente: repositorio.cepal.org, Esta tabla refleja el porcentaje de la producción total de electricidad por tecnología. Ello representó una participación del 60,7% de las energías renovables (versus 39,3% para los combustibles fósiles).

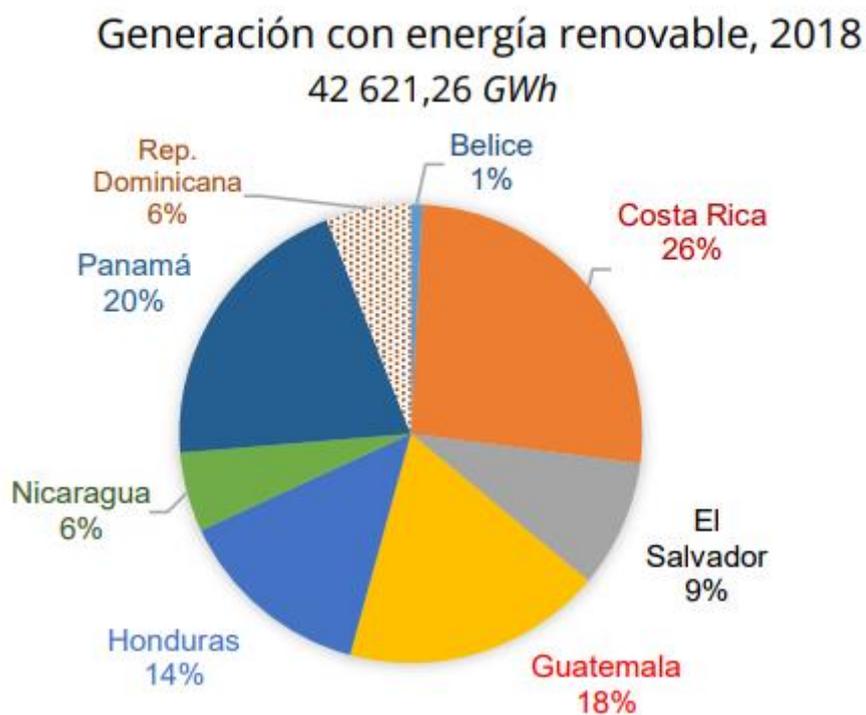


Gráfico 4.2.1 Porcentaje de producción de energía renovable 2018.

Fuente: <https://repositorio.cepal.org>.

Se puede observar que en Honduras solamente se produce un 14% de energía renovable siendo el resto energía no renovable. Esto es sin duda una de las causas del por qué en Honduras la energía eléctrica tiene costos elevados, ya que no es un país productor de energía eléctrica renovable capaz de hacer que el precio por consumo sea bajo, y es ahí donde se encuentra una de la problemática más fuerte en relación con la población y el gobierno o en este caso, las empresas de energía eléctrica.

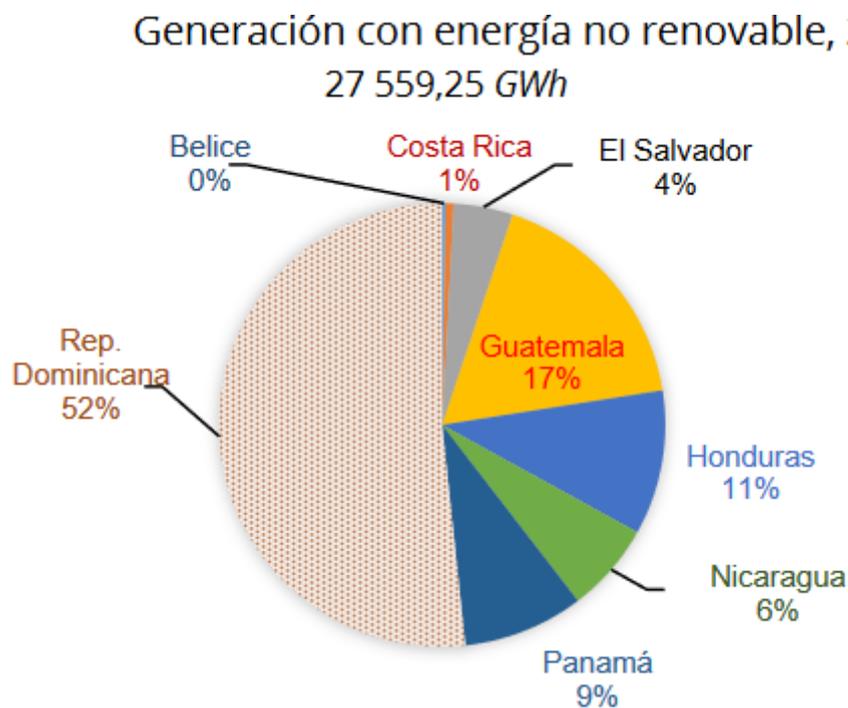


Gráfico 4.2.2 Porcentaje de producción de energía no renovable 2018.

Fuente: <https://repositorio.cepal.org>.

Se logró apreciar que en Honduras solamente se produce un 11% de energía no renovable. Quiere decir que Honduras no es un país productor ni de energía renovable, ni de energía no renovables, ya que únicamente se genera un 25% uniendo ambos porcentajes.

**Tabla 4.2.4 Oferta de energía eléctrica, 2018.**

	Total	Hidro	Geo	Eólica	Biomasa	Solar	Biogás	Térmica	Porcentajes
Potencia Instalada (en MW)									
SICA	22 182	7 731	650,0	1 379,6	1 872,2	1 115,8	20,9	9 412,5	100,0
SIEPAC	18 039,1	7 061,0	650,	1 196,4	1 799,2	1 027,3	20,9	6 284,3	81,3
Belice	158,6	54,3	-----	-----	43,5	0,5	-----	60,4	0,7
Costa Rica	3 616,8	2 372,6	206,9	407,8	52,5	5,4	-----	571,7	16,3
El Salvador	2 048,7	574,4	204,4	-----	290,6	215,7	6,9	756,6	9,2
Guatemala	4 151,6	1 499,1	49,2	107,4	1 069,9	92,5	5,9	1327,7	18,7
Honduras	2 637,1	695,8	35,0	225,0	209,7	510,8	-----	960,9	11,9
Nicaragua	1 467,3	142,5	154,5	186,2	176,6	14,0	-----	793,6	6,6
Panamá	4 117,6	1 776,7	-----	270,0	-----	189,0	8,1	1 873,9	18,6
Rep. Dominicana	3 984,3	615,7	-----	183,3	29,5	88,0	-----	3 067,9	18,0

Fuente: repositorio.cepal.org, Esta tabla refleja el porcentaje y la oferta de la potencia instalada en los países centroamericanos.

**Tabla 4.2.5 Suministro de energía eléctrica, 2018.**

	Total	Hidro	Geo	Eólica	Biomasa	Solar	Biogás	Térmica	Porcentajes
Generación (en GWh)									
SICA	70 180,5	28 585,3	3 676,4	4 904,2	3 577,6	1 798,8	79,0	27 559,3	100,0
SIEPAC	53 001,4	26 574,3	3 676,4	4 423,0	3 282,1	1 716,6	79,0	13 250,0	75,5
Belice	416,0	249,7	-----	-----	93,8	0,6	-----	71,9	0,6
Costa Rica	11 355,5	8 342,9	1 437,3	1 798,9	76,7	9,9	-----	158,6	16,2
El Salvador	5 023,5	1 633,7	1 437,3	-----	488,7	249,2	35,0	1 179,6	7,2
Guatemala	12 522,4	5 191,0	249,8	319,5	1 735,9	208,3	26,3	4 791,6	17,8
Honduras	8 809,6	3 145,0	297,1	928,7	538,8	992,8	-----	2 907,2	12,6
Nicaragua	4 185,5	406,5	723,7	788,0	442,0	23,8	-----	1 801,4	6,0
Panamá	11 105,0	7 855,2	-----	587,9	-----	232,6	17,62	2 411,6	15,8
Rep. Dominicana	16 763,1	1 761,3	-----	481,2	201,7	81,6	-----	14 237,3	23,9

Fuente: repositorio.cepal.org, Esta tabla refleja el porcentaje y el suministro de la generación en los países centroamericanos.

### **4.3 ENERGÍA DEL BUNKER**

La energía bunker es un tipo de energía se puede encontrar con menos frecuencia debido a que las energías renovables son más limpias y no dañan al medio ambiente como este tipo de energía, y es que es vital que se deje de consumir este tipo de energía para que sea posible remediar los daños causados al planeta.

Recope (2019) afirma:

La energía bunker es un combustible que normalmente proviene de la primera etapa del proceso de refinación (destilación atmosférica), viscoso y con alto contenido energético, lo cual lo hace apto para ser usado en calderas, hornos y para las plantas de generación eléctrica. En los procesos de refinación del bunker se obtiene subproductos como aceites, lubricantes y asfaltos. También es utilizado como combustible en motores marinos. (p.1)

Pero sus números bajos de generación eléctrica han producido que el costo del barril se dispare y que los países que utilicen este tipo de energía tengan que pagar sumas exageradas de dinero para abastecer al país.

### **4.4 ENERGÍA ELÉCTRICA EN HONDURAS**

La energía eléctrica en Honduras es algo que con el paso del tiempo se está apoderando de las producciones maquileras, donde antes se contaba con operarios de manufactura en cada maquila situada en el país hoy en día están optando más por la automatización de procesos que engrandecen la producción anual de las mismas, y es que estamos ante la era tecnológica donde se ve más proyecciones en el país, desde casa inteligentes hasta la robótica y todo gracias a la energía eléctrica.

Incluso como lo menciona El País (2019) muchas maquilas están incursionando en temas de tecnología para un mejor funcionamiento en temas de software y hardware.

ENEE (2020) afirma:

La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), fue creada por La Junta Militar de Gobierno, mediante Decreto Ley Número 48, el 20 de febrero de 1957. Es un organismo autónomo, de servicio al público, con personería jurídica, patrimonio propio y de duración indefinida. Con responsabilidad por el desarrollo y construcción de facilidades de electrificación, y por la producción, transmisión y distribución de energía eléctrica en el país. (p.1)

La Gaceta (2015) menciona que La ENEE cuenta con dos sistemas de cobertura a nivel nacional los cuales distribuyen toda la energía eléctrica en el país estos son el SIN y los Sistemas Aislados. El SIN conforma las principales poblaciones del país y está alimentado por la energía generada por:

**Tabla 4.4.1 Centrales de energía eléctrica.**

Las Centrales Hidroeléctricas General Francisco Morazán	El Níspero
Cañaveral y Río Lindo	La turbina de la Puerta en San Pedro Sula
La Central Santa Fe en Comayagüela	La turbina de gas ubicada en la Colonia Miraflores de Tegucigalpa
la Central Térmica de Puerto Cortés	La Central Térmica de la Ceiba y la Central de Santa María del Real

Fuente: <http://www.enee.hn>

Si bien es cierto, es un sistema que interconecta las ciudades más importantes o de mayor población en todo el país es importante tener en cuenta que muchos de los apagones que se generan es por fallas en este sistema, generando caos en las ciudades con más población del país.

Y es que son tan frecuentes que los usuarios ya están acostumbrados a que existan apagones en las ciudades, generando un descontento debido a que muchas microempresas no cuentan con una planta eléctrica y se ven altamente afectados por este tipo de problemas.

Desde el año 2016 existen 3 instituciones que manejan la energía eléctrica del país como lo es la ENEE.

La CREE, que es la encargada de aplicar y fiscalizar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias que rigen la actividad del subsector eléctrico, para lo cual podrá realizar las inspecciones que considere necesarias con el fin de confirmar la veracidad de las informaciones que las empresas del sector o los consumidores le hayan suministrado.

También está EEH que su objetivo es alcanzar y mantener los más altos estándares de satisfacción del cliente a través de un excelente servicio, aplicando la más alta calidad y nuevas tecnologías en todos nuestros procesos.

La EEH se encarga de la distribución, control de energía y la comercialización, que es en la cual nos centraremos ya que se busca la mejora continua en reducir la cantidad de facturas con consumo promedio, reducir los errores en la lectura de las facturas y reducir la cantidad de clientes que no reciben su factura asegurando el método de la entrega.

Con el conjunto de estas 3 instituciones se busca el mejor funcionamiento energético para todos los usuarios, ya que ahora se está utilizando una nueva plataforma y nuevos métodos para que los usuarios tengan mejor reflejo de su consumo mensual de energía eléctrica, con la renovación de la nueva plataforma ahora vendrá más detallado el consumo del usuario y un cobro más eficiente.

Esto se hizo con el objetivo para que el usuario tenga un reflejo de su consumo de energía eléctrica, con esta renovación de la plataforma ahora tendrán más detallada su factura. Pero como la empresa de energía eléctrica no contaba con una plataforma eficiente para la facturación del consumo energético de sus usuarios, esto generó un malestar entre la población ya que consideraban que el consumo reflejado en la factura de energía eléctrica, no era el correcto generando así el descontento de la población hondureña.

El Heraldó (2019) afirma:

Es importante tener en cuenta que la empresa ENEE utilizaba la plataforma IBM-390 para el manejo de la facturación de sus usuarios, “Llevamos más de 20 años usando la plataforma de IBM-390, pero no era la clase de plataforma que merecía el pueblo de Honduras. Hemos tenido grandes reclamos de nuestros usuarios por aplicaciones que era lesivas para sus bolsillos y esta nueva plataforma nos va a garantizar una alerta cuando venga un dato que afecte de forma abrupta a un ciudadano” (Jesús Mejía “Gerente General de la ENEE).

Según El Heraldó (2019) afirma que “el nuevo sistema digital se conoce como InCMS, destacando entre sus funciones la medición y el consumo eléctrico de los 1,964,000 abonado de la estatal eléctrica, y sustituye al IBM-390”.

Afirma El Heraldó (2019) que “el proyecto está valorado en 14 millones de dólares y promete mejorar la calidad de respuesta que las instituciones eléctricas brindan a los usuarios, asimismo, facilitar el proceso de operaciones para los empleados de ambos entes”.

#### 4.4.1 Tarifas de energía eléctrica en Honduras

Las tarifas en Honduras siempre han sido objeto de reclamo y malestar del país, y es que ha sido tantos los conflictos con las tarifas que los usuarios ya no están conformes de ningún movimiento creado por las empresas de energía eléctrica conjunto a la CREE.

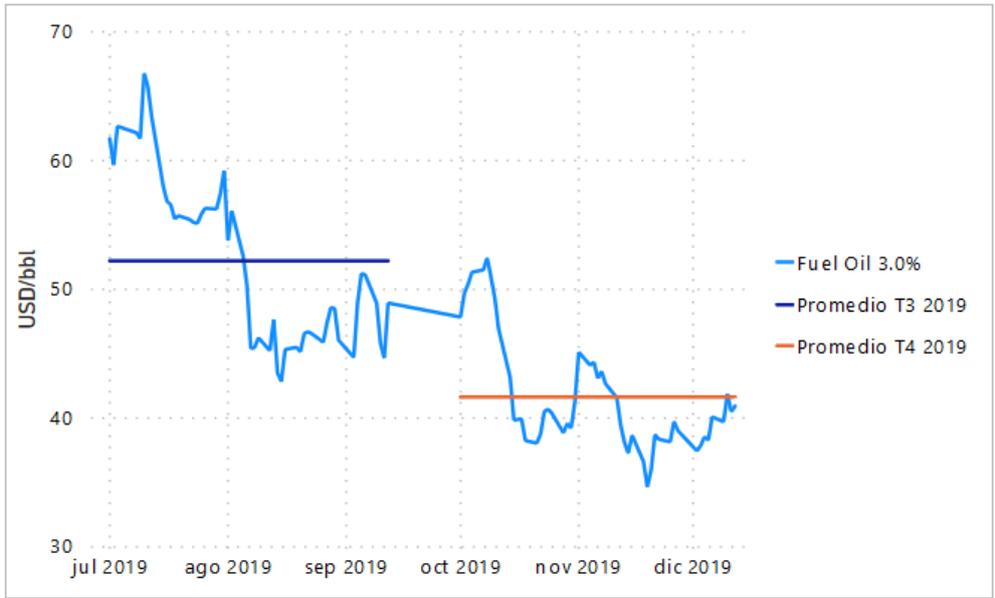
La CREE (2020) afirma:

La CREE ha llevado a cabo los análisis con el fin de determinar el ajuste que debe aplicarse a las tarifas provisionales que aplica la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) a sus clientes a partir de la facturación que se haga a partir del mes enero 2020. Los costos que se han considerado se asocian a los costos relacionados únicamente a la generación de electricidad.

**Tabla 4.4.2 Relación de los precios de los combustibles que se utilizan para la generación de energía eléctrica.**

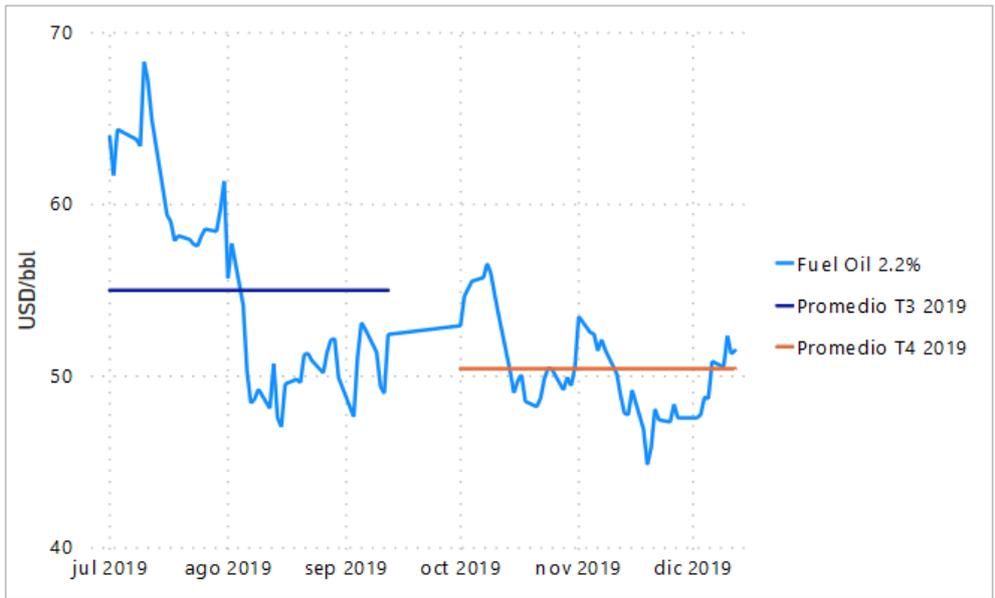
<b>Unidad</b>	<b>Precio anterior</b>	<b>Precio nuevo</b>	<b>Variación porcentual</b>
Búnker 3.0 azufre (HFO 3.0%)	52.21 USD/bbl	41.63 USD/bbl	20.26%
Búnker 2.2 azufre (HFO 2.2%)	55.00 USD/bbl	50.44 USD/bbl	-8.29%
Diésel	184.04 USc/gal	185.98 USc/gal	1.05%

Fuente: Elaboración propia.



Precio Promedio	
T4 2019	<b>41,63</b> USD/bbl
T3 2019	<b>52,21</b> USD/bbl

Gráfico 4.4.1 Evolución del precio del combustible tipo HFO 3.0%  
Fuente: ENEE.



Precio Promedio	
T4 2019	<b>50,44</b> USD/bbl
T3 2019	<b>55,00</b> USD/bbl

Gráfico 4.4.2 Evolución del precio del combustible tipo HFO 2.2%  
Fuente: ENEE.

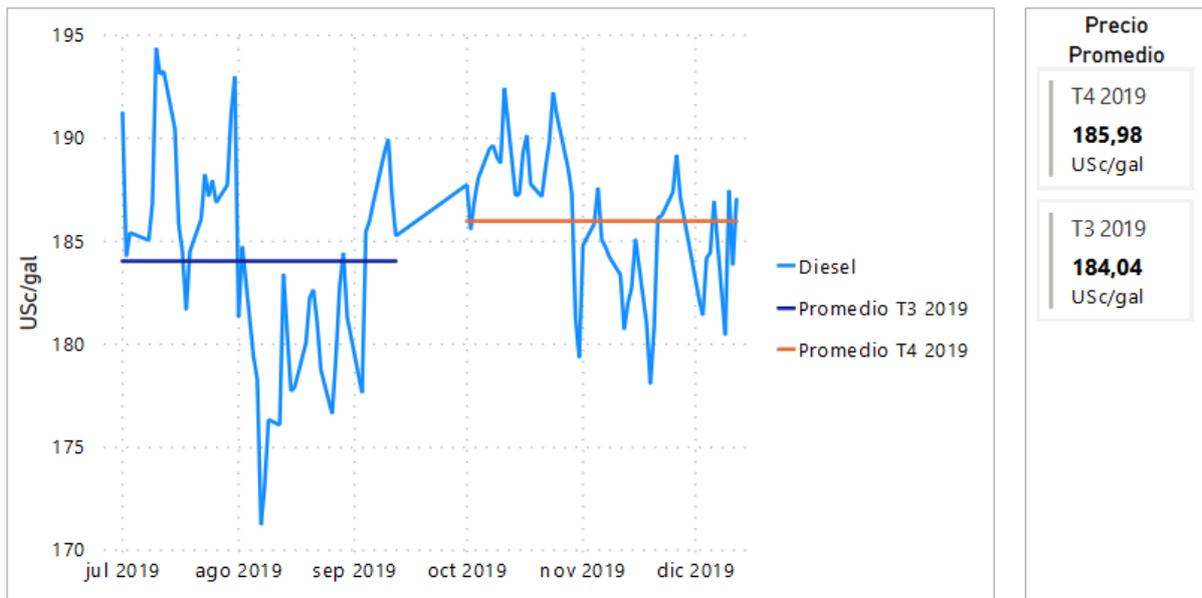


Gráfico 4.4.3 Evolución del precio del combustible tipo Diésel.  
Fuente: ENEE.

Como se observa en el gráfico del búnker 3.0 tipo HFO 3.0%, en el del búnker 2.2 tipo HFO 2.2% y el de diésel, se obtuvo una baja considerable en el cuarto trimestre en comparación al tercer trimestre, pero el precio del dólar ha evitado que se refleje con mayor claridad el cambio ya que ha ido en aumento como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

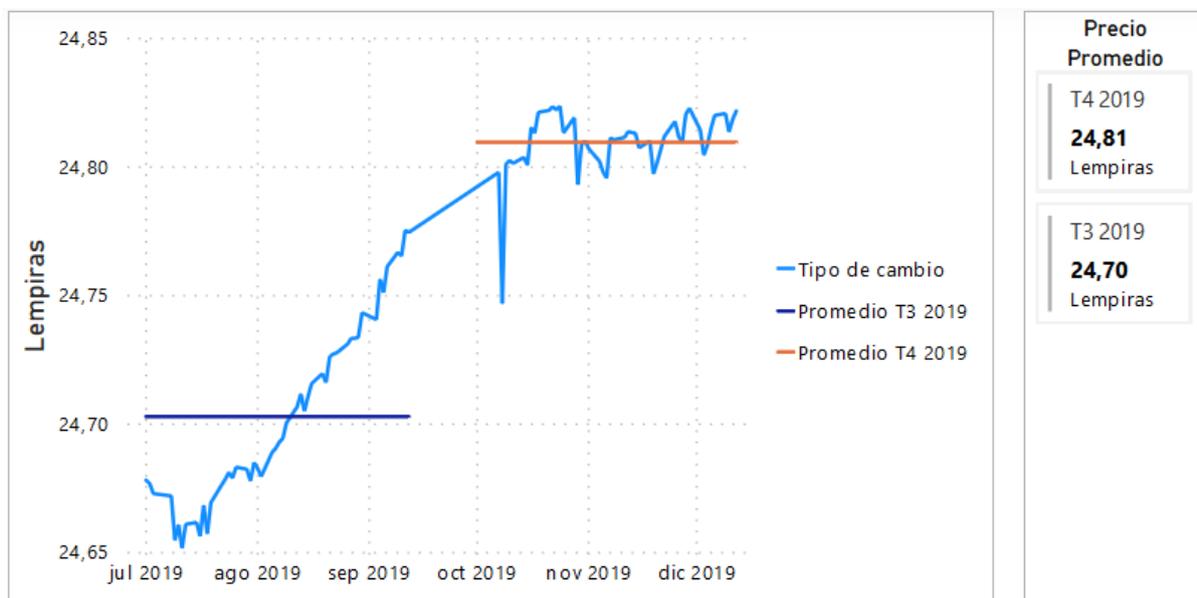


Gráfico 4.4.4 Evolución del tipo de cambio del Lempira con respecto al Dólar de los EE.UU.  
Fuente: ENEE, BCH.

Este elemento conlleva que la aportación de dicha central será menor durante 2020 que la alcanzada en 2019, por lo que tal reducción resultará en un mayor déficit para el 2020 y costos adicionales de generación termoeléctrica para compensar tal reducción. Tanto el mayor déficit como la necesidad de generación adicional térmica tiene un impacto en el aumento de los costos de generación y, por lo tanto, en el valor de las tarifas. (CREE, 2020).

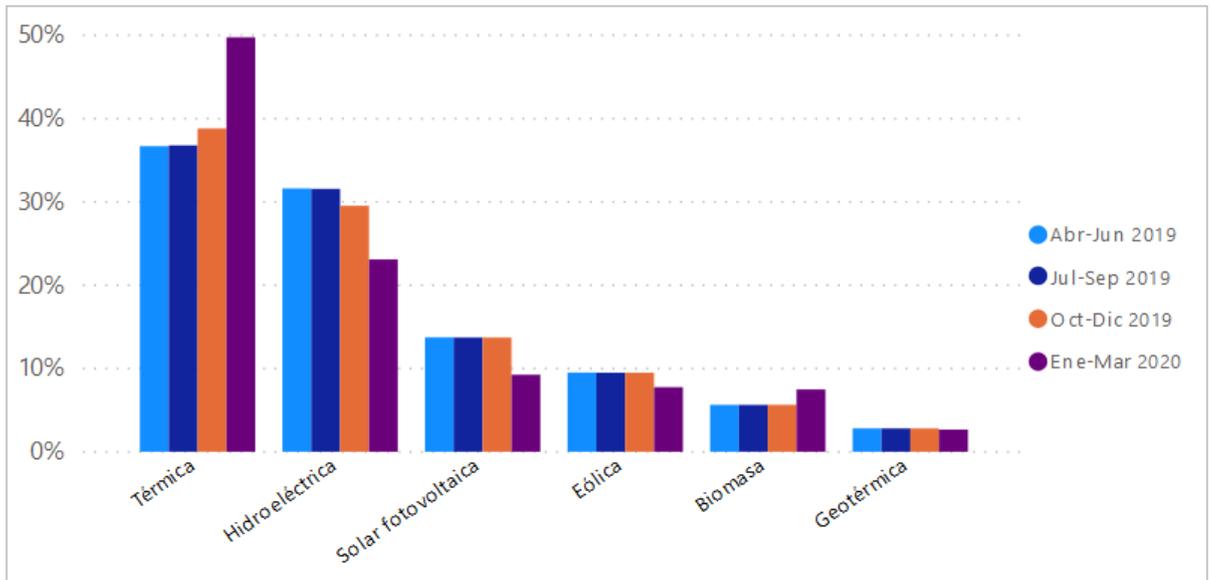


Gráfico 4.4.5 Porcentaje de energía estimada por el modelo de optimización (SDPP).  
Fuente: ENEE/ODS.

El resultado de esta variación de variables o factores da como resultado un aumento global del precio de la tarifa, la cual pasa de 4.6939 L/kWh que fuera aplicada en el trimestre anterior a un valor de 4.8308 L/kWh estimado para el siguiente trimestre, lo que en términos porcentuales significa un aumento global del 2.92%. Este aumento global se distribuye de manera diversa en cada uno de los diferentes segmentos tarifarios que aplica la ENEE a sus clientes. (CREE, 2020).

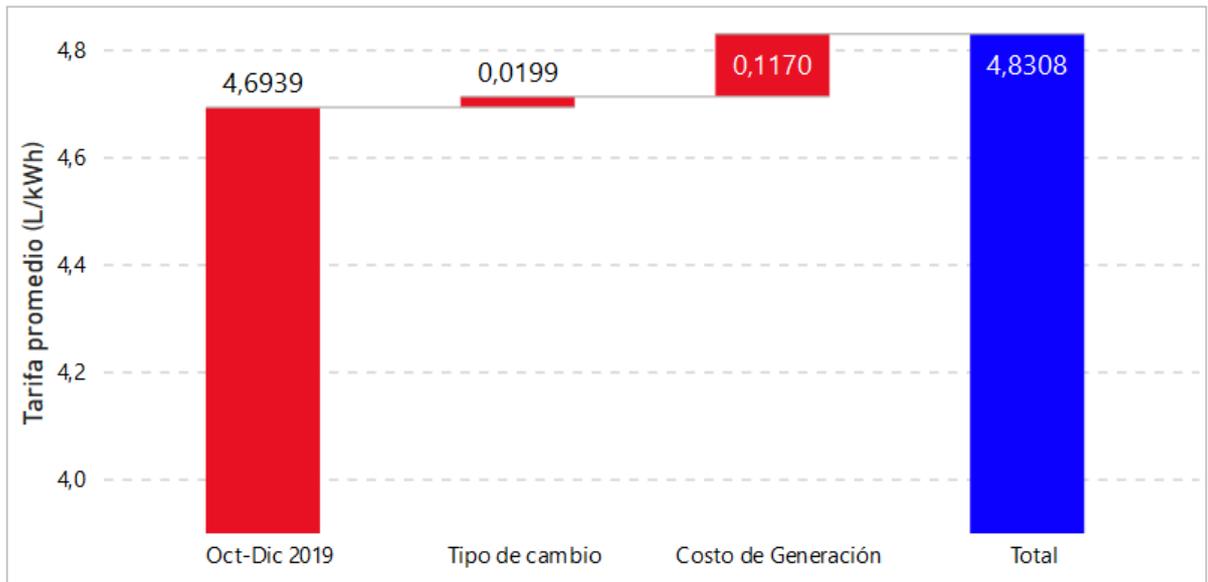


Gráfico 4.4.6 Contribución de cada variable en el cálculo de la tarifa promedio.  
Fuente: Unidad de tarifas – CREE.

CREE (2020) afirma:

La tarifa se divide en cuatro componentes: generación, transmisión, distribución y comercialización, cada uno de ellos representa un costo a cubrir y su suma representa la tarifa. La siguiente figura muestra para cada ajuste la participación de cada componente en la tarifa promedio. Se observa que para este ajuste la componente de generación con 67.92% representa el mayor costo a cubrir en la tarifa promedio, seguida de distribución con 20.42%, luego transmisión con 7.02% y por último comercialización con 4.63%.

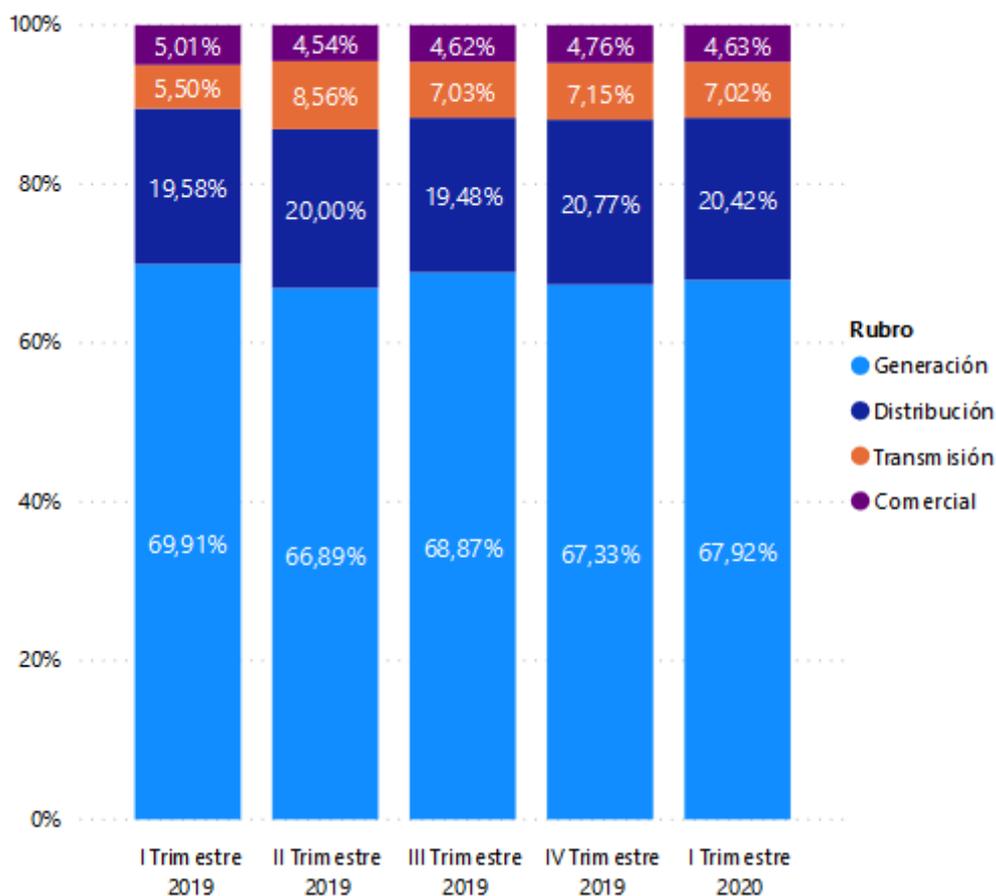


Gráfico 4.4.7 Componentes de costos de la tarifa promedio.  
Fuente: Unidad de tarifas – CREE.

CREE (2020) afirma:

La CREE en uso de sus facultades y de conformidad con lo establecido en el Artículo 3, literal F, romano V, literal I y Artículos 8, 18, 21 y 22 de la Ley General de la Industria Eléctrica, y el Artículo 4 del Reglamento Interno del Directorio de Comisionados de la CREE, por unanimidad de votos de sus Comisionados acuerda aprobar el ajuste a la estructura tarifaria que debe aplicar la ENEE para la facturación a partir del mes de enero de 2020, de conformidad con la siguiente tabla:

**Tabla 4.4.3 Estructura tarifaria que debe aplicar la ENEE para la facturación a partir del mes de enero de 2020.**

SERVICIO	Cargo Fijo	Precio de la Potencia	Precio de la Energia
	L/abonado-m	L/kW-mes	L/kWh
<b>Servicio Residencial</b>			
Consumo de 0 a 50 kWh/mes	54.57		4.0088
Consumo mayor de 50 kWh/mes	54.57		5.2164
Primeros 50 kWh/mes			
Siguientes kWh/mes			
<b>Servicio General en Baja Tensión</b>	54.57		5.1945
<b>Servicio en Media Tensión</b>	2,280.00	297.2365	3.3617
<b>Servicio en Alta Tensión</b>	5,700.00	252.4619	3.1463

SERVICIO	Cargo Fijo	Precio de la Potencia
	L/Lámpara-m	L/kW-mes
<b>Alumbrado Público</b>	58.68	4.1317

Fuente: <https://cree.gob.hn>.

(La Gaceta, 2016) afirma:

**Artículo 2.** A los efectos del presente reglamento, la tarifa para un usuario particular es un vector de precios que se aplica aun correspondiente vector de consumo. La medición deberá registrar separadamente las componentes del consumo. La ENEE calculará para cada categoría de usuarios un vector de precios con cinco componentes. (p.1)

**Tabla 4.4.4 Componentes de precio y componentes de consumo.**

<b>Componente de Precio</b>		<b>Componente de Consumo</b>
<b>Designación</b>	<b>Descripción</b>	
P1	Cargo fijo mensual	Un mes de disponibilidad del servicio para un usuario.
P2	Precio de la potencia	Demanda máxima de potencia registrada en el mes.
P3	Precio de la energía en horas de demanda de punta.	Energía consumida en horas de punta durante el mes.
P4	Precio de la energía en horas de demanda de intermedia.	Energía consumida en horas de demanda intermedia durante el mes.
P5	Precio de la energía en horas de demanda baja o de “valle”.	Energía consumida en horas de valle durante el mes.

La tabla siguiente muestra los componentes de precio y los correspondientes componentes de consumo.

Fuente: <https://www.cree.gob.hn>

**Tabla 4.4.5 Bloques de horarios, acreditados por la CREE.**

Clase de Día	Período de Punta		Período Intermedio		Período de Valle	
	Total, Horas	Horario	Total, Horas	Horario	Total, Horas	Horario
<b>Laborable</b>	10	9 a 16 18 a 21	9	5 a 9 16 a 18 21 a 24	5	0 a 5
<b>Sábado</b>	2	11 a 12 19 a 20	16	6 a 11 12 a 19 20 a 24	6	0 a 6
<b>Domingo o feriado</b>	0		8	11 a 13 17 a 23	16	0 a 11 13 a 17 23 a 24

**Artículo 3.** Para los propósitos del cálculo de tarifas, la CREE define los bloques horarios.

Fuente: <https://www.cree.gob.hn>

La Gaceta (2016) afirma:” Por coherencia con la designación de los precios de energía, en lo que sigue, los bloques horarios se designarán también con los subíndices 3, 4 y 5: el bloque de punta se designará con el subíndice 3, el bloque intermedio se designará con el subíndice 4 y el bloque de valle se designará con el subíndice 5” (p.2).

La Gaceta (2016)

**Artículo 4.** Una vez determinadas las cinco componentes de precio para cada categoría de usuarios, la ENEE calculará, para el caso de los pequeños consumos servidos en baja tensión, particularmente los pequeños consumos residenciales, unas tarifas más simples. Para esos pequeños consumos, las tarifas consistirán en el cargo fijo y un solo precio de energía. Este último será calculado como un precio monómico que comprende el precio de la potencia y los tres precios de la energía por bloque horario, usando la expresión siguiente:

$$pe_c = \frac{p_2}{730 * FCP_c} + \sum_{b=3}^5 p_{bc} * r_{bc}$$

$pe_c$  = Es el precio único que se aplicará a la energía consumida por usuarios de la categoría c.

$p_2$  = Es el precio de la potencia.

$FCP_c$  = Es el factor de carga promedio del usuario individual de la categoría c.

730 = El número de horas promedio en un mes.

$p_{bc}$  = Con b igual a 3, 4, y 5, es el precio de la energía en el bloque horario b para los usuarios de la categoría c.

$r_{bc}$  = Es la proporción en que los usuarios de la categoría c consumen energía en el bloque horario b, con  $\sum_3^5 = 1$ .

**Tabla 4.4.6 Categoría de la demanda de los usuarios.**

Categorías
a. Residencial.
b. Servicio General en Baja Tensión (comercios, oficinas, talleres, conectados en baja tensión).

c. Alumbrado Público.
d. Servicio de Media Tensión.
e. Servicio de Alta Tensión.

**Artículo 5.** Para el cálculo de las tarifas, la ENEE partirá de las demandas de los usuarios, los que serán agrupados en cinco conjuntos o categorías.

Fuente: <https://portalunico.iaip.gob.hn>

Para calcular una tarifa que, además del cargo fijo o cargo comercial, comprenda únicamente un precio de energía calculado a partir de un precio de potencia y tres precios de energía diferenciados por bloque horario, es necesario apoyarse en el conocimiento de la curva de demanda típica de la categoría de usuarios de que se trate, así como en el factor de coincidencia de las demandas máximas de los clientes de esa categoría. (La Gaceta, 2016, p.16)

El Factor de Carga de la categoría de usuarios  $c$  en un período se define como:

$$FC_c = \frac{W_c}{H * D_{máx\ c}} = \frac{\sum_i W_i}{H * D_{máx\ c}}$$

Donde:

$W_c$  = Es la energía total consumida por el conjunto de los usuarios de la categoría  $c$  en el período.

$W_i$  = Es la energía consumida por el usuario  $i$ , miembro de la categoría  $c$ , en el período.

$D_{máx\ c}$  = Es la demanda máxima del conjunto de la categoría  $c$  en el período.

$H$  = A duración en horas del período.

En lo que respecta a los consumidores individuales, cada uno tiene su propia curva de demanda y su propio factor de carga individual dado por la expresión:

$$FC_i = \frac{W_i}{H * d_{m\acute{a}x i}}$$

Donde:

$d_{m\acute{a}x i}$  = Es la demanda máxima del usuario i, miembro de la categoría c

Por otra parte, el factor de coincidencia de los usuarios de la clase c se define como:

$$fc_c = \frac{D_{m\acute{a}x c}}{\sum_i d_{m\acute{a}x i}}$$

Despejando  $D_{m\acute{a}x c}$  de esta expresión y sustituyéndola en la expresión del factor de carga de la categoría se obtiene:

$$FC_C = \frac{\sum_i FC_i * d_{m\acute{a}x i}}{fc_c * \sum_i d_{m\acute{a}x i}}$$

Luego:

$$fc_c * FC_C = \frac{\sum_i FC_i * d_{m\acute{a}x i}}{\sum_i d_{m\acute{a}x i}}$$

La expresión del lado derecho es el promedio de los factores de carga  $FC_i$  de los usuarios individuales, ponderado por las demandas máximas individuales. A ese valor se le designa como “Factor de Carga Promedio”,  $FCP_C$ , del usuario individual de la clase c.

El factor de coincidencia, el Factor de Carga de la clase y el Factor de Carga Promedio del usuario individual, están entonces ligados por la relación:

$$f_{c_c} * FC_C = FCP_C$$

Esta expresión permite calcular el factor de carga promedio del usuario individual de la categoría a partir de los otros dos parámetros. El FCP se puede también expresar en función de las  $W_i$  aprovechando la igualdad:

$$FC_i = \frac{W_i}{H * d_{máx\ i}}$$

O sea:

$$\frac{1}{FCP_C} = \frac{\sum_i \frac{1}{FC_i} W_i}{\sum_i W_i}$$

Es decir que el inverso del  $FCP$  es el promedio de los inversos de los factores de carga individuales, ponderados por las energías  $W_i$ . Este resultado se usará más adelante.

Las curvas de demanda agregada típicas de cada categoría de usuarios se presentarán en la forma de 24 potencias horarias para cada uno de tres tipos de día: laborable, sábado, y domingo o feriado. Las potencias horarias se representarán en “por unidad” (p. u.) de la respectiva demanda máxima. Con base en esas curvas se calculará la proporción en que cada categoría de usuarios consume energía en horas de punta, en horas del período intermedio, y en horas de valle. Para ese cálculo, se adoptará los siguientes números de días de cada tipo en un año ordinario: 52 sábados, 62 domingos y feriados, y 251 días laborables. (La Gaceta, 2016, p.17)



Figura 4.4.1 Tarifas que entraron en vigencia en enero 2020.

Fuente: <https://www.eeh.hn>

Tabla 4.4.7 Cuadro comparativo de las tarifas desde enero 2017 a enero 2020.

	Enero 2017	Enero 2018	Enero 2019	Enero 2020	
<b>Residencial</b> Menor a 50kWh Mayor a 50kWh	L 1.4911	L 1.6430	L 3.6430	L 4.0088	<b>168.8% incremento</b> <b>41.6% incremento</b>
	L 3.6848	L 4.0051	L 4.7404	L 5.2164	
<b>Baja Tensión</b> Comercial	L 4.0315	L 4.3140	L 4.7373	L 5.1945	<b>28.8% incremento</b>
<b>Media Tensión</b> Energía Potencia	L 2.4603	L 2.7133	L 3.0883	L 3.3617	<b>36.6% incremento</b> <b>18.5% incremento</b>
	L 250.7668	L 252.4918	L 262.8404	L 297.2365	
<b>Alta Tensión</b> Energía Potencia	L 2.2961	L 2.5472	L 2.8755	L 3.1463	<b>37.0% incremento</b> <b>19.9% incremento</b>
	L 210.5603	L 206.8487	L 219.9137	L 252.4619	

Fuente: <https://www.eeh.hn>

Con esta tabla se puede observar que año con año desde el 2017 ha venido un aumento en lo que es las tarifas de energía eléctrica, generando con ello el malestar en los pobladores ya que sienten que los aumentos son considerados e influyen directamente en su situación financiera.

## 4.5 TIPOS DE CONTADORES EN EL MUNDO

“El medidor de kilowatts-hora es un instrumento para medir la energía suministrada al usuario residencial o comercial de electricidad. El medidor está conectado, por lo general, directamente a las líneas distribuidoras en un punto justo antes de entrar al tablero de distribución de potencia del sitio de uso”(Boylestad, 2004, p. 122)

El sistema eléctrico necesita de una serie de aparatos de medida y control que indiquen la energía consumida en kWh y la potencia demandada en kW. Los elementos que integran un equipo de medida para que funcione a la perfección son los transformadores de medida, los contadores, los registradores y los sistemas de comunicación. (J. Cervantes & Dolores, 1995).

Sernández, (2014) afirma: “En esta investigación nos centraremos más en los contadores de energía eléctrica, pues estos aparatos son los que contabilizan la energía en las líneas y redes de corriente alterna, tanto monofásicas como trifásicas”.

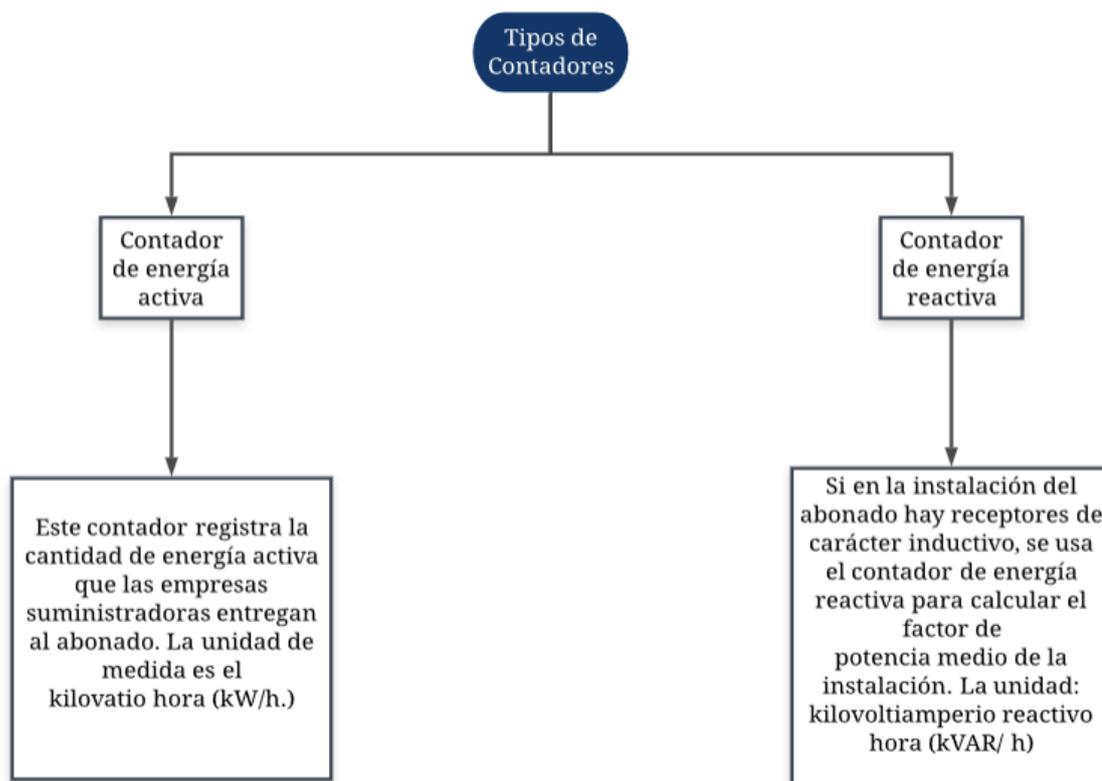


Figura 4.5.1 Tipos de contadores.  
Fuente: <http://bibing.us.es>

Los contadores utilizados para registrar el consumo de energía eléctrica tienen que cumplir condiciones muy estrictas en cuanto a la construcción, precisión, elevada estabilidad mecánica, facilidad de ajuste y rapidez de montaje, reguladas por el reglamento de verificaciones eléctricas. (Cheley, 2013).

Al aplicarse los complementos de discriminación horaria es necesario utilizar contadores con integradores múltiples, y de ser necesario dependiendo de las potencias instaladas se tendría que utilizar transformadores de intensidad.

Hoy en día, se está empezando a utilizar contadores múltiples, o inteligentes que realizan todas las funciones que se describen, las medidas de potencia activa y reactiva, el valor máximo y lleva incluido un reloj programador que es capaz de almacenar los datos de las lecturas.

### 4.5.1 Contadores de energía activa

Blasco (2001) afirma: “Son los aparatos encargados de medir el consumo de energía eléctrica que se expresa en kWh. Dependiendo del suministro, habrá contadores monofásicos o trifásicos, así como contadores para discriminación horaria (doble o triple tarifa)”.

Cumplirá una serie de requerimientos:

- El sistema de medida empleado será de cuatro hilos.
- El registro de energía activa será realizado en todos los sentidos en que sea posible la circulación de energía, siendo opcional el emplear para ello uno o más aparatos, según convenga.

#### 4.5.1.1 Contador monofásico

Está basado en el principio de funcionamiento de Ferrari. Los elementos fundamentales de que consta todo contador son:

- Circuito magnético de tensión, o bobina voltimétrica.
- Circuito magnético de intensidad, o bobina amperimétrica
- Disco giratorio de aluminio.
- Dispositivo de frenado o imán permanente.
- Dispositivo contador numérico, integrador o totalizado.

Blasco (2001) afirma: “La bobina voltimétrica se conecta en paralelo con el circuito, produciendo un campo magnético proporcional a la tensión y la bobina amperimétrica en serie con el circuito a medir, produciéndose otro campo proporcional a la intensidad”.

Los dos campos magnéticos que generan las bobinas atraviesan el disco de aluminio, creando un par de fuerzas que hace girar el disco en un sentido determinado.

#### 4.5.1.2 Contador trifásico

Se puede considerar compuesto por tres sistemas monofásicos, es decir, con tres bobinas voltimétricas y tres bobinas amperimétricas conectadas en estrella.

#### 4.5.1.3 Contador de doble y triple tarifa

Son contadores monofásico o trifásico con dos o tres totalizadores numéricos respectivamente a una altura diferente, que nos ayuda para medir dos o tres consumos. Dentro del contador hay un mecanismo electromagnético que trabaja mediante un reloj, que conecta o desconecta los integradores según la hora programada en el reloj.

En el de doble tarifa una de ellas indica reposo y la otra excitación, llano y punta respectivamente, y en las de triple tarifa se diferencia llano, valle y punta. A la hora de contar el consumo total, se tendrá en cuenta lo que indiquen cada uno de los totalizadores y multiplicarlo por el coste por kWh de cada una de las franjas horarias. (Blasco, 2001).

### 4.5.2 Contactores de energía reactiva

Son los aparatos encargados de medir la energía reactiva de una instalación. Pueden ser monofásicos o trifásicos.

La manera de funcionar principalmente y los elementos que lo componen son similares a los del contador de activa, aunque la bobina amperimétrica y la voltimétrica están desfasadas varios grados dependientes del esquema de conexión, para poder medir la componente vertical de la energía aparente. (Cheley, 2013)

Hay varios sistemas para conseguirlo, pero el más usual es colocar una resistencia pura sobre las bobinas de tensión y de intensidad. Cumplirá una serie de requerimientos mínimos:

- El sistema de medida empleado será de cuatro hilos.
- El registro de energía reactiva será realizado en todos los cuadrantes en los que sea posible la circulación de energía, siendo opcional el emplear para ello uno o más aparatos, según convenga.

### 4.5.3 Maxímetro

El maxímetro es un tipo de equipo de medida que se puede encontrar en algunas instalaciones eléctricas como una ayuda para poder visualizar y controlar su consumo, es una herramienta con el fin de registrar toda la potencia utilizada para abastecer dicha instalación, este trabaja en periodos de 15 minutos y es necesario para el control por si algún motivo la instalación supera la potencia que se ha contratado.



Figura 4.5.2 Imagen de un maxímetro.  
Fuente: <https://www.unielectrica.com>

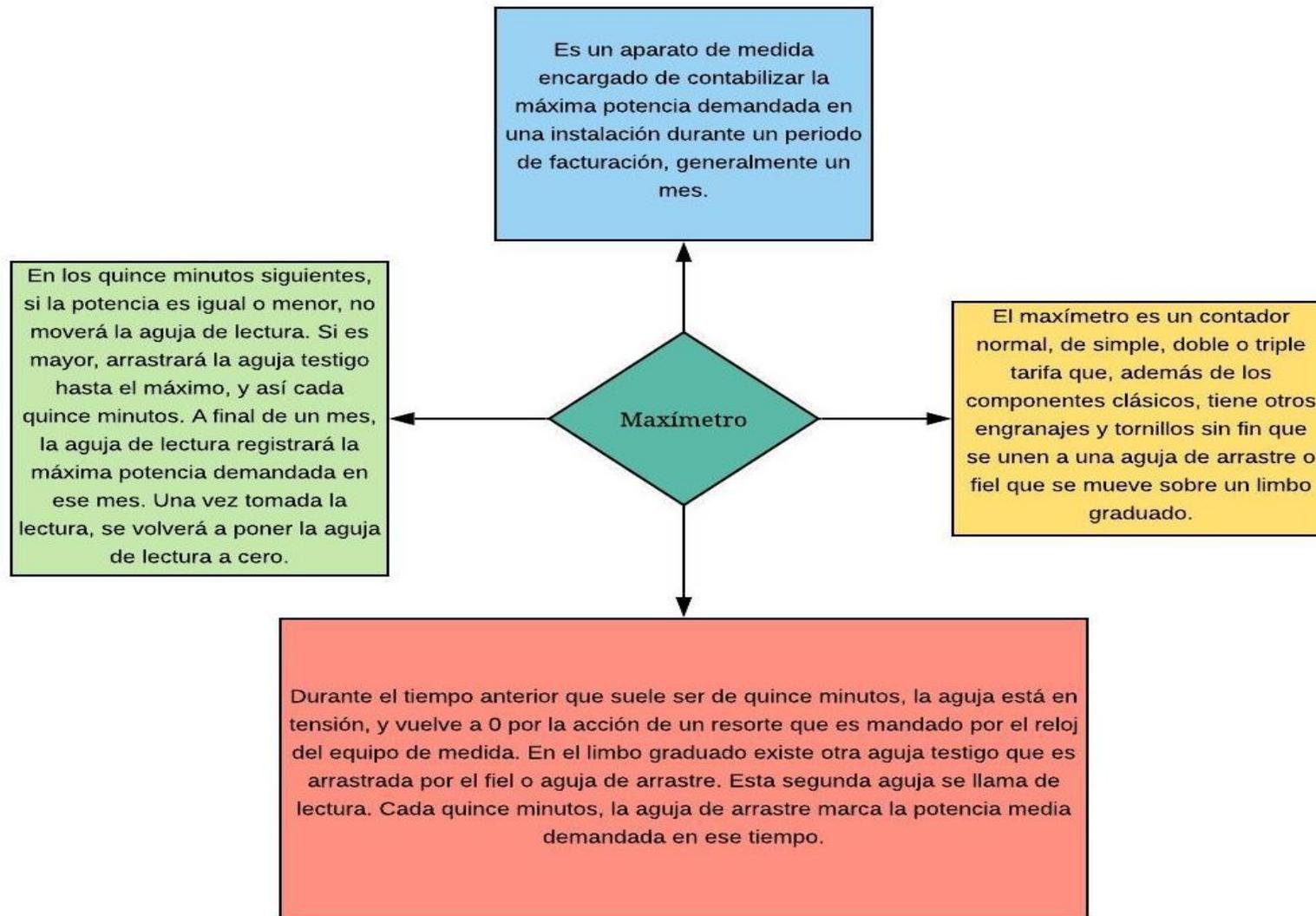


Figura 4.5.3 Explicación del máximo metro.

Fuente: <http://bibing.us.es>.

## 4.6 RED DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Es importante conocer los elementos necesarios para realizar el procesamiento de datos, el sistema para medir los valores de corriente y voltaje, el módulo para realizar el servidor web y la base de datos.

En la figura 4.3 se muestra por medio de un diagrama de bloques el sistema que se plantea elaborar de manera general, el cual está compuesto por los sensores que nos permiten adquirir los datos de voltaje y corriente ingresados al sistema en donde serán procesados para realizar los cálculos necesarios obteniendo el consumo generado por los circuitos eléctricos residenciales.

Los datos del consumo eléctrico ingresan al sistema de comunicación los cuales serán guardados en una base de datos para que finalmente puedan ser monitoreados a través de un sitio web o un mensaje de texto.

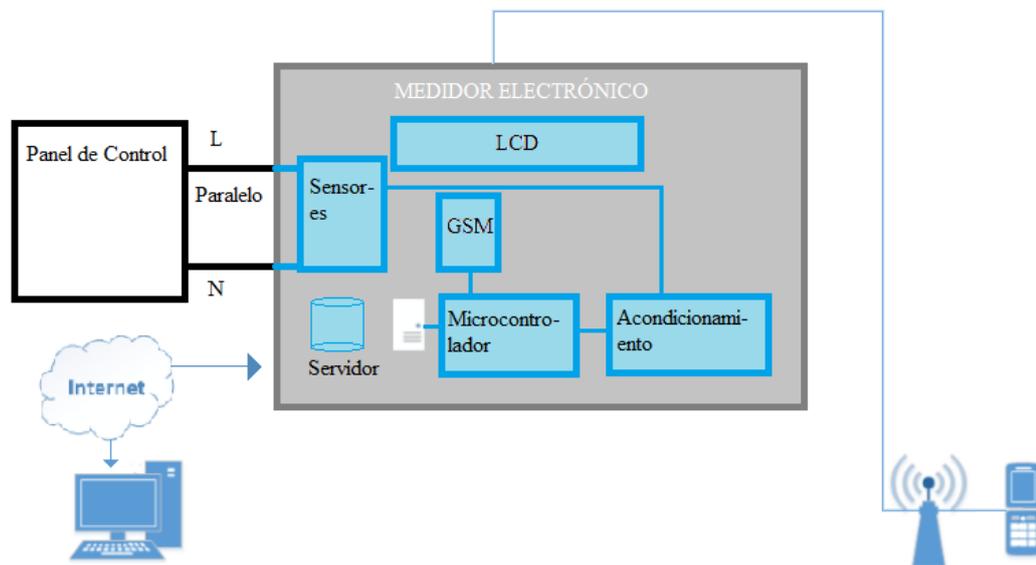


Figura 4.6.1 Diagrama general del sistema a desarrollar modelo premium.  
Fuente: Elaboración propia.

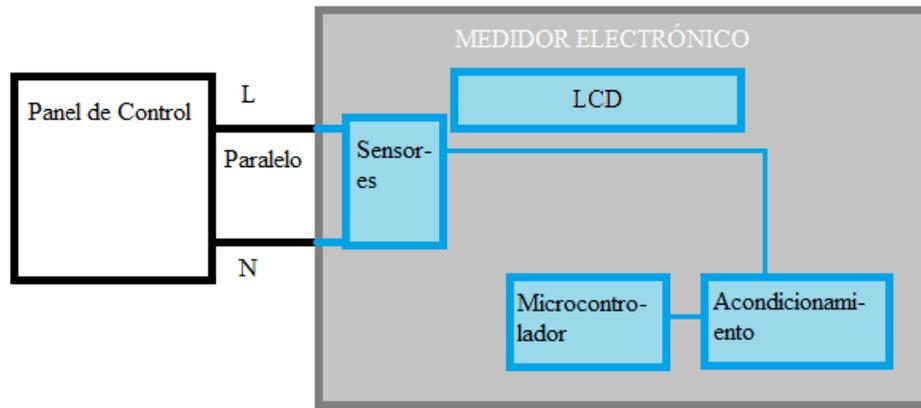


Figura 4.6.2 Diagrama general del sistema a desarrollar modelo estándar.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.1 Sistema de medición

Para calcular la potencia consumida por una vivienda, se plantea la medición del voltaje y la corriente que circula por el cable de la acometida como se muestra en la figura.

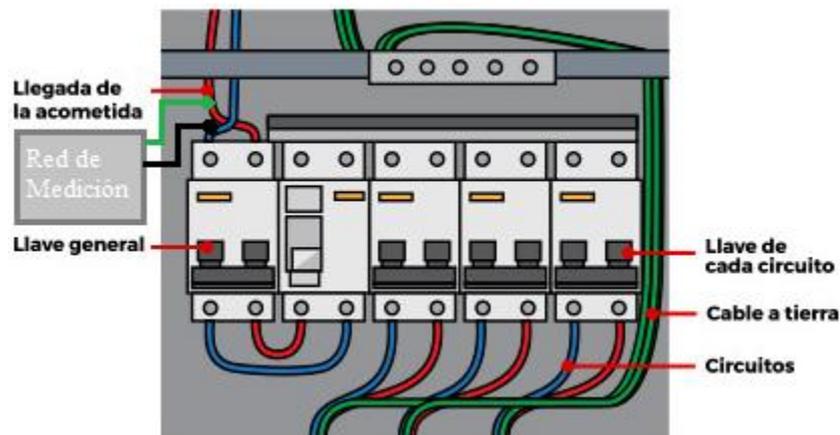


Figura 4.6.3 Instalación del sistema de medición electrónico.  
Fuente: Elaboración propia.

##### 4.6.1.1 Valor equivalente, eficaz o RMS

El valor equivalente de una corriente o voltaje senoidal es de 0.707 de su valor máximo. El valor equivalente se denomina valor efectivo de la cantidad senoidal.

Matemáticamente el valor eficaz corresponde a la raíz cuadrada del valor medio de la función cuadrática, o valor cuadrado medido. (Boylestad, 2004).

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2 d(t)} \text{ F\u00f3rmula para el Voltaje rms}$$

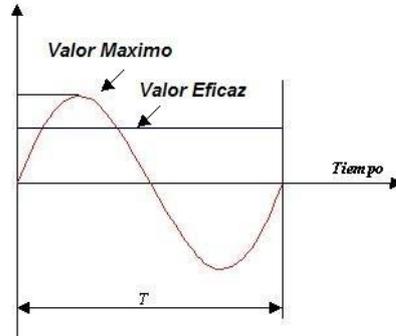


Figura 4.6.4 Valor eficaz de una se\u00f1al senoidal.  
Fuente: <https://sites.google.com>

#### 4.6.1.2 Sistema de medici\u00f3n de tensi\u00f3n

Los sistemas que se utilizan para verificar el suministro de energ\u00eda el\u00e9ctrica en redes el\u00e9ctricas de cualquier nivel de tensi\u00f3n son sensores de tensi\u00f3n, estos sistemas est\u00e1n conectados a instrumentos que sirven espec\u00edficamente para medir niveles de tensi\u00f3n en puntos espec\u00edficos y estrat\u00e9gicos de una red el\u00e9ctrica. (Arteche, 2020).

En la figura 4.6.5 se muestra el circuito de acoplamiento para poder medir el voltaje, el punto A es el que ingresa al microcontrolador y el punto B se lo debe referenciar a +2.5V para que, con esto, podamos hacer que la se\u00f1al que ingresa al microcontrolador tenga solamente valores positivos comprendidos entre 0 y 5Vdc.

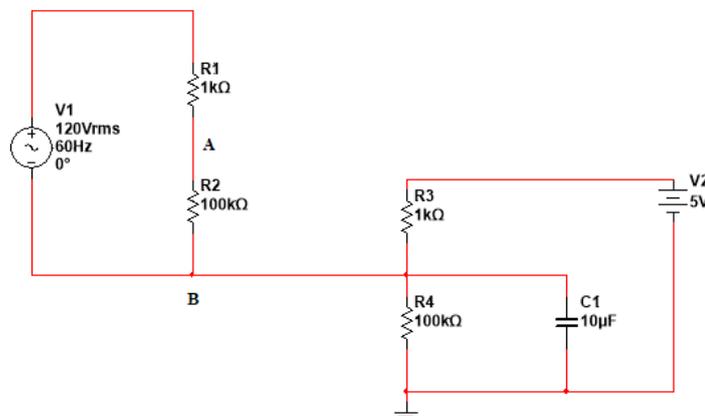


Figura 4.6.5 Esquema del sistema de medici\u00f3n de tensi\u00f3n.  
Fuente: Elaboraci\u00f3n propia.

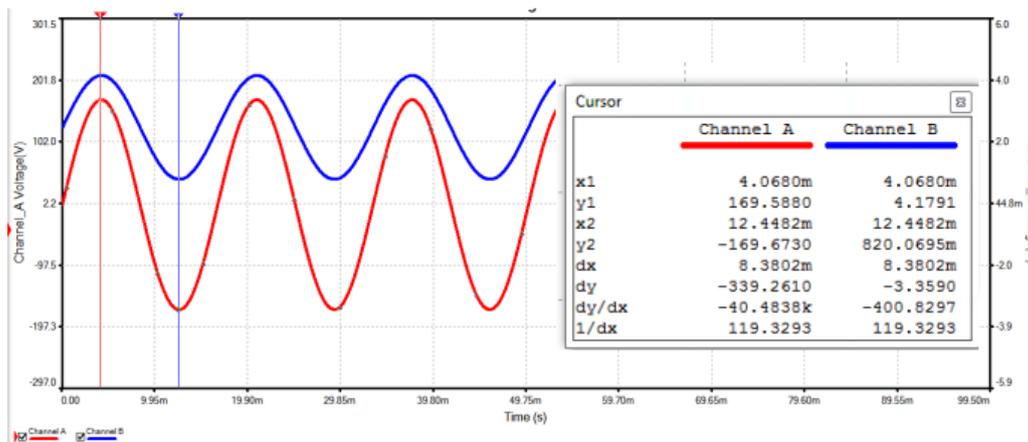


Figura 4.6.6 Señal de tensión original (Roja) y señal de tensión atenuada (azul).  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.1.3 Sistema de medición de corriente

(Contreras, 2015) menciona que los sensores de corriente son dispositivos capaces de medir corrientes ya sean alternas o continuas, produciendo a su salida una señal de tensión o corriente lineal proporcional a la corriente que circula por el mismo, siendo de gran utilidad al momento de medir consumos eléctricos en diferentes equipos o redes eléctricas.

Los sensores más comunes y más utilizados para la medición de corriente son los sensores de pinza amperométrica de efecto hall, ya que son sensores no invasivos, también existen sensores del tipo invasivos.

Arduino (2014) menciona que el sensor de efecto hall es un sensor capaz de medir la corriente que circula por un cable, se puede utilizar como una pinza amperométrica permitiendo efectuar la medida de intensidad eléctrica que circula por un cable. Una de las ventajas que poseen estos dispositivos es que no se necesita cortar el cable en el cual se va a medir la corriente, ya que el sensor puede abrirse y cerrarse con facilidad.



Figura 4.6.7 Sensor de corriente de efecto hall SCT013.  
Fuente: <http://www.diverteka.com>

En la figura 4.6.8 se muestra el esquema de acoplamiento para el sensor de corriente, el punto A es el nodo el cual va a ser la entrada al microcontrolador.

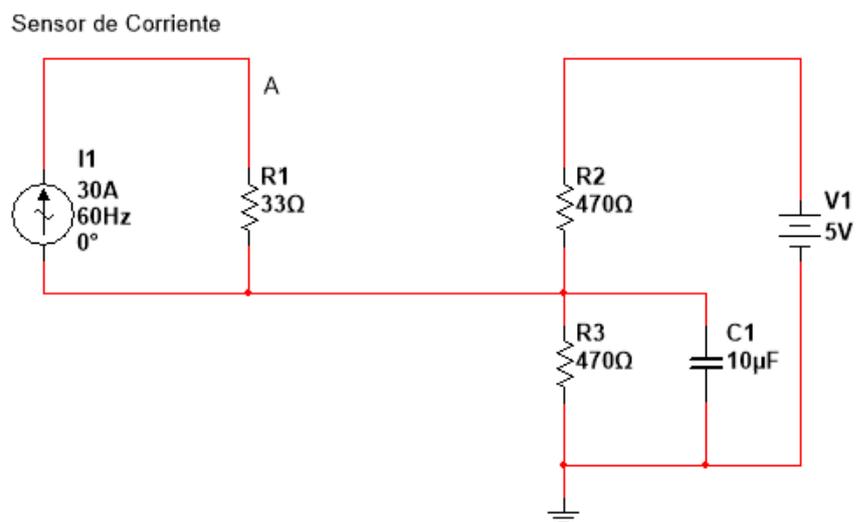


Figura 4.6.8 Esquema del sistema de medición de corriente.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.2 Módulo de procesamiento y cálculo

Este módulo se utiliza para leer los valores de los sensores de voltaje y corriente, además realiza los cálculos matemáticos de potencia y energía consumida por la vivienda. El valor de energía será transferido hacia un servidor de base de datos y a un módulo GSM para la comunicación a través de mensajes de texto.

Arduino (2020) afirma: “El módulo que se utiliza para realizar el procesamiento de datos es el ARDUINO MEGA 2560. Siendo una placa electrónica basada en el microcontrolador Atmega 2560”.

El Arduino es un sistema embebido y su programación se realiza en lenguaje C, está basado en un software y hardware libre, hoy en día es sumamente utilizado para varios proyectos por ser amigable en su programación manejando bastantes librerías que facilitan su utilización.



Figura 4.6.9 Arduino mega 2560.  
Fuente: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

Arduino (2020) afirma que el Arduino mega posee las siguientes características:

- Tensión de funcionamiento 5V.
- Microcontrolador Atmega2560.
- Voltaje de entrada 7-12V.
- 54 pines digitales E/S.
- Memoria EEPROM 4KB.
- Memoria flash 256KB, 8KB utilizado por el gestor de arranque.
- SRAM 8KB.
- Velocidad de reloj 16MHz.
- Longitud 101.52mm.
- Anchura 53.3mm.

- Peso 37g.

### 4.6.3 Servidor web y base de datos modelo premium

El servidor web y la base de datos serán montados sobre una plataforma Raspberry PI, la cual está basada en el sistema operativo Linux de uso libre. Esta plataforma básicamente es un ordenador que se conecta a un monitor y a un teclado. Tiene la capacidad de ser utilizada en proyectos de electrónica o para hacer varias tareas que realiza una PC de escritorio como: hojas de cálculo, procesamiento de textos, navegar por internet, y jugar. (Raspberry, 2020).



Figura 4.6.10 Raspberry PI 2.  
Fuente: [www.xatakahome.com](http://www.xatakahome.com)

Doutel (2015) afirma que la Raspberry posee las siguientes características:

- SoC: Broadcom BCM2836.
- CPU: ARM11 ARMv7 ARM Cortex-A7 4 núcleos @ 900 MHz.
- Overclocking: Sí, hasta `arm_freq=1000` `sdrn_freq=500` `core_freq=500` `over_voltage=2` de forma segura.
- GPU: Broadcom VideoCore IV 250 MHz. OpenGL ES 2.0.
- RAM: 1 GB LPDDR2 SDRAM 450 MHz.
- USB 2.0: 4.
- Salidas de vídeo: HDMI 1.4 @ 1920x1200 píxeles.
- Almacenamiento: microSD.
- Ethernet: Sí, 10/100 Mbps.

- Tamaño: 85,60x56,5mm.
- Peso: 45g.
- Consumo: 5v, 900mA, aunque depende de la carga de trabajo de los 4 cores.

La base de datos es básicamente un sistema computarizado para llevar registros. Es posible considerar a la propia base de datos como una especie de armario electrónico para archivar; es decir, es un depósito o contenedor de una colección de archivos de datos computarizados. Los usuarios del sistema pueden realizar una variedad de operaciones sobre dichos archivos. (Date, 2001, p.24). Los cuales pueden ser:

- Agregar nuevos archivos vacíos a la base de datos.
- Insertar datos dentro de los archivos nuevos.
- Recuperar datos de los archivos existentes.
- Eliminar datos en archivos existentes.
- Eliminar archivos existentes de la base de datos.

En la figura se muestra una imagen simplificada de un sistema de base de datos el cual comprende cuatro componentes principales: datos, hardware, software y usuario.

Un servidor web es un programa diseñado para permitir la interacción entre ordenadores, este trabaja a la espera de peticiones, en el instante que las percibe entonces responde a ellas transmitiendo documentos de tipo hipertexto. Con ese fin se implementa el protocolo HTTP. Existen cuatro sistemas operativos que pueden proporcionar el entorno ideal para desplegar un servidor web. (Villeda, 2015).

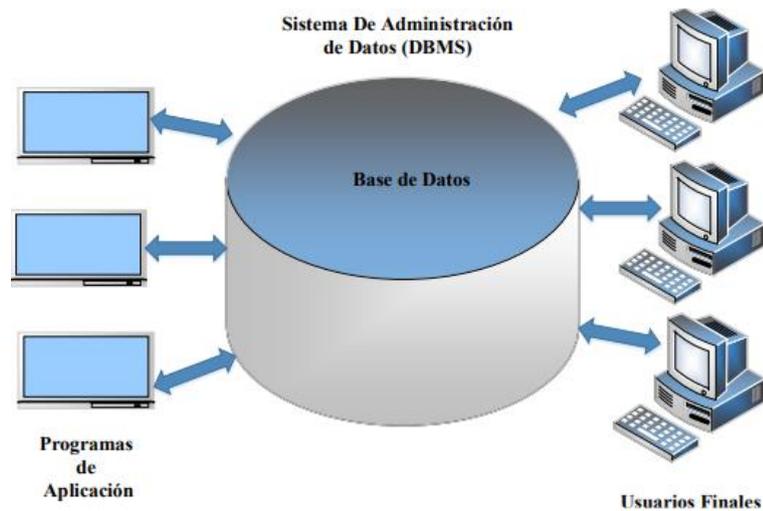


Figura 4.6.11 Imagen simplificada de un sistema de base de datos.  
Fuente: (Date, 2001).

Villeda (2015) afirma que los sistemas operativos ideales para realizar un servidor web son:

- Microsoft: La línea de servidores de Microsoft se conoce como Windows Server aportando un nivel de estabilidad. Windows Server está compuesta por múltiples versiones entre las que más destacan son Windows Server 2008 Re y Windows Server 2012.
- Linux: Es un sistema operativo más popular en el mercado de los servidores web y de los servidores en general, siendo capaz de proporcionar un entorno apropiado para un servidor. Existen varias distribuciones que surgen para convertirse en servidores, los dos casos principales son: Red Hat Enterprise y CentOS.

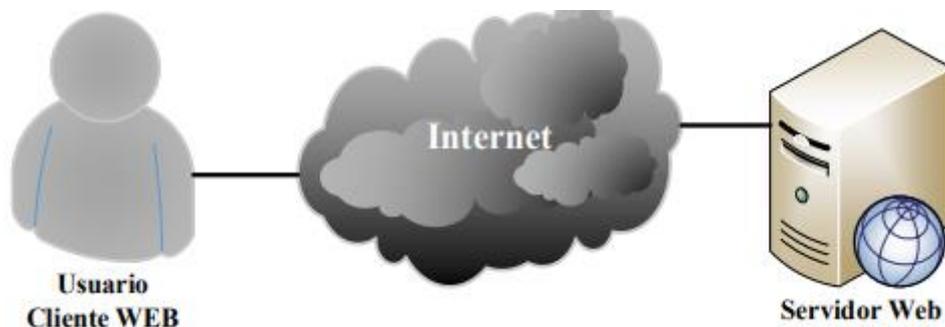


Figura 4.6.12 Servidor web y cliente web.  
Fuente: (Villeda, 2015).

- Solaris: Es un sistema operativo que desarrolla Sun Microsystem basado en System V. se trata de un sistema operativo UNIX, aunque funciona sobre la arquitectura x86.
- BSD: Es un sistema operativo derivado de UNIX, su desarrollo y mantenimiento está a cargo de la Universidad de California en Berkeley. BSD es el origen del sistema operativo como FreeBSD, SunOS, NetBSD e incluso de Mac Os X.
- Protocolo HTTP: Es un protocolo de comunicación de tipo solicitud respuesta incluido dentro del protocolo TCP/IP, que se utilizan en internet. Cada solicitud que realice el cliente tiene como resultado una respuesta del servidor, este protocolo solo distingue dos tipos de mensajes, solicitudes y respuestas, las solicitudes como respuestas pueden incluir diferentes cabeceras además del cuerpo del mensaje.

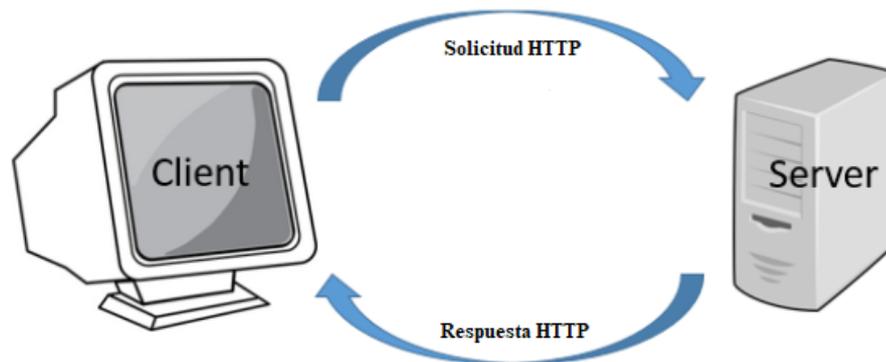


Figura 4.6.13 Funcionamiento simplificado del protocolo HTTP.  
Fuente: <https://www.trivinet.com>

#### 4.6.4 Comunicación modelo premium

Se ejecuta una comunicación serial entre el Arduino Mega 2560, el GSM/GPRS y el Raspberry PI 2, transmitiendo y receptando datos por sus puertos seriales que se conocen como puerto UART o puerto USART.



Figura 4.6.14 Esquema explicativo de la conexión serial entre el Raspberry PI 2, el Arduino Mega 2560 y el Módulo GSM/GPRS en el modelo premium.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.4.1 Comunicación serial

El puerto serial es una interfaz de comunicaciones de datos digitales en donde la información es transmitida bit a bit; enviando un solo bit a la vez, en la actualidad todas las computadoras y periféricos lo incorporan debido a que el estándar del puerto serial se mantiene desde hace varios años. (Berzal et al., 2001).

Utiliza la normativa RS-232-C de la Institución de Normalización Americana (EIA) que regula el protocolo de transmisión de datos, el cableado, las señales eléctricas y los conectores en los que se basa una conexión RS-232. Los pines por los que se transmiten los datos son el RXD y TXD. (Berzal et al., 2001).

En la figura 4.16 se puede observar la conexión del puerto serial. El conector que se utiliza consta de 9 pines con sus respectivos nombres y funciones:

- DCD: Detección de portadora. El receptor indica al emisor que está recibiendo una portadora.
- RXD: Recepción de datos.
- TXD: Transmisión de datos.
- DTR: Indica al DCE que el DTE está preparado para la comunicación.
- GND: Tierra de protección, generalmente conectado al chasis del equipo.
- DSR: Cuando está en 0 indica que el DCE está listo para transmitir.

- RTS: Señal enviada desde el emisor al receptor para indicar que tiene datos para enviar.
- CTS: Indica que el equipo con el que nos queremos comunicar está preparado.
- RI: Indica al DTE que está recibiendo una llamada por el canal de comunicaciones.

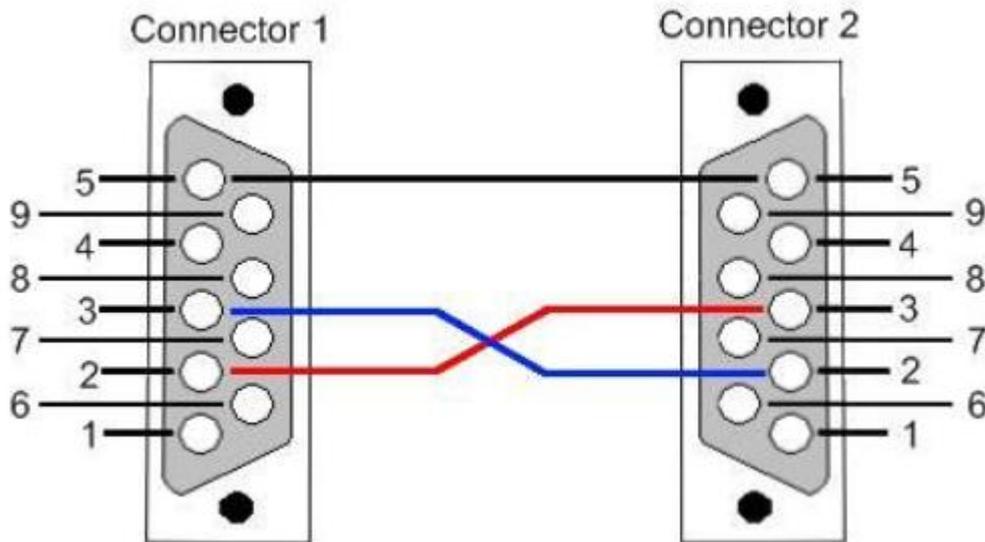


Figura 4.6.15 Conexión de puerto serial.  
Fuente: <https://txoriberri.wordpress.com>

#### 4.6.4.2 Reloj en tiempo real

El DS1307 es un reloj de tiempo real con bajo consumo de energía, posee reloj y calendario proporcionando segundos, minutos, horas, días, meses y año. Siendo estos datos ajustables automáticamente. Este integrado funciona como un dispositivo esclavo en el bus serie (I2C). (DS1307,2020).

El acceso a los datos de hora y fecha se obtiene mediante la aplicación de un bit de inicio que es enviado por el maestro que en nuestro caso es el Arduino Megas, seguido de la dirección de registro que se desea leer, se pueden realizar lecturas posteriores de forma secuencial hasta que el maestro ejecute un bit de parada con el cual finaliza la comunicación. (DS1307, 2020).

En la figura 4.6.1 se muestra el esquema de conexión del integrado DS1307 reloj de tiempo real.

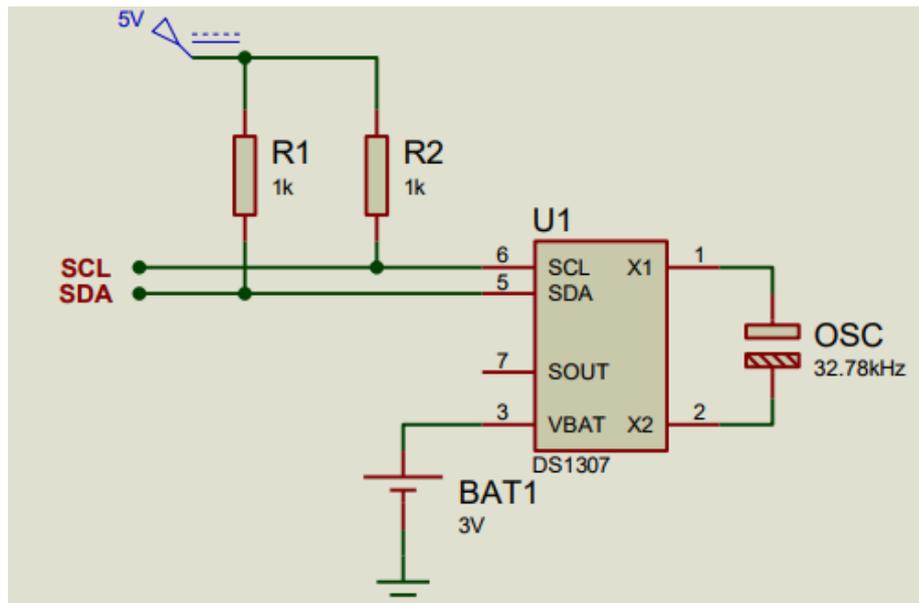


Figura 4.6.16 Esquema de conexión del integrado DS1307.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.4.3 Módulo GPRS/GSM V1.0 modelo premium

Bazaar (2019) afirma: “El módulo GPRS/GSM es una placa que proporciona una manera de utilizar la red telefónica del celular GSM para recibir y enviar datos desde una ubicación remota, los datos pueden ser”:

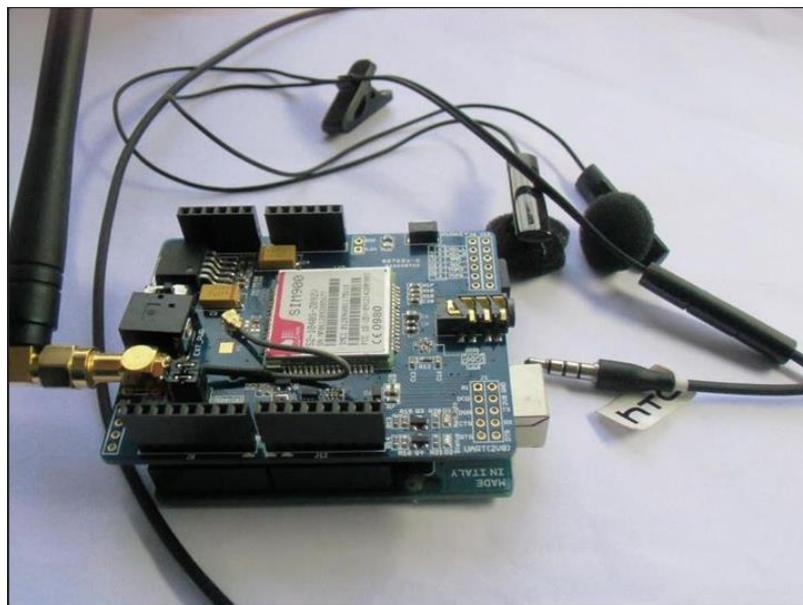
- Servicio de mensajes cortos (SMS)
- Audio (Llamadas)
- Servicio GPRS

Bazaar (2019) afirma: “El GSM/GPRS se configura y controla a través de UART usando simples comandos AT. Basado en el módulo SIM900 del SIMCOM. Además de las características de comunicación, el GSM/GPRS tiene 6 GPIO, 2PWM y un ADC”.

El módulo GPRS/GSM V1.0 tiene las siguientes características:

- Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz – funciona con redes GSM en todos los países del mundo.

- GPRS multi-slot class 10/8.
- GPRS estación móvil de clase B.
- Control a través de comandos AT – comandos estándar: GSM 07.07 y 07.05 | Comandos mejorados: Comandos AT SIMCOM.
- Servicio de mensajes cortos – para que pueda enviar y recibir pequeñas cantidades de datos a través de la red (ASCII o hexadecimal).
- TCP Embedded/pila UDP – le permite cargar datos a un servidor web.
- RTC compatible.
- Puerto serial seleccionable.
- 2 en 1 conector para auriculares.
- Bajo consumo de energía – 1.5mA (Sleep mode).
- Rango de temperatura industrial -40°C a 85°C.



*Figura 4.6.17* Módulo GPRS/GSM V1.0.  
Fuente: <https://www.elecrow.com>

## V METODOLOGÍA

En este capítulo se describirá a detalle la definición operacional de la investigación, es decir especificar la función de las variables de investigación, el enfoque y el método a utilizar, la población y la muestra; la unidad de respuesta y análisis, técnicas e instrumentos aplicados, fuentes de información y la cronología del trabajo elaborado.

### 5.1 DEFINICIÓN OPERACIONAL

A continuación, se presentan las cuatro variables para esta investigación, las cuales se especifica en la siguiente tabla.

**Tabla 5.1.1 Definición operacional de las variables.**

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Nivel de Medición	Ítems Clientes	Instrumento
Demanda Potencial	Son los usuarios de la energía eléctrica de la Residencial Las Casitas.	Residentes de las casitas.	Personas que tienen vivienda en la Residencial Las Casitas	Nominal	1,2,3	Encuesta
Aspectos Técnicos	Son los elementos necesarios para poder diseñar la red de medidores de energía eléctrica.	Circuitos que va a medir la potencia instantánea	Potencia medida por la red.	Ordinal	9	Encuesta
Aspectos Financieros	Es el costo que tendrá la red de medidores de energía eléctrica.	Costo total de la red de medidor de energía eléctrica e instalación.	Valor de la compra de la red de medidores de energía eléctrica.	Intervalar	10	Encuesta
Consumo de Energía	Es el rango de consumo del usuario.	Consumo mensual de energía eléctrica.	Valor de la factura mensual de consumo energético.	Intervalar	5	Encuesta

## **5.2 ENFOQUE Y MÉTODO**

Para la elaboración de este proyecto se ejecutará un enfoque cuantitativo, el cual se describe a continuación.

### **5.2.1 Enfoque**

Los enfoques cuantitativos como afirma Stevens (2016) “El método cuantitativo responde a los intentos de aproximar y dar validez a las disciplinas sociales que suelen recurrir a la historia o a la filosofía para explicar y justificar lo estudiado (teoría normativa, institucionalismo), proceso que, a su vez, se inicia en la época moderna a través de Hume, continuado por Comte y el positivismo lógico y hecho propio, durante el último siglo, por la corriente conductista y el neo-institucionalismo.”.

Este tipo de investigación comienza con una idea, la cual en este caso surgió a través de la observación del entorno de la Residencial Las Casitas, Tegucigalpa Honduras, y de la queja de los consumidores de energía eléctrica por su consumo mensual.

### **5.2.2 Método**

Cervantes (2020) afirma que “La metodología cuantitativa es una de las dos metodologías de investigación que tradicionalmente se han utilizado en las ciencias empíricas. Se centra en los aspectos observables susceptibles de cuantificación, y utiliza la estadística para el análisis de los datos. Se contrapone a la metodología cualitativa o interpretativa”.

Los métodos utilizados para la recaudación de datos y formulación de ideas para resolver los objetivos planteados en este proyecto son encuesta aplicada a los dueños de casa, aplicación de entrevista.

## 5.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 5.3.1 Población

“La población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Sampieri, 2014, p.175).

La población de esta investigación está compuesta por todos los 220 residentes de la Residencial Las Casitas en Tegucigalpa Honduras

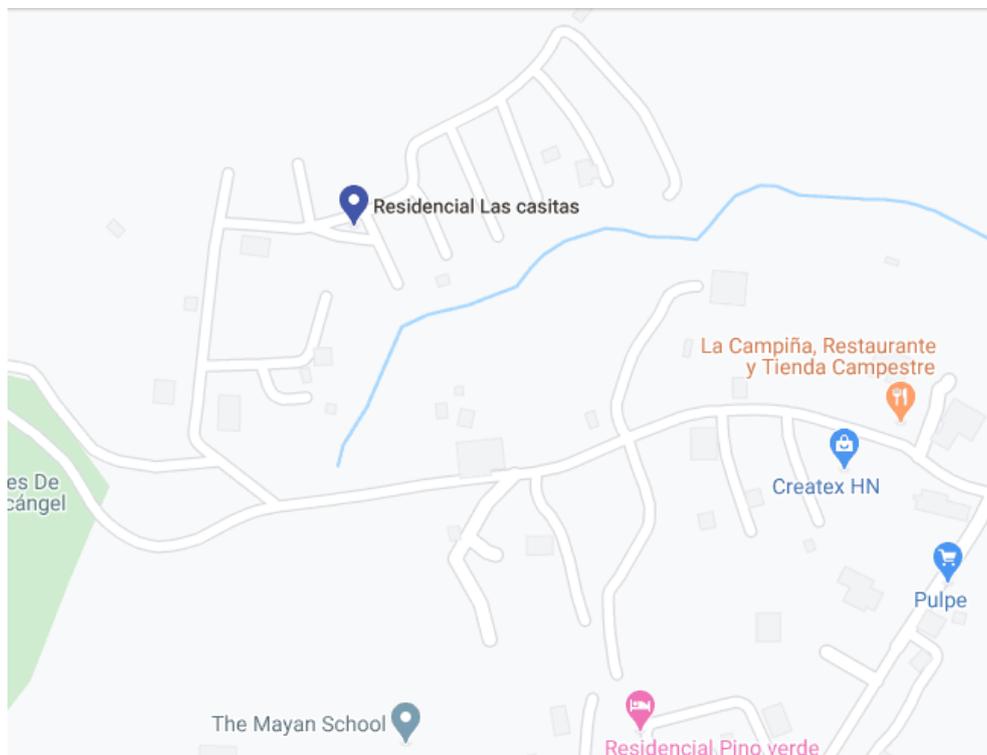


Figura 5.3.1 Mapa de la ubicación de la Residencial Las Casitas.

Fuente: <https://www.google.com>

### 5.3.2 Muestra

El tamaño de la muestra se saca dependiendo la precisión con que el investigador desee llevar a cabo su estudio, pero por regla general se debe usar una fórmula para lograr encontrar la muestra necesaria para poder realizar un mejor análisis y una mejor respuesta.

El tipo de muestra que se ha elegido para esta investigación es el no probabilístico que es un “subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación” (Sampieri, 2014).

Aparte de ser no probabilística también es por conveniencia, ya que esta investigación va dirigida a los residentes de la Residencial Las Casitas de Tegucigalpa, Honduras.

La fórmula a utilizar para obtener el tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q} \text{ Fórmula para encontrar la muestra}$$

Donde:

- N = Tamaño de la población.
- n = Tamaño de la muestra.
- p = Probabilidad de éxito... 50%...0,50.
- q = Probabilidad de fracaso...50%...0,50.
- E = Error muestral...5%...0,05.
- Z = Nivel de confianza...95%...0,95.

Por ende:

$$n = \frac{(220)(0,95)^2(0,50)(0,50)}{(0,05)^2(220-1)+(0,95)^2(0,50)(0,50)} = 64.$$

Mediante la fórmula se pudo obtener que el tamaño de la muestra y por ende la aplicación de la encuesta sería para 64 usuarios de la Residencial Las Casitas en Tegucigalpa, Honduras.

## 5.4 UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA

Para obtener la información y el cumplimiento de los objetivos planteados, se utilizó el método de aplicación de encuestas y entrevistas. Para ello se realizó una encuesta a los residentes de la Residencial Las Casitas para conocer acerca de su consumo y su conciencia a la hora de ahorrar energía, luego se aplicó una entrevista a un ingeniero eléctrico de la EEH,

con la finalidad de conocer el manejo de los nuevos medidores, de la facturación, la encuesta y la entrevista aplicada podrá ser observada en el apartado de anexos. (Ver anexo 1).

## **5.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

Para alcanzar los objetivos planteados se utilizaron los siguientes elementos.

### **5.5.1 Encuesta**

Se aplicó la encuesta a 64 usuarios de la Residencial Las casitas con el fin de poder analizar qué opinan acerca de su consumo energético y si estarían dispuestos a utilizar la red de medidor de energía eléctrica.

### **5.5.2 Entrevista**

Se aplicó una entrevista a un ingeniero eléctrico experto de la EEH, para que nos ayude a poder reforzar nuestra investigación y así poder brindar una solución a la problemática.

## **5.6 FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **5.6.1 Fuentes primarias**

Los elementos utilizados para la implementación del proyecto de investigación fueron, investigación directa a través encuestas aplicadas a los residentes de la Residencial Las Casitas. Así como también entrevistas a expertos del tema.

### **5.6.2 Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias para esta investigación fueron, páginas de internet las cuales son, gesternova.com, Arduino.cc, recope.go.cr, repositorio.cepal.org, <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/10963/direccion/Archivos%252F>, diverteka.com, cvc.cervantes.es, elvex.urg.es, sparkfun.com, Galia.fc.uaslp.mx, y otras más lecturas de archivos como ser tesis de biblioteca.usac.edu.gt, de bibing.us.es, dspace.ups.edu.ec, Libros como, Electrónica de Hambley, Electrónica: Fundamentos de Ingeniería Eléctrica de Chacón, Metodología de la Investigación de Stevens, Metodología de la Investigación de Sampieri, Introducción al Análisis de Circuitos de Boylestad, Interpretación de datos estadísticos de la encuesta y de la cree.gob.hn, eeh.hn y enee.hn.

## **5.7 CRONOLOGÍA DE TRABAJO**

A continuación, se detalla el cronograma realizado para la ejecución del proyecto del diseño de una red de medidores de energía eléctrica para artefactos domésticos en la Residencial Las Casitas en Tegucigalpa, Honduras.

## 5.7.1 Tabla de actividades

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	🚀 <b>Proyecto</b>	48 días	lun 20/1/20	mié 25/3/20
2	🚀 <b>Proyecto de Investigación</b>	48 días	lun 20/1/20	mié 25/3/20
3	🚀 Clase introductoria	1 día	mié 22/1/20	mié 22/1/20
4	🚀 Primera Reunión, explicación sobre trabajo a realizar, métodos de trabajo, horarios de revisión indicaciones	1 día	mié 22/1/20	mié 22/1/20
5	🚀 Discusión de Idea de Proyecto	1 día	vie 24/1/20	vie 24/1/20
6	🚀 Definición del problema de investigación	2 días	mié 22/1/20	jue 23/1/20
7	🚀 Investigación de 4 posibles planteamientos de problemas a solucionar	2 días	sáb 25/1/20	lun 27/1/20
8	🚀 Elección del Tema de investigación.	2 días	mar 28/1/20	mié 29/1/20
9	🚀 Entrega de Formulario de Descripción del Proyecto	1 día	vie 31/1/20	vie 31/1/20
10	🚀 Explicación Sobre cómo escribir la introducción y hasta el capítulo 3.	1 día	vie 31/1/20	vie 31/1/20
11	🚀 <b>Primer Avance</b>	7 días	sáb 1/2/20	dom 9/2/20
12	🚀 Análisis de las necesidades de los residentes de la Residencial Las Casitas con respecto el consumo energético.	1 día	sáb 1/2/20	sáb 1/2/20
13	🚀 Investigación de los Antecedentes, planteamiento y definición del problema.	3 días	dom 2/2/20	mar 4/2/20
14	🚀 Elaboración de la justificación, hipótesis y objetivos de la investigación	4 días	mié 5/2/20	dom 9/2/20
15	🚀 Entrega del primer avance	1 día	dom 9/2/20	dom 9/2/20
16	🚀 <b>Segundo Avance</b>	6 días	lun 10/2/20	dom 16/2/20
17	🚀 Correcciones del primer avance.	2 días	vie 10/1/20	sáb 11/1/20
18	🚀 Investigación de las fuentes bibliográficas.	4 días	mar 11/2/20	vie 14/2/20
19	🚀 Redacción del marco teórico.	6 días	lun 10/2/20	dom 16/2/20
20	🚀 Entrega del segundo avance.	1 día	dom 16/2/20	dom 16/2/20
21	🚀 <b>Tercer Avance</b>	16 días	lun 17/2/20	sáb 7/3/20
22	🚀 Correcciones del segundo avance.	3 días	lun 17/2/20	mié 19/2/20
23	🚀 Elaboración del tamaño de la muestra y la población, además del enfoque, el método y definición operacional.	4 días	lun 17/2/20	jue 20/2/20
24	🚀 Elaboración de la encuesta.	2 días	jue 20/2/20	vie 21/2/20
25	🚀 Aplicación de encuesta.	2 días	lun 24/2/20	mar 25/2/20
26	🚀 Elaboración de la unidad de análisis y los resultados de la encuesta.	4 días	mié 26/2/20	dom 1/3/20
27	🚀 Elaboración de gráficos de las encuestas.	3 días	lun 2/3/20	mié 4/3/20
28	🚀 Elaboración de la entrevista al experto.	2 días	jue 5/3/20	vie 6/3/20
29	🚀 Elaboración de la tabla preguntas y respuestas de la entrevista.	2 días	vie 6/3/20	sáb 7/3/20
30	🚀 Entrega de avance.	1 día	sáb 7/3/20	sáb 7/3/20

Figura 5.7.1 Tabla de actividades.

Fuente: Elaboración propia.

5.7.2 Diagrama de Gantt

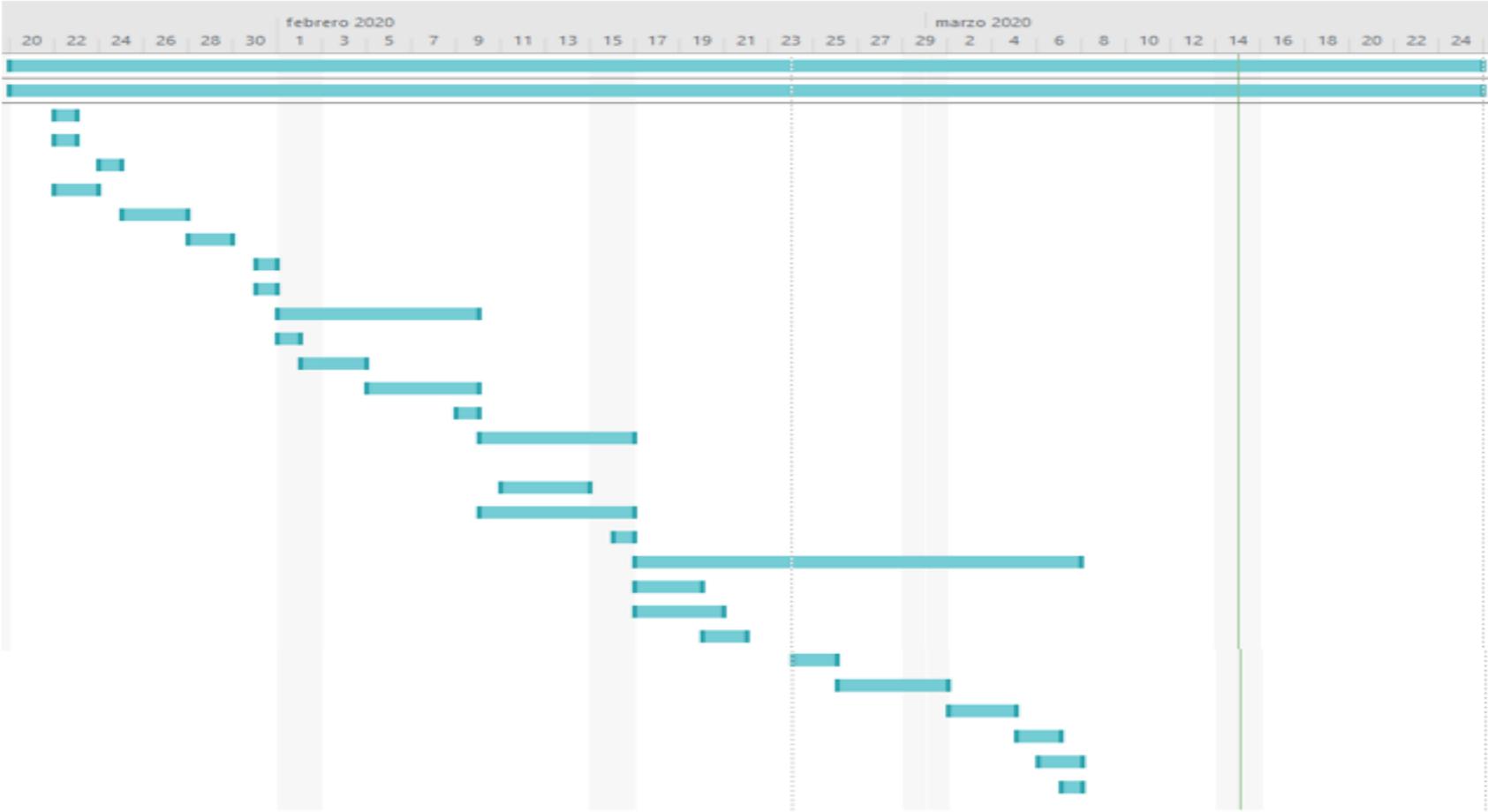


Figura 5.7.2 Diagrama de actividades.  
Fuente: Elaboración propia.

## VI RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 6.1 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

#### 6.1.1 Pregunta 1

1. ¿Género?

Tabla 6.1.1 ¿Género?

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Masculino	34	53.1%
Femenino	30	46.9%

Fuente: Elaboración propia

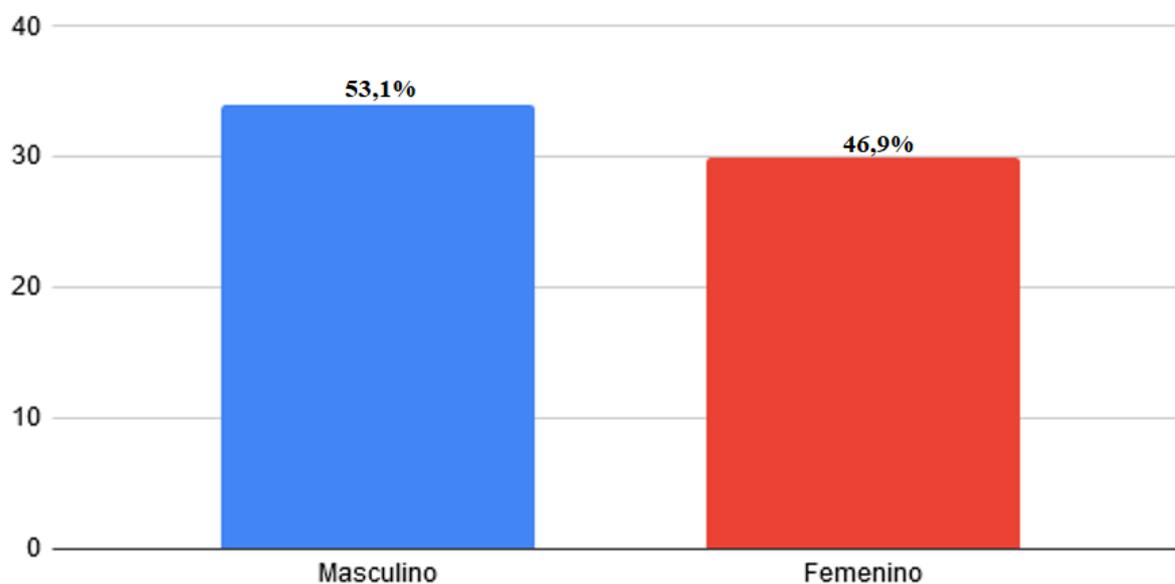


Gráfico 6.1.1 Porcentaje del género de los encuestados de la Residencial Las Casitas.

Análisis de pregunta.

El 53.1% de las personas encuestadas es de género masculino mientras que el 46.9% es de género femenino esto quiere decir que, en la Residencial Las Casitas, el mayor número de habitantes que residen es del género masculino.

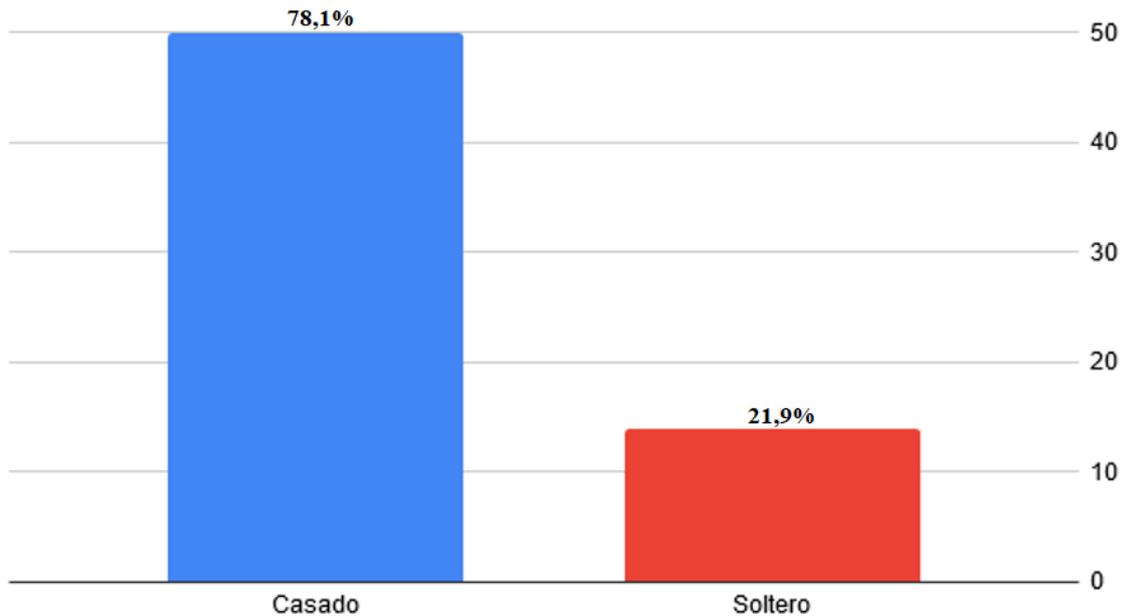
## 6.1.2 Pregunta 2

2. ¿Estado civil?

**Tabla 6.1.2 ¿Estado civil?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Casado	50	78.1%
Soltero	14	21.9%

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico 6.1.2* Porcentaje del estado civil de los residentes de la Residencial Las Casitas.

Análisis de pregunta.

Un 78.1% de los residentes de la Residencial Las Casitas, están casados esto quiere decir que son familias muy numerosas, con esto podemos observar que tienen un mayor consumo de energía eléctrica que las personas solteras que representan un 21.9%.

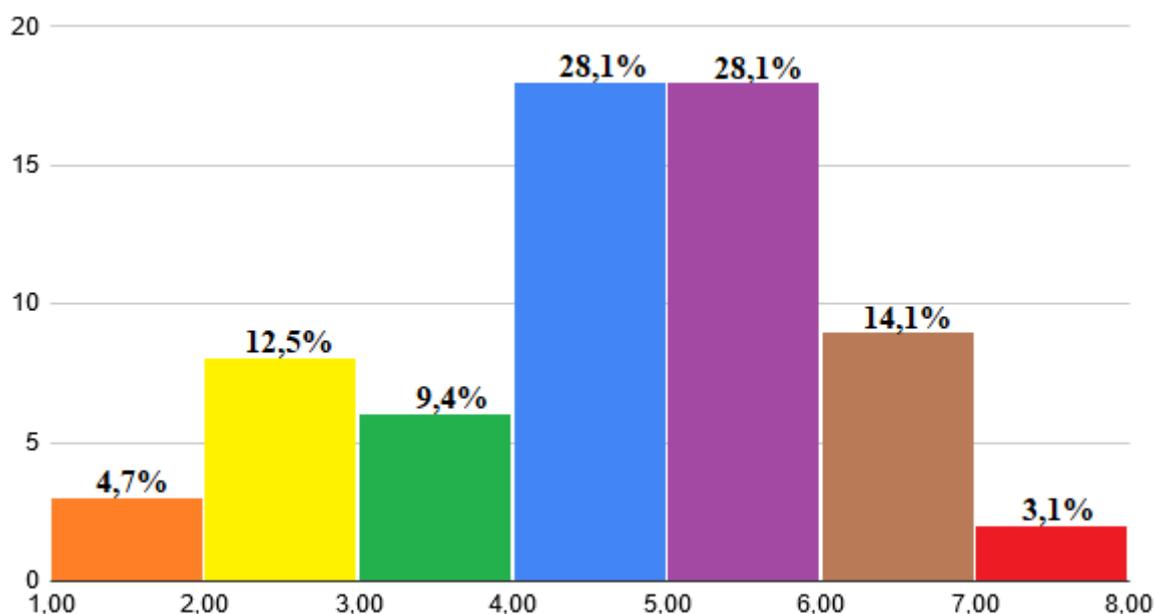
### 6.1.3 Pregunta 3

3. ¿Cuántos familiares viven en su hogar?

**Tabla 6.1.3 ¿Cuántos familiares viven en su hogar?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
3	1	4.7%
8	2	12.5%
6	3	9.4%
18	4	28.1%
18	5	28.1%
9	6	14.1%
2	7	3.1%

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico 6.1.3* Porcentaje de familiares que residen en una vivienda de la Residencial Las Casitas.

Análisis de pregunta.

Esta pregunta ayuda a la investigación a poder analizar cuánto consumo existe en las viviendas dependiendo el número de personas que viven en cada una de ellas, dando un posible dato mayor a las familias más numerosas sobre las que no lo son. Donde se puede observar que en las viviendas vive un aproximado de 4 a 5 personas y esto representa un 56.2% de los habitantes de la Residencial.

#### 6.1.4 Pregunta 4

4. ¿Conoce usted su consumo mensual de energía eléctrica?

Tabla 6.1.4 ¿Conoce usted su consumo mensual de energía eléctrica?

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Sí	58	90.6%
No	6	9.4%

Fuente: Elaboración propia

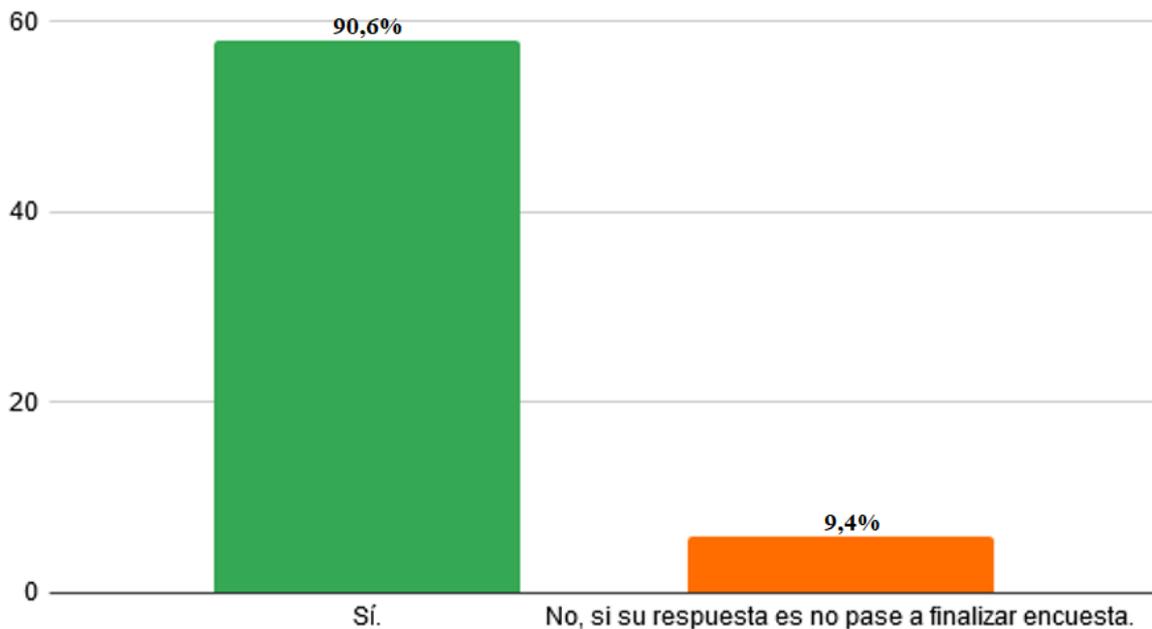


Gráfico 6.1.4 Porcentaje del conocimiento de los Residentes respecto a su consumo energético.

Análisis de la pregunta.

La importancia de conocer el consumo energético para poder optar a instalar el sistema para un mejor control del consumo es lo que se quiso dar a conocer en esta pregunta, viendo así que el 90.6% de las personas que llenaron esta encuesta, tienen conocimiento de su consumo y podrán establecer si es factible o no instalar la red de medición, dando lugar a que nada más 9.4% de personas que desconocía su consumo.

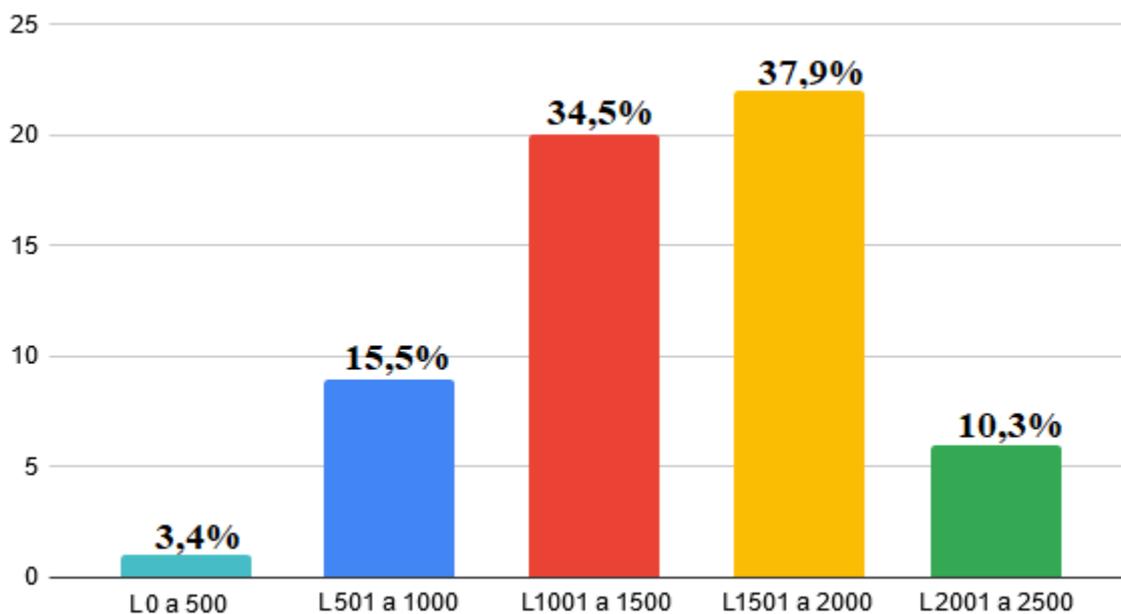
### 6.1.5 Pregunta 5

5. ¿Cuál es el promedio mensual de su consumo energético?

**Tabla 6.1.5 ¿Cuál es el promedio mensual de su consumo energético?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
L 0 a 500	2	3.4%
L 501 a 1000	9	15.5%
L 1001 a 1500	20	34.5%
L 1501 a 2000	22	37.9%
L 2001 a 2500	6	10.3%

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico 6.1.5* Porcentaje del consumo de los residentes de la Residencial Las Casitas.

#### Análisis de la pregunta.

Este es uno de los datos más importantes de la encuesta, ya que, dependiendo del consumo energético por parte de los residentes, es donde podemos solucionar esa problemática instalando la red de medidor de energía eléctrica para concientizar al usuario a que ahorre más energía. Está claro que el rango se encuentra entre L 1001 a 2000 y es mediante ese rango en que podemos hacer que el usuario acepte instalar la red ya que es el 74.2% de la población que se encuentra en ese rango.

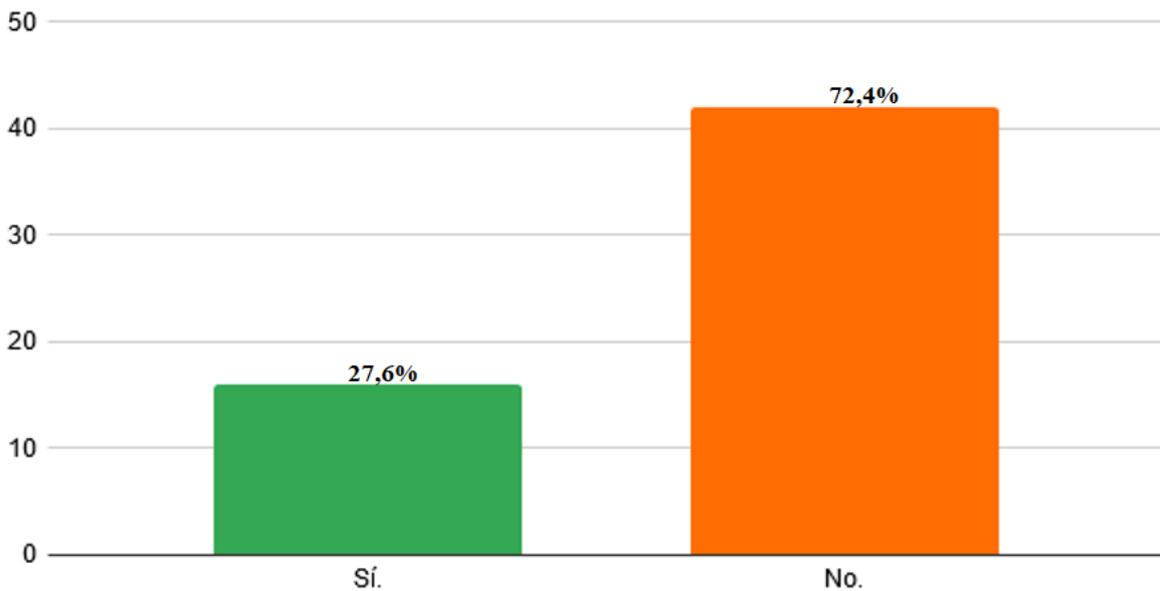
### 6.1.6 Pregunta 6

6. ¿Está conforme usted con su pago mensual de consumo energético?

**Tabla 6.1.6 ¿Está conforme usted con su pago mensual de consumo energético?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
No	42	72.4%
Sí	16	27.6%

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico 6.1.6* Porcentaje de la satisfacción de los residentes de la Residencial Las Casitas con su consumo energético mensual.

Análisis de la pregunta.

Los datos de esta pregunta confirman lo que esta investigación quiere solucionar y es el consumo energético de los residentes de la Residencial Las Casitas, ya que el 72.4% de los encuestados han expresado su descontento con su factura mensual de energía eléctrica siendo este la mayoría pese a los 6 encuestados restantes que finalizaron la encuesta antes de esta pregunta.

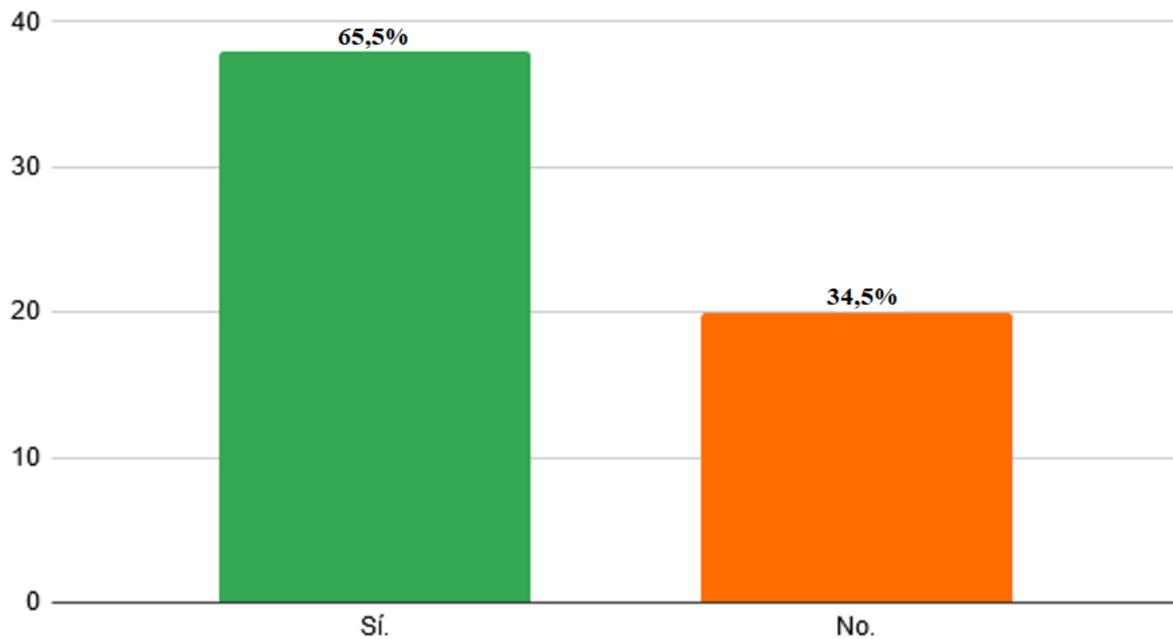
### 6.1.7 Pregunta 7

7. ¿Se considera una persona ahorrativa de energía eléctrica?

**Tabla 6.1.7 ¿Se considera una persona ahorrativa de energía eléctrica?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Sí	38	65.5%
No	20	34.5%

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico 6.1.7* Porcentaje de ahorro de energía eléctrica por los residentes de la Residencia Las Casitas.

Análisis de la pregunta.

En la investigación ésta información será de ayuda, porque confirma que la mayoría de los residentes de la Residencial Las Casitas ahorran energía eléctrica, y sí el 72.4% de la población no está conforme con su factura mensual y el 65.5% dice que se consideran ahorrativos, quiere decir que las fallas pueden ser ocasionadas por algo externo y es en caso como este en que la solución es instalar el sistema de red de medición de energía eléctrica para comprobar si lo que se consume es lo reflejado en la factura y si es así corroborar en que se gasta más energía economizar el consumo.

### 6.1.8 Pregunta 8

8. ¿Con que tipos aparatos eléctricos cuenta en su casa?

**Tabla 6.1.8 ¿Con qué tipos de aparatos cuenta en su casa?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Refrigeradoras	64	100%
Microondas	64	100%
Estufa eléctrica	56	87.5%
Licadoras	62	96.9%
Tostadora	55	85.9%
Cafetera	60	93.8%
Lavadora	62	96.9%
Secadora de ropa	22	34.4%
Plancha	64	100%
Secadora de cabello	49	76.6%
Plancha de cabello	57	89.1%
Televisor	64	100%
Computadoras	62	96.9%
Aire acondicionado	20	31.3%
Aparatos de sonido	61	95.3%
Duchas	62	96.9%
Tablets	1	1.6%

Fuente: Elaboración propia

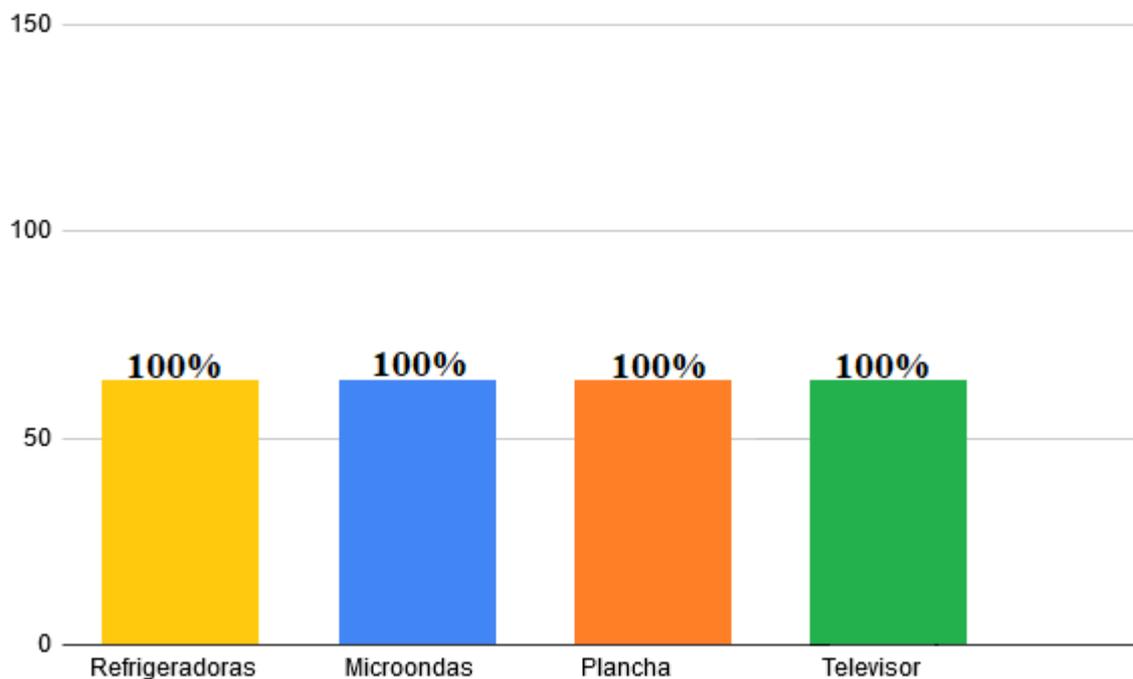


Gráfico 6.1.8 Porcentaje de aparatos de los usuarios de la Residencial Las Casitas.

## Análisis de pregunta.

Es importante tener en cuenta a la hora de analizar el consumo energético de una vivienda, con qué tipos de aparatos electrónicos se cuenta, pues con aparatos eléctricos como estufas eléctricas, lavadoras, refrigerados (que no sean smarter), aires acondicionados, etc. Su consumo es elevado y hay que saber jugar con estos para que no se dispare la factura a final de mes, en el gráfico apreciamos que el 100% de los habitantes de la Residencial Las Casitas, cuentan con refrigeradoras, microondas, planchas y televisores; estos consumen bastante energía eléctrica haciendo que las facturas sean elevadas, es por ello que esta investigación y este sistema se centra en poder contribuir con un medidor a tiempo real del consumo del usuario para que este tenga una opción viable a la hora de ahorrar energía eléctrica.

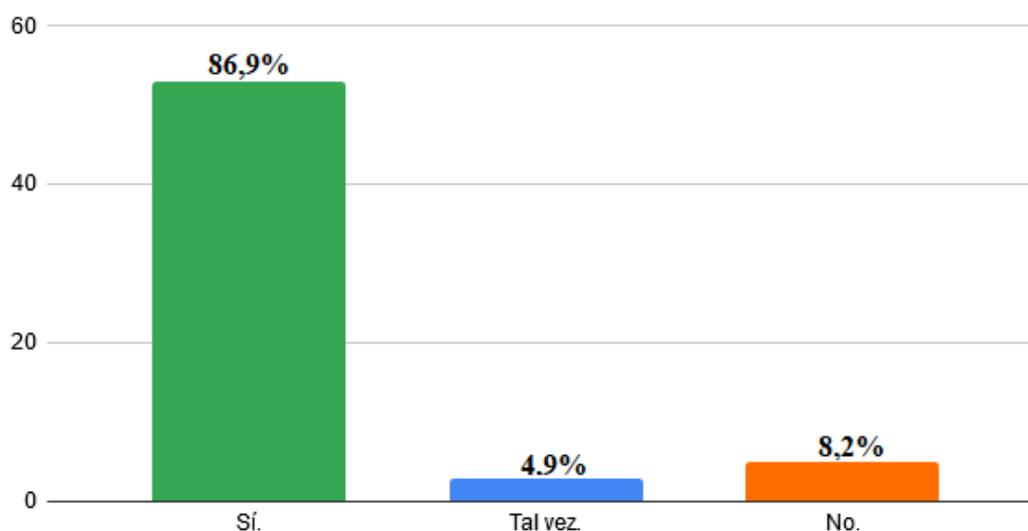
### 6.1.9 Pregunta 9

9. ¿Le gustaría implementar en su hogar un sistema de red para medir y llevar el control de su consumo energético?

**Tabla 6.1.9 ¿Le gustaría implementar en su hogar un sistema de red para medir y llevar el control de su consumo energético?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Sí	53	86.9%
No	5	8.2%
Tal vez	3	4.9%

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico 6.1.9* Porcentaje de usuarios que instalarían, que no instalaría y que tal vez instalaría el sistema de red para medir su consumo energético.

Análisis de la pregunta.

Dejando a un lado a los que no instalarían el sistema, un 86.9% de los encuestados han afirmado que estarían interesados en instalar una red de medición de energía eléctrica en sus viviendas para llevar un mejor control de su consumo energético, esto es sin duda un dato de la viabilidad que esta investigación tiene ya que soluciona la problemática que existe en Honduras, y que el usuario final busca formas para poder contrarrestar sus facturas elevadas.

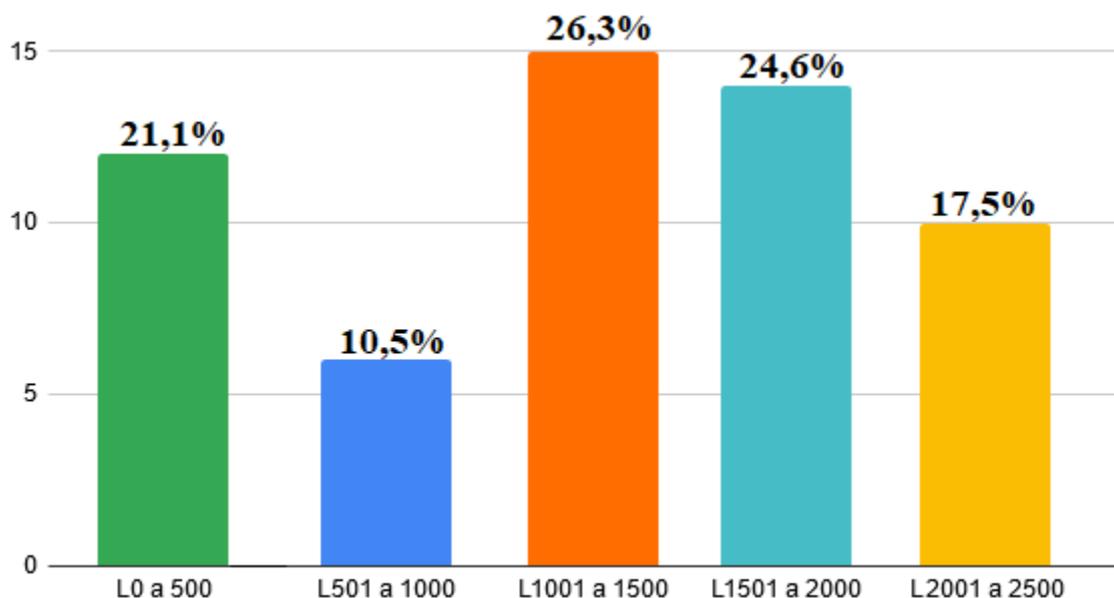
### 6.1.10 Pregunta 10

10. ¿Cuánto estaría dispuesta a pagar por un sistema como el mencionado?

**Tabla 6.1.10 ¿Cuánto estaría dispuesta a pagar por un sistema como el mencionado?**

Respuesta	Cantidad	Porcentaje
L 0 a 500	12	21.1%
L 501 a 1000	6	10.5%
L 1001 a 1500	15	26.3%
L 1501 a 2000	14	24.6%
L 2001 a 2500	10	17.5%
Más de L 2500	0	0%

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico 6.1.10* Porcentaje de cuánto los usuarios de la Residencial Las Casitas están dispuestos a pagar por el sistema de red de medición de energía eléctrica.

Análisis de pregunta.

Sí analizamos que la mayor parte de los usuarios está en el rango de L 1001 a 2000 podemos unir estos dos porcentajes y concluir que el 50.9% (29 usuarios) están dispuestos a pagar un precio razonable para el sistema estándar ya que este sistema es moderno y de mucha utilidad y el rango de gasto de elaboración y de mano de obra está entre L 1001 a 2500.

## 6.2 ANÁLISIS DE LA ENTREVISTA

Tabla 6.2.1 Entrevista.

Pregunta	Respuesta
<p>1. ¿Qué tipo de problemas se han encontrado con la medición del consumo de los abonados?</p>	<p>R/= Bueno se da mucho lo del hurto de la energía, inclusive ya hay un hurto especializado, se han encontrado manipulación en el equipo de medida muy especializados, hasta ese punto se ha llegado.</p>
<p>2. ¿En qué consiste la factura promediada?</p>	<p>R/= En los promedios como tal ha habido una disminución significativa en ellos, de momento anda entre 150 a 160 mil abonados de los cuales se le realiza los promedios, por qué de repente se pueden realizar promedios, nuevamente cuando hay desviaciones significativas en la lectura es decir pueda existir una varianza supongamos entre un 20 o un 30% de variación, por ejemplo se tiene un consumo de 200KWh y de repente su factura digamos sufrió una variación y le está saliendo de repente 270KWh, entonces ya empieza a entrar en este tipo de rango y consecuentemente le promedian con relación a los consumos anteriores, sino me equivoco son 3 consumos reales anteriores.</p> <p>Por qué se puede dar este tipo de problemas, lo importante es que cada vez que se van a tomar la lectura, se le toma fotografía al medidor, entonces queda constancia, una cosa es lo que el lector digita, bueno el que está leyendo digita, es la lectura que tomó el medidor, entonces se hace una diferencia de lectura, supongamos partiendo de 0 la lectura acumulada de este mes ya va en 10,000KWh, entonces la del mes anterior eran 9,900KWh, entonces el hace la diferencia de las lecturas y finalmente le quedan 100KWh la diferencia, entonces lo que se le factura es la lectura actual menos la lectura anterior, esa diferencia de lectura es su consumo de energía del mes, pero</p>

	<p>como le explico a veces el valor de la lectura que se digita puede ser no consecuente con la fotografía, o de repente el medidor como tal tenía problemas en el display, no se lograba ver el medidor o de repente el medidor estaba como rayado o roto, o tenía una rejilla de repente, imposibilitando que se tomara la lectura actual de forma idónea. Entonces en este tipo de caso normalmente se le promedia al cliente, los promedios normalmente se dan en clientes que tienen medidores, pero estos medidores pueden sufrir algún inclusive desperfecto o puede ser debido a problemas en la toma de la lectura, problemas a veces hasta externos porque el medidor ya necesita cambio o revisión.</p>
<p>3. ¿Cuáles son los tipos de hurtos existentes y qué están haciendo para evitarlos?</p>	<p>R/= Cuando hablamos de hurto de energía estamos hablando de situaciones como por ejemplo, de energía consumida no facturada, ahora esa energía consumida no facturada se puede deber a manipulación del equipo de medida como tal o simplemente fraude porque se están saltando el equipo de medición, podemos tener desde un medidor manipulado hasta un puente o derivación en la línea, medidores del tipo residencial con agujas descentradas por igual manipulación, hay gente que retira el medidor por ejemplo, y previo que le vayan a leer lo vuelve a poner nuevamente, hay también personal que hace conexiones externas al medidor para desconectar una línea que el medidor deje de medir y de esa manera también robar energía.</p> <p>Tipos de hurtos en la manipulación del equipo de medida, o inclusive derivaciones directas de las líneas secundarias, también hurtos especializados como se decía donde ya manipulan borneras.</p> <p>También sucede en residenciales nuevas, a veces el cliente no registra a tiempo el nuevo medidor y simplemente se conectan directo, entonces son conexiones directas también que igual caen dentro del ámbito de hurto de energía.</p>

	<p>También se da en las invasiones, en las zonas de difíciles gestiones, que también se conectan de forma directa sin equipo de medida, y están hurtando la energía, inclusive en el interior del país se encuentran derivaciones de la línea principal con transformadores y todo conectados directo, también considerando como energía consumida no facturada o hurto.</p>
<p>4. ¿Ustedes cubren el 100% de la población hondureña para realizar la medición eléctrica?</p>	<p>R/= Sí a la mayoría de los clientes se les toma lectura de medición, hay un cierto tipo de clientes que por no tener medidor como tal, no se le hace diferencia de lectura, lo que se hace un estimado, un valor fijo que se está cargando todos los meses, esto porque como se comentaba no tienen medidor o no se les ha normalizado, pero si anda arriba del 99% lo que se toma lectura y se factura por diferencia de lecturas.</p>
<p>5. ¿Qué tan confiable son los medidores inteligentes?</p>	<p>R/= Los medidores inteligentes o AMIS son de los medidores de última generación por decirlo así que tienen muchas bondades entre ellos las conexiones, las reconexiones, los cortes e inclusive las medidas, puede medirse remotamente, puede cortarse remotamente, o puede reconectarse remotamente y además mide corrientes de retorno, puede medir posibles fraudes que se estén haciendo digamos del otro lado del medidor, o sea que aunque este cortado el suministro, el medidor puede estar detectando que hay una corriente de retorno como que están pegados directos. Son muy confiables estos medidores.</p>
<p>6. ¿Qué diferencia tienen estos medidores con los análogos?</p>	<p>R/= En cuanto a los análogos más bien estos son más precisos, son de última generación, es más los análogos la mayoría se están retirando inclusive por las nuevas bondades que presentan estos medidores AMI, que son inteligentes, se pueden tele gestionar y se puede montar una red de última generación, rápidamente y se disminuye los costos, inclusive mejora la forma de la medición inclusive ya hay clientes que se están facturando directamente con medidores tele medidos.</p> <p>Como le mencionaba estos son medidores más precisos, de última generación y tienen mejores bondades que los medidores</p>

	análogos, es más inclusive la vida útil es mayor que la de estos medidores análogos, inclusive se pueden reparar, se encuentran repuestos, se puede dar un mejor soporte por decirlo así,
7. ¿Han elaborado algún estudio comparando ambos medidores?	R/= Sí, hay un área inclusive que se le llama L.A., que es donde se encargan de calibrar todos los tipos de medidores y en efecto, se han estado cambiando porque estos tienen mayores bondades, se pueden tele gestionar, se puede montar una red como tal de todos ellos, ya hay una inclusive.
8. ¿Qué porcentaje de cambio de medidores análogos a inteligentes tienen hasta la fecha?	R/= Bueno sino me equivoco hay cerca de 80 mil suministros que se miden de forma tele medida, y hay un proyecto grande que era pasar a 100 o inclusive 130 mil suministros. En total es el 4,44% de los abonados.
9. ¿Es realmente cierto que si las personas ahorran energía eléctrica se verá reflejado en su facturación?	R/= Bueno, directamente si usted, pone un sistema de ahorro energético en su casa, en efecto el medidor como tal lo que hace es detectar la energía que usted está consumiendo, si está consumiendo menos, el medidor obviamente va a marcar un menor consumo, al marcar un menor consumo, se va a ver reflejado en la factura, le va aparecer menor factura.  De repente en algunos clientes dicen estoy consumiendo lo mismo, y me están cobrando más. De repente tenemos un cliente que está consumiendo 100KWh mensuales, al multiplicarlo por la tarifa que anda cerca de L 5 digamos, entonces lo ideal es que vaya consumiendo L 500 cada mes, ahora cuáles han sido las variaciones, supongamos que la tarifa en algún momento ha sido L 2, L 3, L 4 hasta L 5, sí la tarifa ha ido aumentando entonces usted va a ir viendo también variaciones significativas en la factura, pudiendo pasar de L 200 a L 300 luego a L 400 y luego a L 500, la factura es directamente proporcional a la tarifa.

Fuente: Elaboración propia.

## VII VIABILIDAD DEL PROYECTO

En este capítulo se pretende hacer un estudio del grado de viabilidad que tiene nuestro proyecto.

Para ello analizaremos la viabilidad del mismo desde tres vertientes diferentes, la operacional, la económica y la de mercado. El estudio, dará como resultado los parámetros que indicarán la viabilidad o no del proyecto y su rentabilidad a la propiedad en el caso de que la implantación del mismo se llevara a cabo, mostrando el retorno de la inversión efectuada de los usuarios de la Residencial Las Casitas en Tegucigalpa, Honduras.

### 7.1 VIABILIDAD OPERACIONAL

El diseño de la red de medidores de energía eléctrica para artefactos electrodomésticos se divide en tres fases:

- En la primera fase se realiza la medición, procesamiento y cálculo de consumo de energía.
- En la segunda fase se realiza el sistema de comunicación entre microcontrolador, módulo GSM y servidor web.
- Finalmente, en la tercera fase se tiene el conjunto de las dos fases anteriores para obtener como resultado el medidor de consumo energético enfocado en las viviendas de la Residencial Las Casitas en Tegucigalpa, Honduras. En la figura 7.1.1 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de medición.

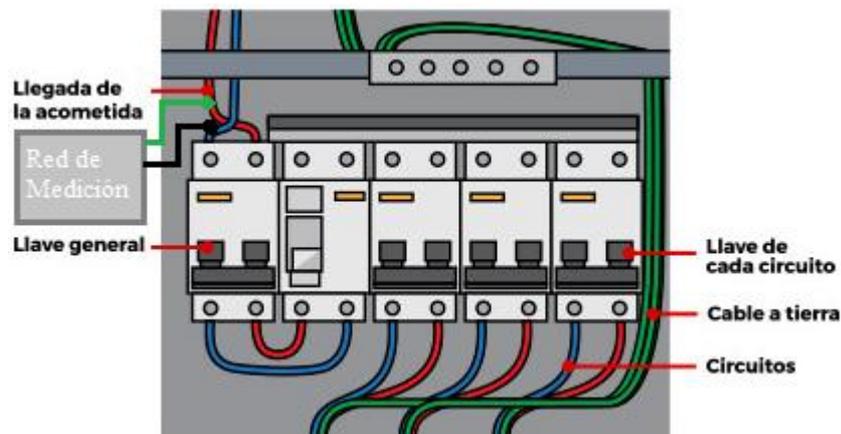


Figura 7.1.1 Diagrama de conexión.  
Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la red de medición de energía eléctrica en el modelo premium para las viviendas de la Residencial Las Casitas, se desarrolla como se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

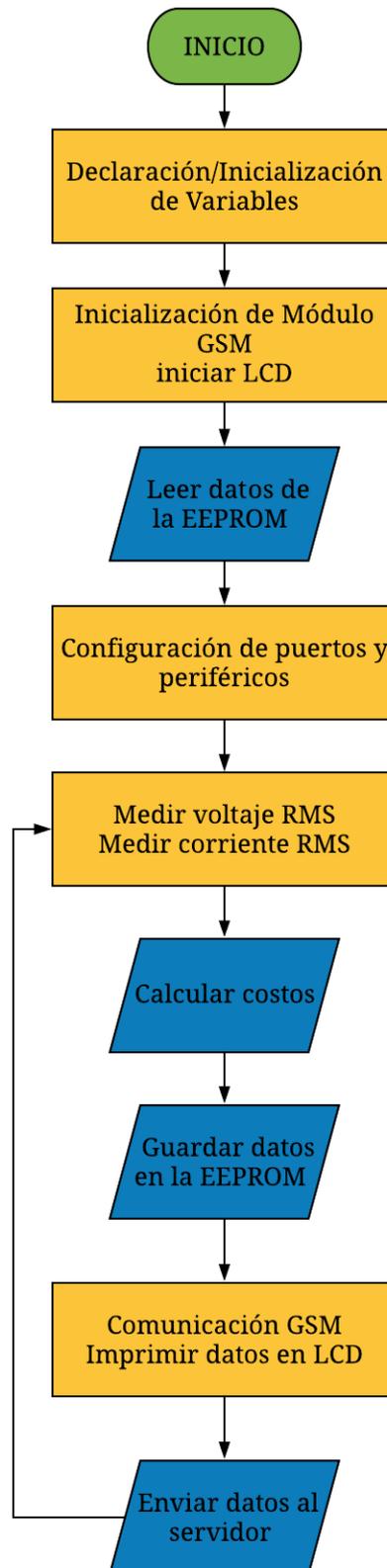


Figura 7.1.2 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema modelo premium.  
Fuente: Elaboración propia.

La red inicia con la declaración e inicialización de las variables adecuadas y necesarias para poder elaborar a la perfección, variables como `double` o `double` para la obtención de los datos de voltaje y corriente, para lograr encontrar la potencia que nos ayudará a calcular el costo total del consumo mensual de energía eléctrica, se necesitan variables tipo `int` o `entero` para las multiplicaciones para lograr calcular el consumo de energía eléctrica, así como también un `float` o `flotador` para los valores RMS del voltaje y la corriente.

Para el modelo premium que cuenta con el módulo GSM, este incluye una librería en la programación del Arduino que es `#include< GSM_SIM9001.h>`, y para que se utiliza el GSM, este es el módulo que nos manda la información con un `char` de teléfono, a nuestros móviles para lograr tener un mejor control de la energía consumida en nuestra vivienda, aparte de esto se inicia la LCD colocada en los pines del Arduino que pueden ser (2,3,4,5,6,7), esta además con su librería también incluida `#include<LiquidCrystal.h>`, que es la que muestra el valor de la potencia y del voltaje y la corriente que circula por la red.

Leer la EEPROM, esta es de vital importancia para el funcionamiento correcto del Arduino como del Raspberry, ya que nos ayuda a la lectura de los datos iniciados en la SIM9001, es un proceso para el modelo premium y es lo que nos ayuda a poder enviar por el módulo GSM los datos para los móviles de los usuarios que tenga instalada la red, luego de eso utilizamos la EEPROM para guardar los datos de los costos esto para ambos modelos.

Medir el voltaje RMS y la corriente RMS, este es uno de los procesos más importante y de mayor riesgo ya que si no se logra calibrar y que la medición sea la correcta, el cálculo del costo puede salir erróneo. Para la medición de la corriente y del voltaje es necesario utilizar sensores con mucha precisión, este se explica más adelante con la figura 6.1.5.

El cálculo del costo del consumo mensual de la energía eléctrica se muestra en la figura 6.1.6, donde se explica cómo se realiza la lógica necesaria para lograr calcular dicho valor.

Luego de eso como se mencionó se guardan los datos en la EEPROM para después imprimirlos en la LCD y en este modelo enviarlos por un mensaje de texto con el módulo GSM al usuario y por último retornar a tomar nuevas lecturas de los valores RMS de la corriente y el voltaje.

El diseño de la red de medición de energía eléctrica en el modelo estándar para las viviendas de la Residencial Las Casitas, se desarrolla como se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

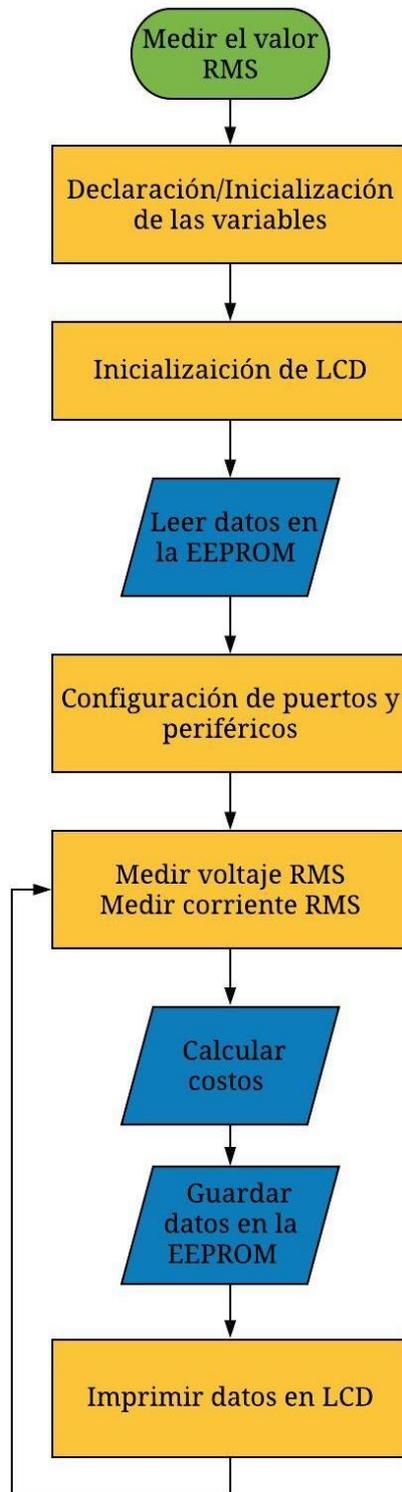


Figura 7.1.3 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema modelo estándar.  
Fuente: Elaboración propia.

La red inicia con la declaración e inicialización de las variables adecuadas y necesarias para poder elaborar a la perfección, variables como `double` o `double` para la obtención de los datos de voltaje y corriente para lograr calcular la potencia que nos ayudará a calcular el costo total del consumo mensual de energía eléctrica, se necesitan variables tipo `int` o `entero` para las multiplicaciones para lograr calcular el consumo de energía eléctrica, así como también un `float` o `flotador` para los valores RMS del voltaje y la corriente.

Se inicia la LCD colocada en los pines del Arduino que pueden ser (2,3,4,5,6,7), esta además con su librería también incluida `#include<LiquidCrystal.h>`, que es la que muestra el valor de la potencia y del voltaje y la corriente que circula por la red.

Leer la EEPROM, utilizamos la EEPROM para guardar los datos de los costos esto para ambos modelos.

Medir el voltaje RMS y la corriente RMS, este es uno de los procesos más importante y de mayor riesgo ya que si no se logra calibrar y que la medición sea la correcta, el cálculo del costo puede salir erróneo. Para la medición de la corriente y del voltaje es necesario utilizar sensores con mucha precisión, este se explica más adelante con la figura 7.1.5.

El cálculo del costo del consumo mensual de la energía eléctrica se muestra en la figura 7.1.6, donde se explica cómo se realiza la lógica necesaria para lograr calcular dicho valor.

Luego de eso como se mencionó se guardan los datos en la EEPROM para después imprimirlos en la LCD, y retornar a tomar nuevas lecturas de los valores RMS del voltaje y la corriente.

### 7.1.1 Diseño de hardware y software para medir el consumo energético

Se describe el proceso de medición de corriente y voltaje, los cuales son necesarios para realizar los respectivos cálculos de potencia, energía y costos a pagar.

#### 7.1.1.1 Desarrollo del software de procesamiento y cálculo

Para obtener los valores de corriente y voltaje, es necesario implementar dos circuitos de acoplamiento, lo que hacen estos circuitos es atenuar la señal sin afectar la frecuencia ni la fase, también se elimina la parte negativa de la onda para lograr ingresarla al conversor analógico digital (ADC) del microcontrolador.

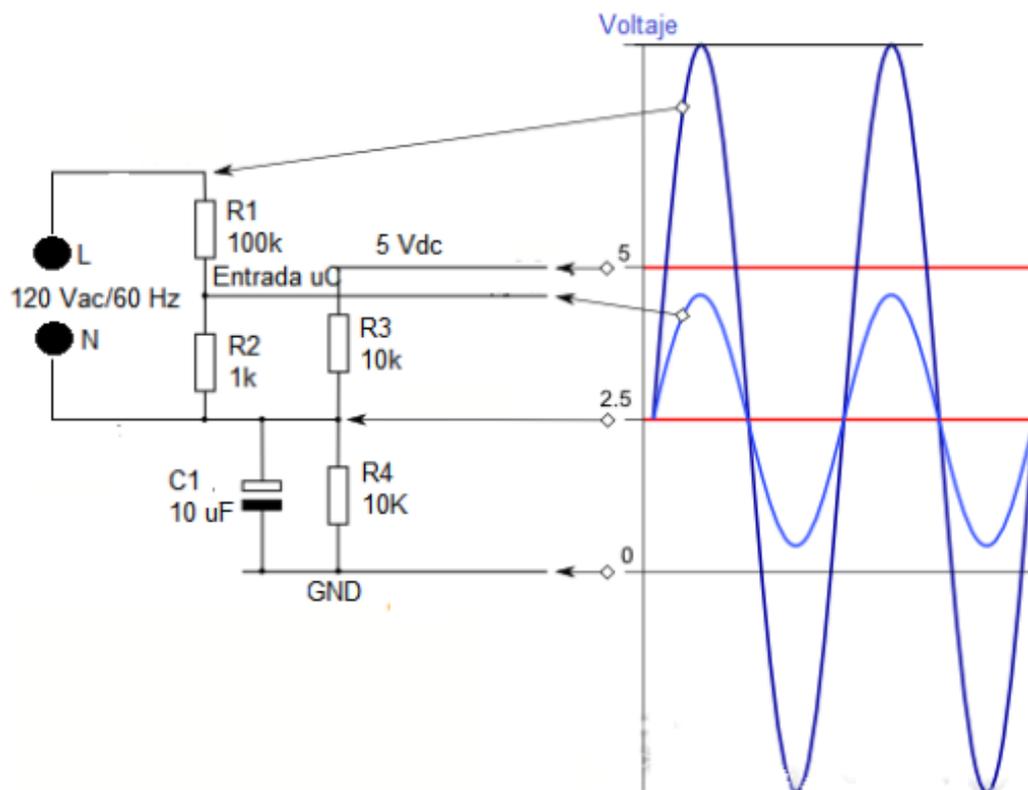


Figura 7.1.4 Circuito de acoplamiento para medir voltaje con un microcontrolador.

Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec>

Es importante considerar que se trata de señales analógicas y se debe elegir una frecuencia para muestra que sea adecuada para que no existe perdida de la información.

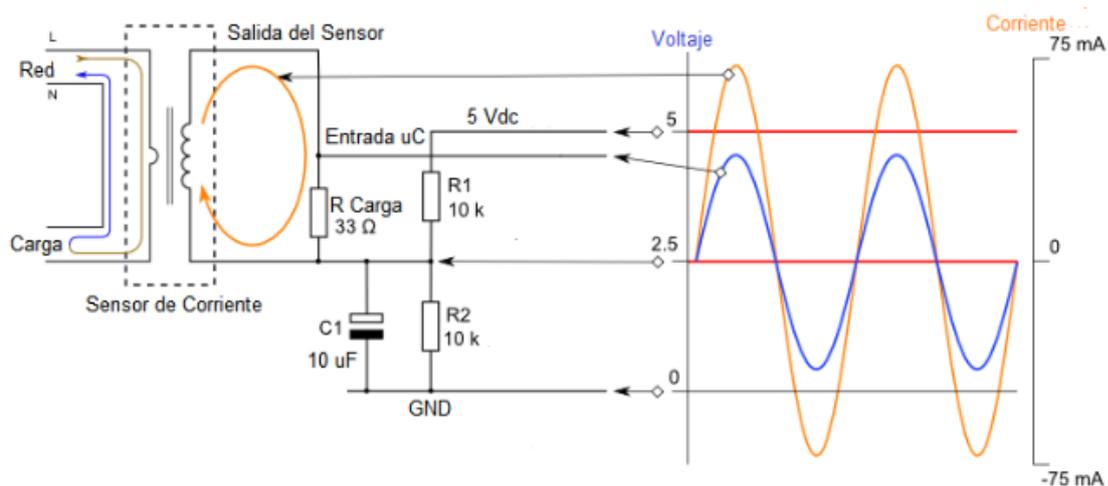


Figura 7.1.5 Circuito de acoplamiento para medir corriente con un microcontrolador.  
Fuente: <https://dSPACE.UPEL.edu.ec>

La frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual a dos veces la frecuencia de la señal original que se va a muestrear. (Lechtaler & Fusario, 2006).

Como la frecuencia en Honduras es de 60Hz obtenemos la frecuencia de muestreo  $f_m$ :

$$f_m \geq 2f_s \text{ Fórmula del } f_m.$$

$$f_m = 150\text{Hz} \geq 2(60\text{Hz})$$

$$f_m = 150\text{Hz} \geq 120\text{Hz}$$

Así teniendo ya el valor adecuado de la frecuencia muestreada es necesario encontrar el voltaje rms en el tiempo continuo, es por eso que guiándonos de la ecuación obtendremos la siguiente:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n A_i^2}{n}} \text{ Fórmula de } V_{rms}$$

Donde:

A= Valor de la muestra tomada.

n: Número de muestras.

Para medir el valor de la corriente rms es necesario utilizar la ecuación de  $V_{rms}$ , pero debe de ser aplicada para la corriente. Ahora es necesario hacer las operaciones en el microcontrolador para lograr medir el voltaje rms y la corriente rms y se hace como se observa en la figura 7.1.6.

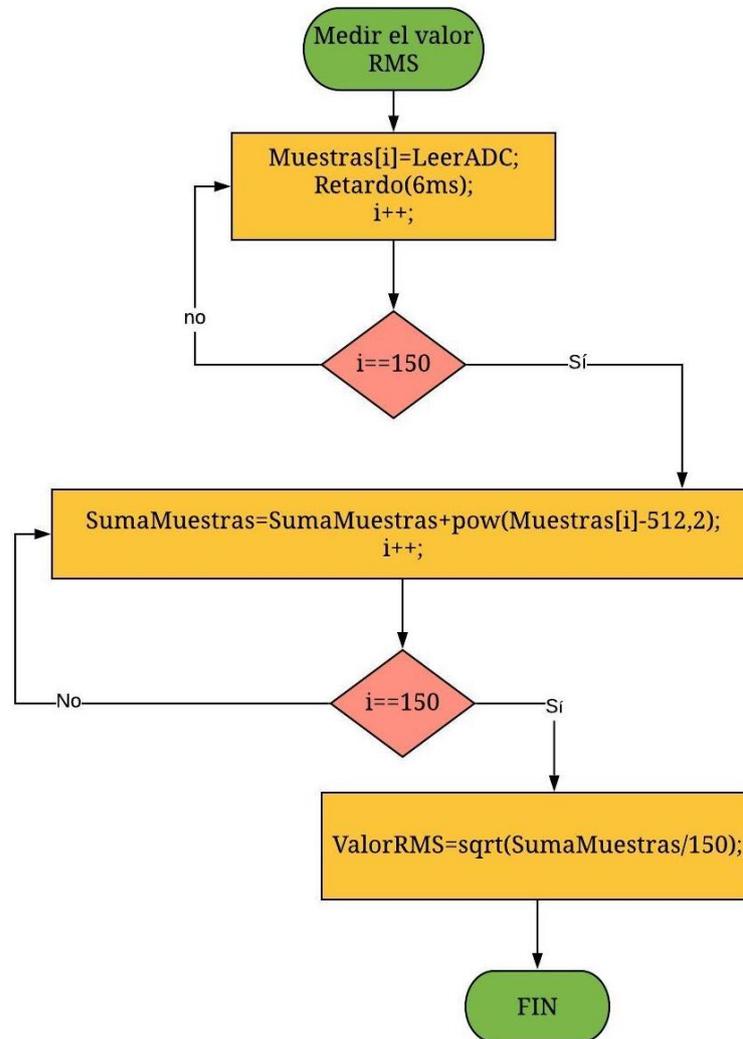


Figura 7.1.6 Diagrama de flujo para medir valores RMS.  
Fuente: Elaboración propia.

Para poder realizar el cálculo de la potencia es necesario tener la medida o los valores del voltaje y de la corriente, así con la ecuación siguiente podremos encontrar la potencia.

$$P = V \times I \text{ Fórmula de la potencia}$$

Donde:

P = Potencia aparente.

V = Voltaje de alimentación.

I = Corriente medida por el sensor de efecto hall.

Para poder obtener el cálculo de la energía instantánea (kWh) que consume una vivienda se utiliza la ecuación:

$$E = P(W) * t(s) \text{ F\u00f3rmula de la Energ\u00eda}$$

Pero recordemos que la unidad de medida es (kWh) es por eso que debemos ajustarla para que nos de la energ\u00eda instant\u00e1nea en kW y en horas, quedando la ecuaci\u00f3n de la siguiente manera:

$$E = \left[ \left( P(W) * \frac{1kW}{1000w} \right) * \left( 1(s) \frac{1h}{3600s} \right) \right] \text{ F\u00f3rmula de la Energ\u00eda}$$

$$E = \left( \frac{P}{3600000} \right) kWh \text{ F\u00f3rmula de la Energ\u00eda en kWh}$$

La Gaceta (2016) afirma:

**Art\u00edculo 4.** Una vez determinadas las cinco componentes de precio para cada categor\u00eda de usuarios, la ENEE calcular\u00e1, para el caso de los peque\u00f1os consumos servidos en baja tensi\u00f3n particularmente los peque\u00f1os consumos residenciales unas tarifas m\u00e1s simples. Para esos peque\u00f1os consumos, las tarifas consistir\u00e1n en el cargo fijo y un solo precio de energ\u00eda. Este \u00faltimo ser\u00e1 calculado como un precio mon\u00f3dico que comprende el precio de la potencia y los tres precios de la energ\u00eda por bloque horario, usando la expresi\u00f3n siguiente:

$$P_{e_c} = \frac{p_2}{730 * FCP_c} + \sum_{b=3}^5 p_{bc} * r_{bc}$$

Donde:

$P_{e_c}$  = Es el precio \u00fanico que se aplicar\u00e1 a la energ\u00eda consumida por usuarios de categor\u00eda c.

$P_2$  = Es el precio de la potencia.

730 = Es el n\u00famero de horas promedio en un mes.

$FCP_c$  = Es el factor de carga promedio del usuario individual de la categor\u00eda c.

$P_{bc}$  = Con b igual a 3,4 y 5, es el precio de la energía en el bloque horario b para los usuarios de la categoría c.

$R_{bc}$  = Es la proporción en que los usuarios de la categoría c, consumen energía en el bloque horario b,  $\sum_3^5 r_{bc} = 1$

La comisión reguladora de energía eléctrica, emite tarifas dependiendo del bloque horario, por esto el sistema propuesto cuenta con un reloj de tiempo real el DS1307 el cual provee información de horas, minutos, segundos, día, mes y año. Para poder acceder a estos datos se realiza una comunicación I2C entre el microcontrolador y el reloj, este protocolo de comunicación viene integrado en el IDE de Arduino lo que facilita el acceso a los datos del reloj.

Para consumos debajo de 50kWh la ecuación 9 es la siguiente:

$$\text{Servicio Eléctrico} = [(E * \text{Tarifa}) + 186.24] \text{ L Fórmula del SE } <50\text{kWh}$$

Para consumos arriba de 50kWh la ecuación 10 es la siguiente:

$$\text{Servicio Eléctrico} = [(E_1 * \text{Tarifa}_1) + (E_2 * \text{Tarifa}_2) + 186.24] \text{ L Fórmula del SE} >50\text{kWh}$$

Rubo extra:

- Alumbrado público = L 125.35
- Cargo por comercialización = L 54.57
- Cargo de regulación = L 6.32

El siguiente diagrama muestra el funcionamiento necesario para poder calcular los costos del consumo de energía eléctrica.

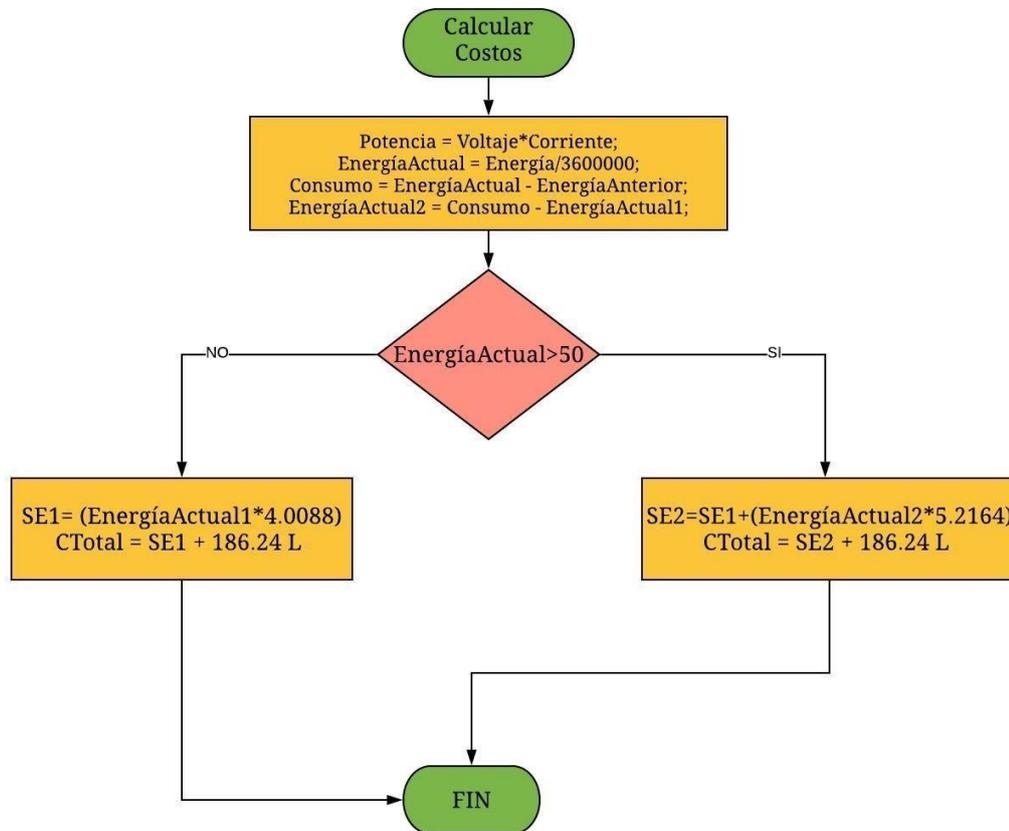


Figura 7.1.7 Diagrama de flujo para calcular costos a cancelar.  
Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se explica cómo hará el programa en el Arduino Mega para poder calcular el costo mensual de facturación, teniendo en cuenta que el lugar donde se elaboró dicha investigación es una Residencial, entonces tomamos las dos condicionales que podemos encontrar en la factura residencial, y es que, si el valor del consumo es menor a 50kWh, entonces se le aplica la tarifa de L 4.0088 de lo contrario si es mayor a 50kWh entonces se le aplica la tarifa de L 5.2164 sumada la tarifa de L 4.0088 a los primeros 50kWh de la factura mensual.

## EL NUEVO DISEÑO DEL RECIBO ELÉCTRICO DEL SECTOR RESIDENCIAL

**Datos personales**  
Información que identifica al cliente

**Consumo en kWh**  
Es la energía consumida y registrada por el medidor durante el periodo de facturación

**Número de medidor**  
Identifica la serie del medidor instalado

**Ubicación**  
Define la ubicación del medidor según ciudad, colonia o barrio y número de cliente

**Desglose de tarifa**

**Historia de consumo**  
Representación gráfica del consumo de energía en los últimos 6 meses

**Resumen de pago**  
Define de forma resumida los cobros de la factura de energía eléctrica

**Contratos**  
Información sobre contratos vigentes del cliente

**Número de identificación del cliente**  
Antes conocido como número de clave, es con el que se identifica como cliente de la ENEE

**Periodo facturado**  
Periodo de tiempo que se factura el consumo de energía eléctrica

**Total a pagar**  
Incluye los cargos, créditos y saldo del mes

**Fecha de vencimiento**  
Indica la fecha máxima de pago

**Tarifa**  
Se relaciona con el tipo de consumo del cliente 101/102-Residencial 107/701-Comunitario 201/202-Comercial

**Tensión**  
El voltaje o potencial eléctrico recibido por el cliente, categorizado en baja, media y alta tensión

**Detalle de facturación**

**Costo de la energía**  
Es el costo de energía consumido durante el mes. Este precio no lo establece EEH

**Último pago**  
Información del último pago y meses en mora

**0224625**  
CÓDIGO CLIENTE

FECHA DE LECTURA: 23/FEB/2018  
FECHA DE VENCIMIENTO: 10/MAR/2018  
PERIODO: 24/ENE/2018 AL 23/FEB/2018  
DÍAS DE FACTURACIÓN: 30  
NÚMERO DE FACTURA: 047-003-01-00000003

**DATOS PERSONALES**  
NOMBRE: PALACIOS ELVIR JOSE FERNANDO  
DIRECCIÓN: C-1636, 1ERA. CALLE, COL. LAS COLINAS

238 CONSUMO (KWH)    10/MAR/2018 FECHA DE VENCIMIENTO    L.940.99 TOTAL A PAGAR

**DATOS TÉCNICOS**  
NÚMERO DE MEDIDOR: 2018002840768    TARIFA: 101  
TIPO DE CONSUMO: RESIDENCIAL    TENSIÓN: BAJA TENSIÓN  
UBICACIÓN: 001-469-999  
OFICINA COMERCIAL: TEGUIGALPA

**DETALLE DE CONSUMO DE ENERGÍA**  
FECHA DE LECTURA ACTUAL: 23/FEB/2018  
FECHA DE LECTURA ANTERIOR: 24/ENE/2018  
LECTURA ACTUAL (KWH): 88768    CONSUMO (KWH): 238  
LECTURA ANTERIOR (KWH): 88530    MULTIPLICADOR: 1.00  
LECTURA ACTUAL (KVARI): 0    CONSUMO (KVARI): 0  
LECTURA ANTERIOR (KVARI): 0    FACTOR DE POTENCIA: 0

**CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA**

CARGO	LAWH	CONSUMO	VALOR EN LEMPIRAS
PRIMEROS 50 kWh:	1.6210	x 50	= 81.05
MAYOR A 50 kWh:	4.0051	x 188	= 752.96
<b>TOTAL</b>		<b>238</b>	<b>= 834.01</b>

**HISTÓRICO DE CONSUMO (KWH)**

MES	CONSUMO (KWH)
SEP	262
OCT	230
NOV	223
DIC	228
ENE	228
FEB	238

**CONCEPTO DE COBRO EN LEMPIRAS**

COSTO DE ENERGÍA	834.01
ALUMBRADO PÚBLICO	53.44
CARGO DE COMERCIALIZACIÓN	51.59
CARGO DE REGULACIÓN	2.35
CARGOS POR FINANCIAMIENTO	0.00
RECTIFICACION / AJUSTES	0.00
IMPUESTO SOBRE VENTA	0.00
DESCUENTO TERCERA EDAD	0.00
CARGO POR CORTE	0.00
RECARGO POR MORA	0.00
OTROS CARGOS/CREDITOS	0.00
<b>TOTAL MES</b>	<b>940.99</b>

**0224625**    CÓDIGO CLIENTE    ULTIMO PAGO L.    963.34  
FECHA ULT. PAGO    25/FEB/2018  
MESES EN MORA    0

**TOTAL MES L.**    940.99  
**SALDO PENDIENTE L.**    0.00  
**TOTAL A PAGAR L.**    940.99

CONTRATO VIGENTE    0  
VALOR FINANCIADO L.    0  
CUOTIAPLICADA    DE

Figura 7.1.8 Nuevo diseño del recibo eléctrico del sector residencial.

Fuente: <https://www.elheraldo.hn>

### 7.1.2 Monitorización del consumo a través de Smartphones y páginas web

Tabla 7.1.1 El diseño de las páginas web se lo realiza de acuerdo a las siguientes funciones y requerimientos.

Funciones	Requerimientos
INGRESO	Para ingresar al sistema de monitoreo se debe ingresar un usuario y una contraseña valida caso contrario no se tiene acceso al sistema de monitoreo.
INICIO	En la página de inicio se debe mostrar mediciones instantáneas de: voltaje, corriente, potencia, energía instantánea. Además, en esta en esta página se visualizarán los costos por servicio eléctrico, rubros extras y costo total a cancelar.

GRÁFICAS	Se visualizarán graficas de la energía consumida y el costo por la misma, la página se actualizará cada 30 segundos.
CONSULTAS	El usuario podrá realizar consultas diarias, semanales o mensuales en las cuales la página debe proporcionar información acerca de la energía consumida cada hora, día, o semana y su respectivo costo.

Fuente: (Idrovo & Israel, 2016). Tabla: Elaboración propia.

Idrovo & Israel (2016)

Podemos observar la ventana del LX Terminal del Raspberry Pi en donde se muestran los datos recibidos ya acondicionados y además se imprime un mensaje en el que nos indica que los datos recibidos se guardaron correctamente en la base de datos del servidor web. (p.77)

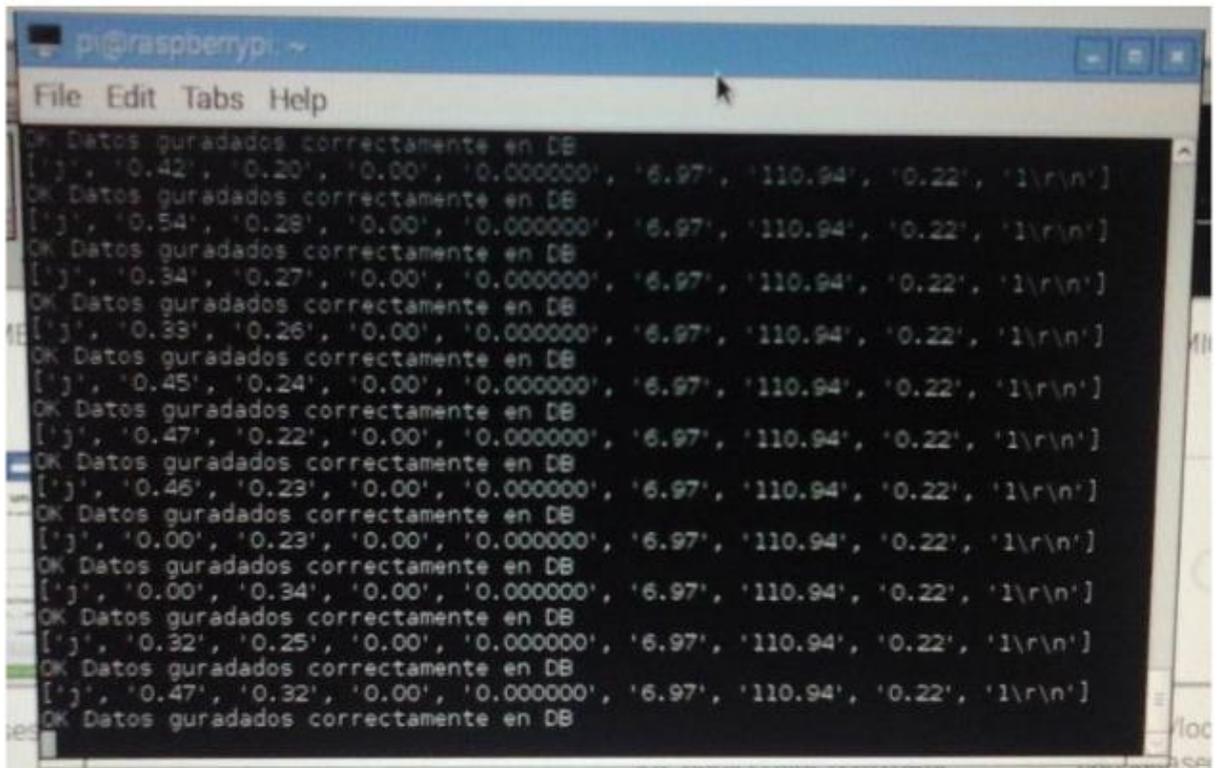


Figura 7.1.9 LX Terminal de Raspberry Pi indicando los datos recibidos y guardados en la base de datos.

Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Para empezar el instante que abrimos un navegador web e introducimos la dirección web del servidor este pide un registro con nombre de usuario y contraseña, si son correctos los parámetros introducidos el servidor web desplegara la página de inicio del sistema de medición y monitoreo. (p.78)



Figura 7.1.10 Página de ingreso al sistema de medición y monitoreo.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Una vez registrados correctamente ingresamos a la página de inicio del sistema de medición y monitoreo, en esta página se muestran los valores de las mediciones instantáneas de voltaje, corriente, potencia y energía las cuales son tomadas de la base de datos del servidor web. (p.78)



Figura 7.1.11 LCD indicando voltaje, corriente, potencia, energía acumulada, hora, fecha.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)



Figura 7.1.12 Consulta mensual y diaria realizada por el usuario.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Se muestra una captura de pantalla del celular del usuario en el cual se ha realizado una consulta mensual enviando la palabra “ConsultaMes” y una consulta diaria con la palabra “ConsultaDia”; cabe recalcar la consulta mensual incluye los rubros extras a cancelar, por otra parte, en la consulta diaria solo se detalla el costo por servicio eléctrico del día. (p.76)



Figura 7.1.13 Mensaje de texto indicando que se superó el límite de consumo mensual de 90 kWh.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Se observa el mensaje de texto enviado por el sistema de medición el momento en que el consumo energético mensual ha superado los 90 kWh. Este límite establecido por la EERCS en Ecuador es válido para todos los usuarios en el nivel de baja tensión y tarifa residencial con y sin demanda horaria. (p.76)

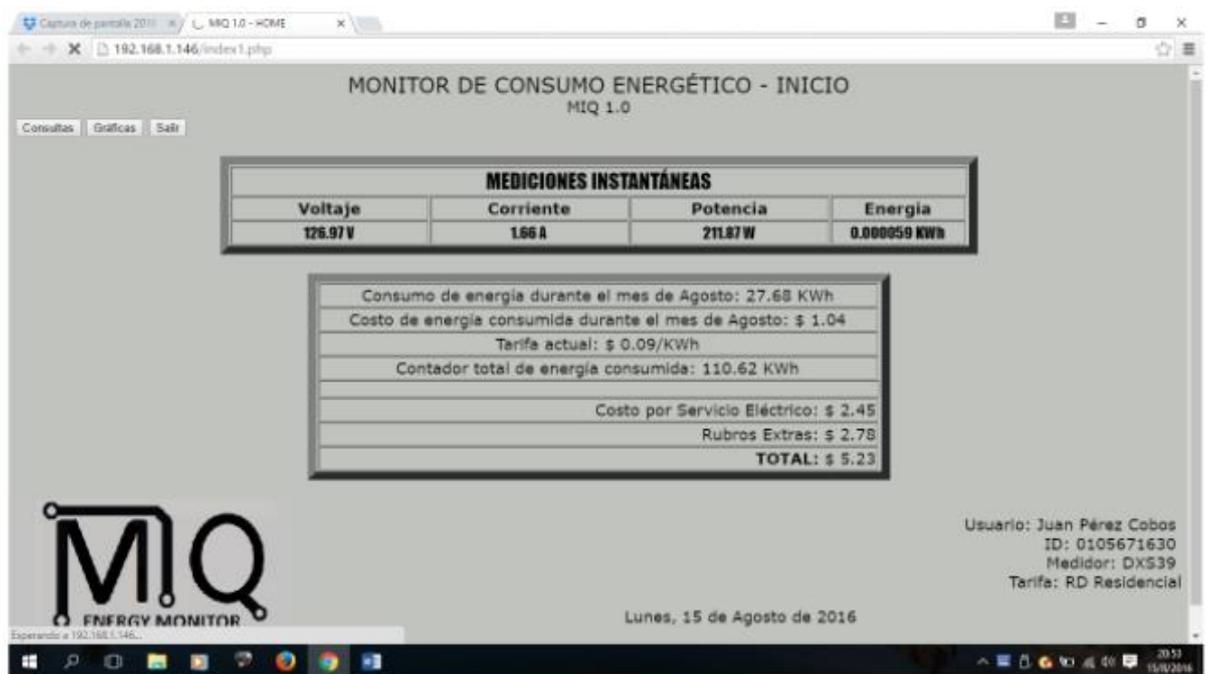


Figura 7.1.14 Página de inicio del sistema de medición y monitoreo.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

(Idrovo & Israel, 2016)

Se muestra la página de inicio que despliega el servidor web del sistema de medición y monitoreo cuando un cliente web realiza una consulta. La página de inicio el sistema cuenta con tres botones con los cuales el usuario puede salir del sistema, ver graficas de consumo y costo instantáneo y realizar consultas de consumo y costo ya sea diarios, semanales o mensuales. (p.79)

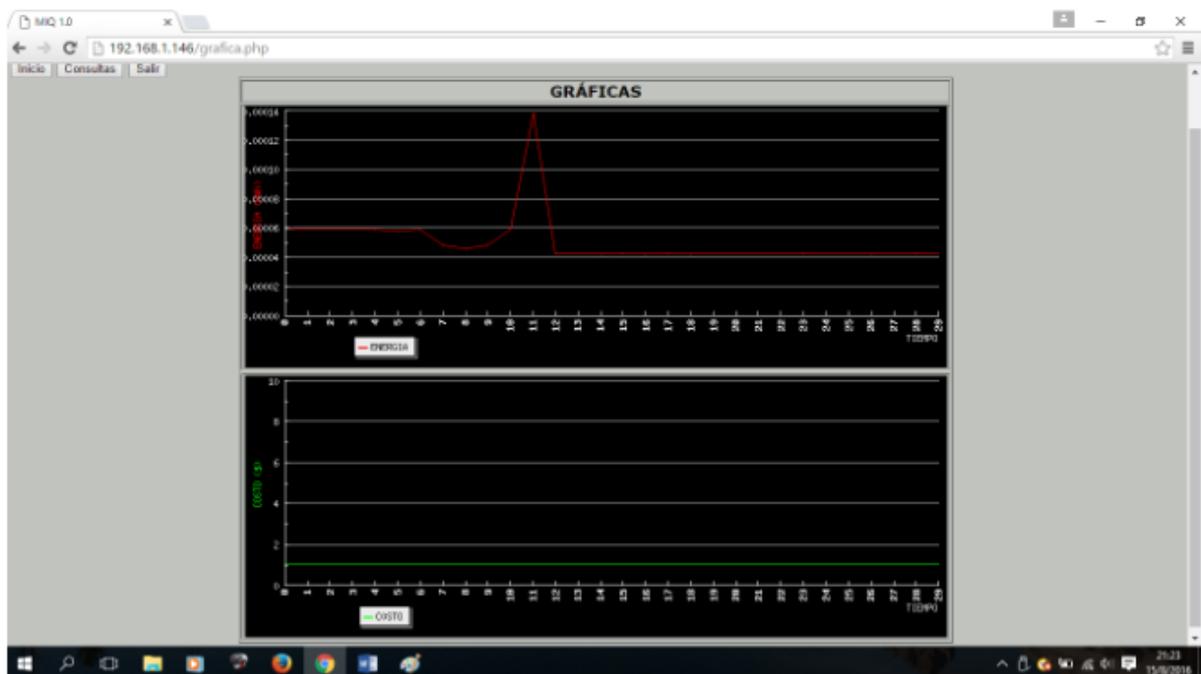


Figura 7.1.15 Página de graficas de energía y costo del sistema de medición y monitoreo.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Las gráficas que despliega el servidor web corresponden a la energía instantánea (grafica de color rojo) que se consumió en los últimos treinta segundos y además se muestra el costo (grafica de color verde) por dicha energía. La página de graficas está diseñada de tal manera que se actualicen cada 30 segundos. (p.79)



Figura 7.1.16 Página de consultas de consumos y costos.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Presionando el botón de consultas, el servidor web nos envía a una página en la cual tenemos tres opciones: consulta diaria, semanal o mensual. Si elegimos realizar una consulta diaria por ejemplo el sistema nos detallará por medio de una tabla cuanta energía eléctrica se consumió durante cada hora del día que se eligió (en nuestro caso 07 de julio de 2016) y cuál es su costo. Adicional a esto se muestra unos gráficos estadísticos a manera de barras para que el usuario pueda tener una mejor percepción de su consumo energético diario. (p.81)

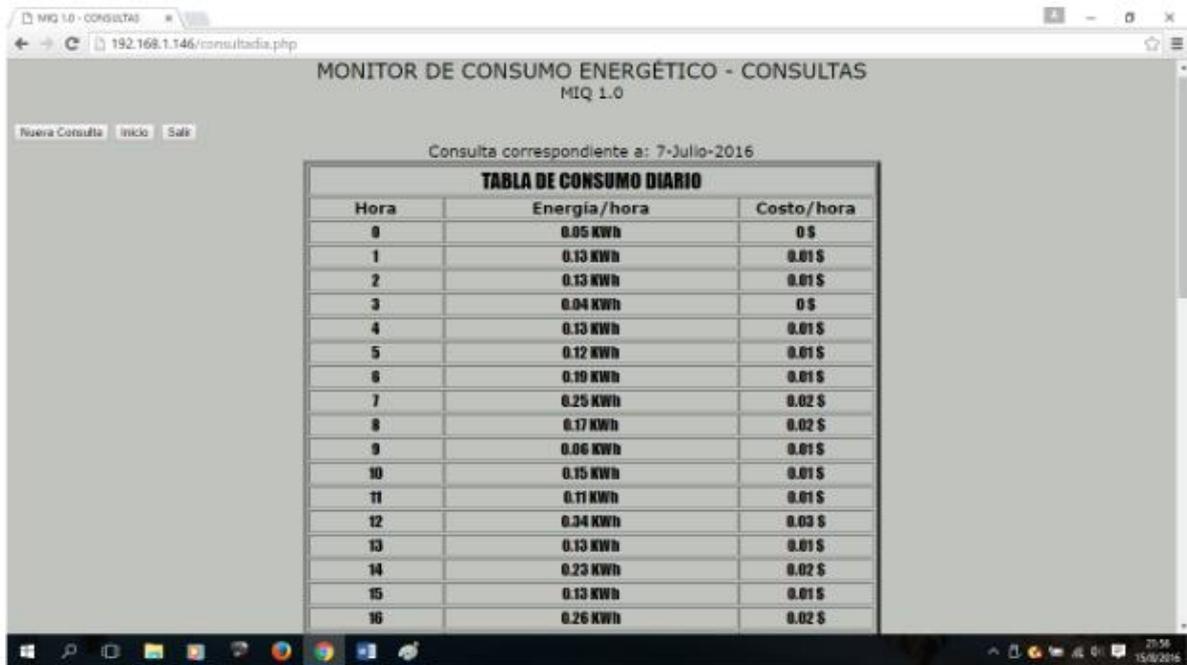


Figura 7.1.17 Página detallando una consulta diaria.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

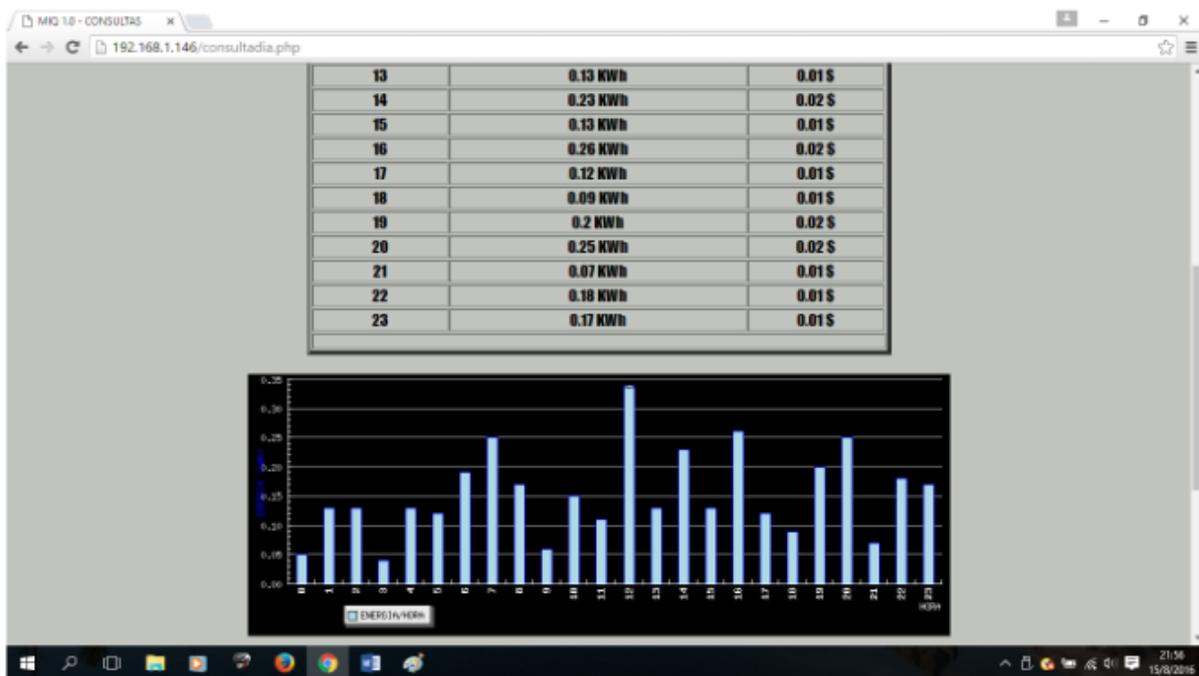


Figura 7.1.18 Página detallando una consulta diaria.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

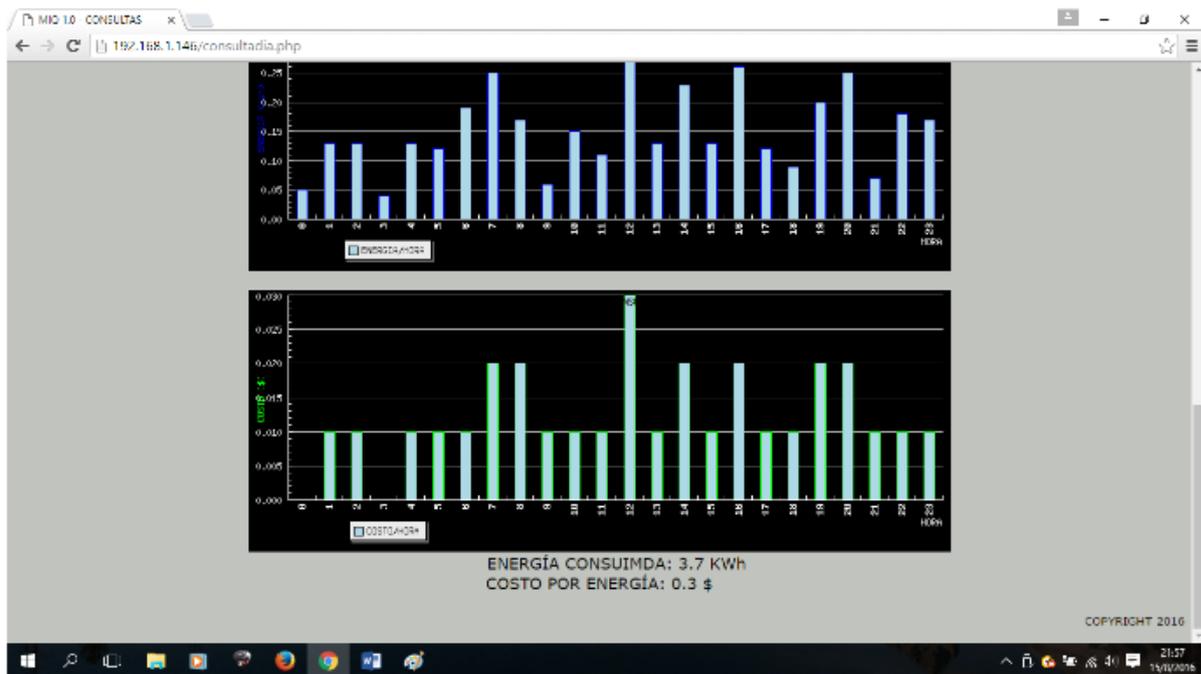


Figura 7.1.19 Página detallando una consulta diaria.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Para regresar a la página de consultas presionamos el botón de nueva consulta. Ahora bien, realizamos una consulta semanal, obviamente se debe elegir la semana mes y año de la cual se desea ver con detalle el consumo energético y su respectivo costo (semana 2 de agosto en este ejemplo). El servidor detallará el consumo y costo de cada día de la semana elegida por medio de tablas y graficas estadísticas similares a las de las consultas diarias. (p.82)

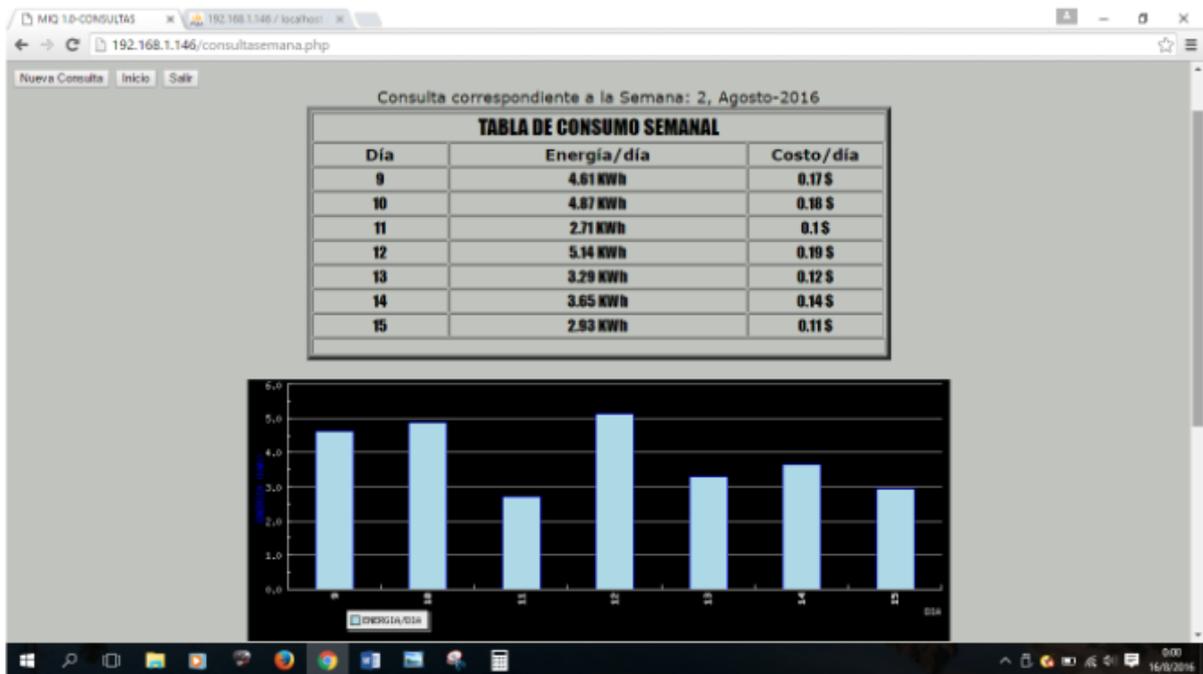


Figura 7.1.20 Página detallando una consulta semanal.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

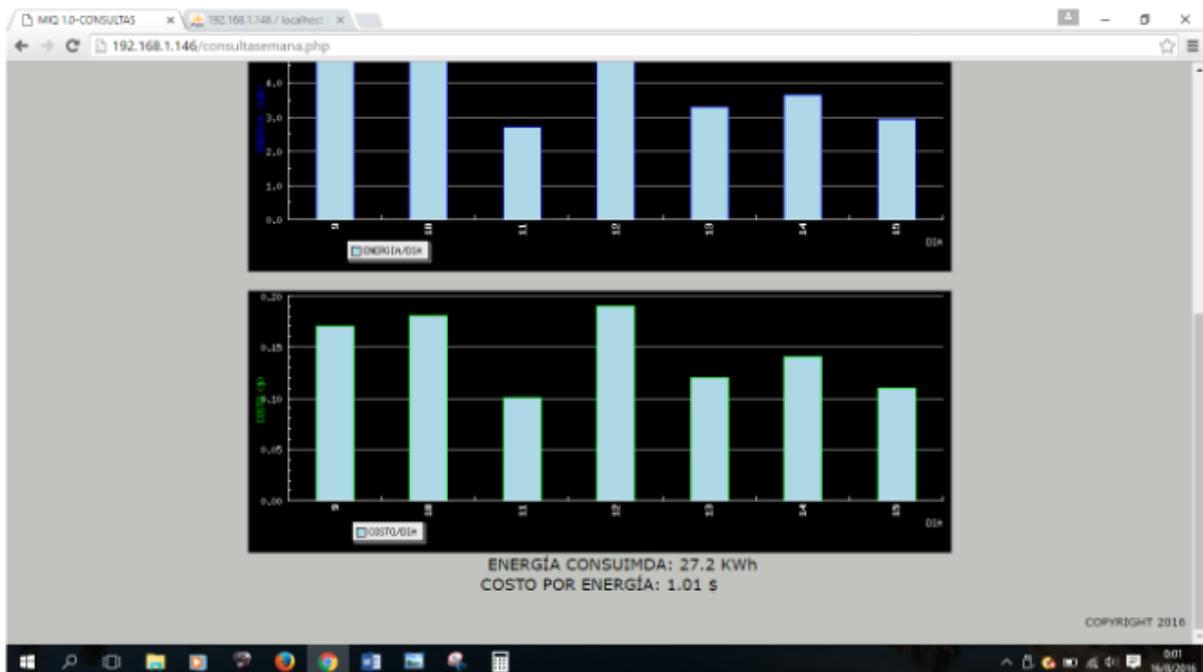


Figura 7.1.21 Página detallando una consulta semanal.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

Idrovo & Israel (2016)

Realizamos una nueva consulta esta vez elegimos la opción mensual (elegimos el mes de agosto), el servidor web detallará el consumo energético y su costo de cada uno de los días del mes elegido mediante una tabla y dos graficas estadísticas

correspondientes al consumo costo. Se puede observar la tabla y sus graficas estadísticas correspondientes a una consulta mensual. (p.83)

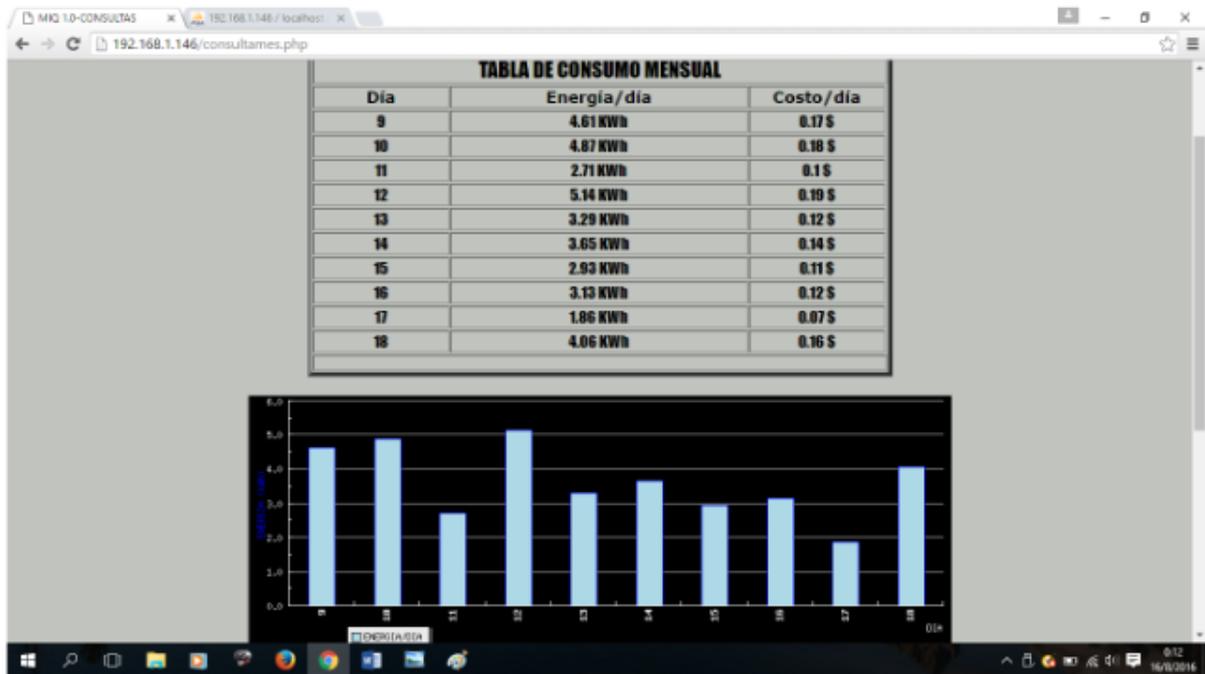


Figura 7.1.22 Página detallando una consulta mensual.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

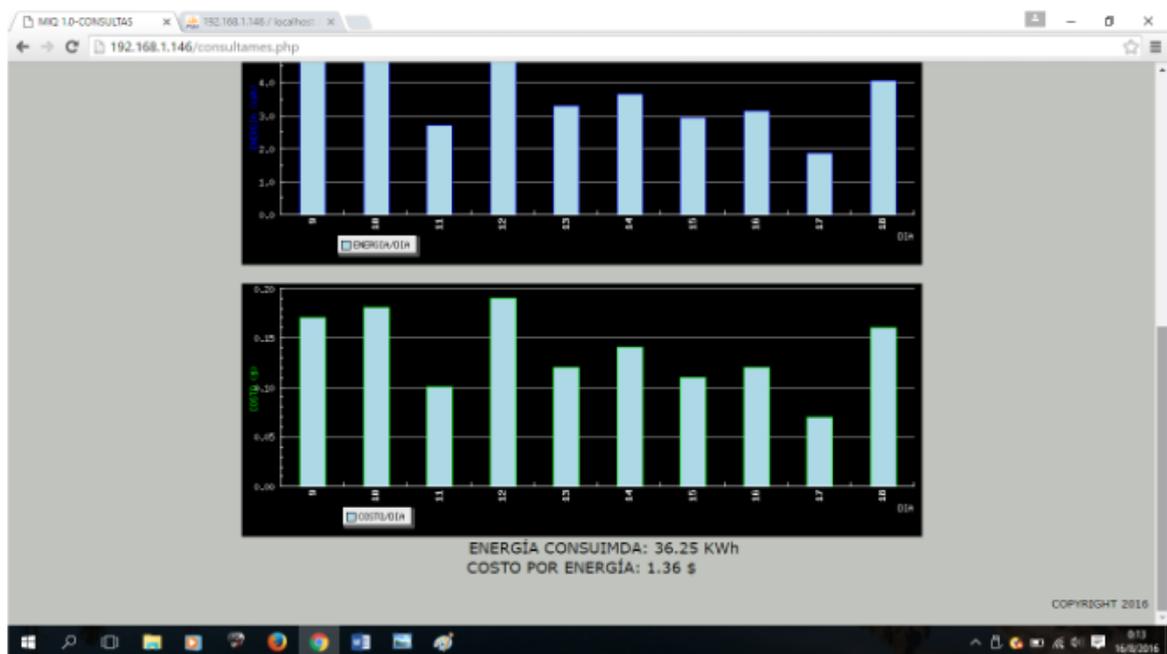


Figura 7.1.23 Página detallando una consulta mensual.  
Fuente: (Idrovo & Israel, 2016)

## 7.2 VIABILIDAD ECONÓMICA

A continuación, se detallará los costes que tendrá la red para su funcionamiento:

### 7.2.1 Datos de la inversión

**Tabla 7.2.1 Tabla de costos de la Red medidora de energía eléctrica premium.**

Cantidad	Descripción	Precio / Unidad	Total
1	Raspberry Pi 2	L 1,605.5	L 1,605.5
1	Fuente para Raspberry	L 617.5	L 617.5
1	Fuente para placa	L 296.4	L 296.4
1	Micro SD (16GB)	L 296.4	L 296.4
1	Adaptador USB (WIFI)	L 197.6	L 197.6
1	Arduino Mega	L 1,062.1	L 1,062.1
1	Modulo GSM/GPRS	L 591	L 591
1	Sensor de corriente SCT013 (60A)	L 395.2	L 395.2
20	Resistencias	L 24.7/10	L 49.4
10	Condensadores	L 49.4/5	L 98.8
1	LCD 20x4	L 352	L 352
1	Carcasa	L 370.5	L 370.5
<b>TOTAL</b>			<b>L 5,932.4</b>

Esta tabla refleja el presupuesto necesario para poder elaborar la red medidora de energía eléctrica, premium.  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.2.2 Tabla de costos de la Red medidora de energía eléctrica estándar.**

Cantidad	Descripción	Precio / Unidad	Total
1	Fuente para placa	L 222.3	L 222.3
1	Arduino UNO	L 467	L 467
1	LCD 20x4	L 352	L 352
1	Sensor de corriente SCT013 (60A)	L 395.2	L 395.2
20	Resistencias	L 24.7/10	L 49.4
10	Condensadores	L 49.4/5	L 98.8
1	Carcasa	L 370.5	L 370.5
<b>TOTAL</b>			<b>L 1,955.2</b>

Esta tabla refleja el presupuesto necesario para poder elaborar la red medidora de energía eléctrica, Estándar.  
Fuente: Elaboración propia.

Como se pudo obtener en la encuesta, un 42.1% de los encuestados han dicho estar de acuerdo con poder pagar entre L 1501 a 2500 dando lugar a poder implementar en sus hogares el sistema de Red de medición de energía eléctrica de manera estándar, que solo se diferencia con la premium en que la estándar no cuenta con el módulo GSM, las lecturas solo se reflejan de manera presencial en las viviendas.

Mientras que, en la red medidora de energía eléctrica premium, uno puede llevar el control desde su celular, modelo que los residentes de la Residencial Las Casitas, no están dispuestos a implementar contando con un 0% de los encuestados.

**Tabla 7.2.3 Tiempo de retorno con la inversión.**

Periodo	Ingresos	Tasa de oportunidades	14%	Efectivo Anual	Flujos netos a Vp	Acumulado con tasa de oportunidad (DPB)
		Egresos	Neto	Acumulado sin tasa de oportunidad (PB)		
0		L 1,000,000.00	L1,000,000.00	L1,000,000.00	L1,000,000.00	L1,000,000.00
1	L250,000.00		L 250,000.00	L750,000.00	L219,298.25	L780,701.75
2	L250,000.00		L 250,000.00	L500,000.00	L192,366.88	L588,334.87
3	L250,000.00		L 250,000.00	L250,000.00	L168,742.88	L419,591.99
4	L625,000.00		L 625,000.00	L375,000.00	L370,050.17	L49,541.82
5	L750,000.00		L 750,000.00	L1,125,000.00	L389,526.50	L339,984.68
		<b>VAN</b>	<b>L339,984.68</b>			
		<b>TIR</b>	<b>25%</b>	Efectivo Anual		
		<b>RI</b>	<b>25%</b>	Efectivo Anual		
		<b>TIRM</b>	<b>25%</b>	Efectivo Anual		
		<b>PB</b>	<b>3.40</b>	Años		
		<b>DPB</b>	<b>4.13</b>	Años		

De acuerdo a los resultados del material de encuestas realizadas para la obtención de información se pudo identificar que el producto tendría buena aceptación en el mercado y es por eso que se tomó la decisión de solicitar un préstamo a una Entidad Financiera por la cantidad de L. 1,000,000.00, para poder cubrir los gastos de producción iniciales. Conforme a los resultados se determinó que la inversión se podrá recuperar en 3 años y medio y a su vez obtener ganancias las cuales serán estipuladas por el volumen de venta y la aceptación del producto con los clientes potenciales.

El precio por el cual los clientes podrán obtener el producto estándar con el que se iniciarán las ventas es de L.2,500.00, se estipuló el mismo en base a que para su producción por unidad se requiere la cantidad de L.1,955.22 lo cual incluye todos los materiales necesarios. Del precio de venta la cantidad restante será dividida en L.250.00 para cubrir los gastos de instalación, mano de obra, entre otros y L.294.78 será la utilidad neta obtenida. No se descarta que el precio de venta por unidad varíe en vista que todo debe ir de la mano al comportamiento del mercado.

Se tomó la decisión de cumplir con la obligación financiera adquirida en el menor tiempo posible para lograr obtener un récord crediticio el cual avale a la empresa al momento de solicitar algún producto financiero que ayude a la sustentación de los gastos administrativos y operativos. En el caso más satisfactorio se invertirá por parte de la cuenta de Bancos, que se logrará formar en base a las utilidades netas una vez cubiertas todas las cuentas por pagar, una parte de la cantidad necesaria se reservará para la ampliación de la planta de producción y la contratación de mano de obra y así cubrir la demanda del mercado.

El producto como tal tiene una vida útil de 3 años máximo lo cual brinda la oportunidad de poder tener recurrencia en las compras por parte de clientes que anteriormente realizaron la adquisición del equipo, es por eso que se desea que la inversión inicial y su tiempo de recuperación cubra ese rango ya que se estima que las ventas vayan ascendiendo y su movimiento este acorde al mismo.

### **7.3 VIABILIDAD DE MERCADO**

Esta tecnología se está utilizando en varios países del mundo y más en países latinoamericanos ya que siempre está el tema de los cobros que no reflejan lo consumido, o los excesivos cobros en las tarifas es por ello que se ha implementado en países como, México, Perú, Ecuador, Colombia y Argentina, validando lo viable que es implementar esta tecnología en nuestras viviendas.

El presente proyecto desarrollado se podría incorporar con la domótica que a lo largo del tiempo ha ido en aumento, perfectamente se podría adicionar al sistema de medición y monitorización, un sistema de control de encendido y apagado de las cargas que se encuentran dentro de la vivienda.

Adicional a eso se podría implementar un sistema en el que se encuentren varios sistemas de medición y monitoreo y exista un servidor central que simularía a la EEH, la misma que cuente con la opción en la cual el servidor de la empresa pueda realizar cortes o reconexión del servicio de una manera remota.

La incorporación de una pantalla táctil o (touch creen) de un display nos dejaría poder seleccionar un menú y configurar el tipo de tarifa a utilizar ya sea Comerciales e industrias, Entidades oficiales, escenarios deportivos, servicio comunitario y abonados especiales, servicio público de agua potable, etc.

Aparte de que el usuario pueda visualizar su energía eléctrica, creo que lo más importante que tiene este sistema es la confianza y estabilidad que genera en el usuario, ya que ayuda a poder estar realmente seguro de su consumo y poder actuar para su bien con el mismo generando una estabilidad financiera y también emocional.

## 7.4 VIABILIDAD SOCIAL

Para poder ayudar a concientizar a la población de un uso adecuado y razonable, se debería de hacer campañas en donde se muestre de qué manera podemos lograr nuevos hábitos para un ahorro en nuestros hogares, comenzando por la iluminación al momento de hacer la compra de lámparas o cualquier tipo de foco, revisar cuanto es el consumo que nos puede ocasionar, también no tener luces encendidas si no hay la necesidad de ellas.

Tener aparatos conectados si no se necesitan o no son de uso frecuente ya por simple que parezca, pero mantener un cargador de celular conectado y no hacer uso del mismo está produciendo un consumo lo cual en ese momento es innecesario y de esa forma se aumenta el consumo.

Otro mal hábito puede ser el mal uso de planchas para ropa en donde no midamos el tiempo o la manera en cómo regular la temperatura de la misma lo cual ocasiona que se desperdicie muchas veces la energía, cosas como esa son básicas que se realizan día a día y que podemos lograr hacer conciencia de un uso moderado el cual sería un beneficio para el mismo usuario.

En cuanto a la medición de cómo es nuestro consumo la empresa de energía eléctrica nos ENEE (2020b) ha brindado un simulador a nuestra disposición para nosotros poder lograr calcular cuánto es que sea en aproximado el consumo con el valor de factura que se debe de pagar.

ENEE (2020b) afirma:

Los clientes de la ENEE pueden tomar lectura de su contador, proceder a realizar una pequeña operación matemática, anotar la lectura que dicta el contador y restarle la lectura del recibo anterior, el resultado de dicha operación son los kilovatios consumidos que debe ingresar al “simulador de factura” y así podrá ver cuánto adeudan hasta ese día por consumo de energía y tomar a tiempo las medidas de ahorro.

## VIII CONCLUSIONES

- Se logró hacer el diseño de un medidor de energía eléctrica, que nos permitirá obtener información sobre el consumo energético de las viviendas de la Residencial Las Casitas. Esto ayudará al usuario final a poder observar el consumo mensual que genera su vivienda y así estar más satisfecho del cobro que genera la factura de EEH.
- Con el medidor de energía eléctrica, se logra analizar el consumo mensual que el usuario final tiene en su vivienda. Esto brinda la facilidad de poder analizar mensualmente que aparato consume más dentro de su hogar, pudiendo así disminuir su uso para evitar facturas elevadas al final del mes.
- Los habitantes de la Residencial Las Casitas, prefieren tener un gasto menor en la implementación de este diseño, dando opción únicamente al modelo estándar, que junto con el premium, se mostró su rentabilidad mediante los procesos explicados en la viabilidad de operación con los diagramas de flujo, con ello, se logró establecer un método eficiente para la lectura y el cálculo del consumo mensual de energía eléctrica, generando que el usuario final logre verificar la exactitud del valor de la factura recibida.
- Se logró realizar el estudio de viabilidad de la investigación desde tres puntos diferentes, la operacional, la económica y la de mercado. La investigación se muestra viable para los usuarios de la Residencial Las Casitas, ya que el diseño es funcional, rentable y de poco manejo en el mercado hondureño, dando lugar a que su implementación sea de beneficio, tanto para el usuario final como para el inversor.
- Se hizo consciencia de cuán importante es el buen uso de la energía eléctrica mediante el control del consumo energético, para que el usuario final logre obtener resultados favorables para su economía y el medio ambiente, es necesario que se ahorre en el consumo mensual de energía eléctrica, y con este diseño el usuario tiene la oportunidad de hacerlo, ya que se podría elaborar un estudio interno en su vivienda para poder informarse de qué aparatos eléctricos le consumen más, generándole gastos más elevados.

## IX RECOMENDACIONES

- Actualmente un gran porcentaje de usuarios que paga mensualmente por el servicio eléctrico desconoce totalmente los costos de las tarifas que tiene la empresa que presta el servicio. Para la prevención de consumo y ahorro energético se diseñó un medidor de energía eléctrica, que nos facilita observar el consumo mensual de la vivienda del usuario final, para que este lleve un mejor control de su consumo diario.
- Luego de realizar el estudio de viabilidad de ambos modelos, se logró concluir que los habitantes de la Residencial Las Casitas, prefieren el modelo más económico, aunque es recomendable utilizar el modelo premium ya que este cuenta con más tecnología para el resguardo de la información del consumo mensual, creando una mayor confianza del usuario final.
- En el mercado hondureño difícilmente se logran encontrar tecnologías útiles para el ahorro energético, mucho menos para poder visualizar cuánto consume el usuario, es de vital importancia que los usuarios cuenten con la mejor tecnología para visualizar su consumo energético, para lograr obtener beneficios en ahorro de energía eléctrica, provocando un gasto menor en las facturas, para esto, es necesario que los usuarios implementen la red de medición de energía eléctrica, por su rentabilidad y su funcionalidad.
- Es importante crear en el usuario final el hábito de ahorro, que se preocupe por generar lo mínimo en el consumo energético, creando una estabilidad financiera tanto al usuario, como al país, por este motivo es necesario implementar este sistema para lograr controlar la forma en que se consume la energía eléctrica, evitando que se malgaste este recurso de manera innecesaria.

## X BIBLIOGRAFÍA

- Arduino. (2014, marzo 10). Control de consumo eléctrico con Arduino. *DIVERTEKA*.  
<http://www.diverteka.com/?p=1966>
- Arduino. (2020). *Arduino—ArduinoBoardMega2560*. arduino.com.  
<https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/arduinoBoardMega2560>
- Arteche. (2020). *Sensores de Media Tensión*. arteche.com.  
<https://www.arteche.com/es/sensores-de-media-tensi%C3%B3n>
- Bazaar, E. (2019, agosto). *Módulo GPRS/GSM v1.0*. elecrow.com.  
[https://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=GPRS/GSM\\_Shield\\_v1.0](https://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=GPRS/GSM_Shield_v1.0)
- Berzal, F., Cortijo, F., & Cubero, J. (2001). *Desarrollo Profesional de Aplicaciones Webcon ASP.NET*. <https://elvex.ugr.es/decsai/csharp/pdf/web/web-book-a4.pdf>
- Blasco, J. (2001). *ANÁLISIS DE LOS REQUISITOS HARDWARE DE UN SISTEMA PARA LA LECTURA REMOTA AUTOMÁTICA DE CONTADORES* [Universidad de Andalucía].  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/10963/direccion/Archivos%252F>
- Boylestad, R. (2004). *Introducción al Análisis de Circuitos* (10ma ed.). PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Cervantes, C. C. V. (2020). *CVC. Diccionario de términos clave de ELE. Metodología cuantitativa*. cvc.cervantes.es; Instituto Cervantes.  
[https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca\\_ele/diccio\\_ele/diccionario/metodologiacuantitativa.htm](https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/metodologiacuantitativa.htm)
- Cervantes, J., & Dolores, J. (1995). *Sistemas de distribución de energía eléctrica. Primera edición*, 170. <https://core.ac.uk/download/pdf/48392416.pdf>
- Cheley, J. (2013). *DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE FALLAS EN MEDIDORES DE ENERGÍA DEL TIPO ELECTRÓNICO DOMICILIARES* [Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0845\\_EA.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0845_EA.pdf)

- Contreras, M. (2015). “*DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN, MONITOREO Y CONTROL DE CARGA ELÉCTRICA PARA APLICACIONES DOMÉSTICAS.*” [UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE CUENCA]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8814/1/UPS-CT005032.pdf>
- CREE. (2020, marzo). Informe Trimestral de Tarifas. *CREE*. <https://cree.gob.hn/informe-trimestral-de-tarifas/>
- Date, C. (2001). *Introduccion a los Sistemas de Bases de Datos. Septima Edición*, 960. [https://www.academia.edu/7252740/Introduccion\\_a\\_los\\_Sistemas\\_de\\_Bases\\_de\\_Datos\\_-\\_C.\\_J.\\_Date](https://www.academia.edu/7252740/Introduccion_a_los_Sistemas_de_Bases_de_Datos_-_C._J._Date)
- Doutel, F. (2015, febrero 10). *Probamos la nueva Raspberry Pi 2: A fondo*. Xataka Smart Home. <https://www.xatakahome.com/trucos-y-bricolaje-smart/probamos-la-nueva-raspberry-pi-2-a-fondo>
- DS1307.pdf*. (s. f.). Recuperado 13 de marzo de 2020, de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf>
- El Herald. (2019, julio). *ENEE y EEH implementan nuevo sistema para la lectura y consumo eléctrico*. Diario El Herald. <https://www.elheraldo.hn/economia/1302798-466/enee-y-eeh-implementan-nuevo-sistema-para-la-lectura-y-consumo-eléctrico>
- El País. (2019, diciembre 8). *Sector maquilador expande su visión hacia la industria de la tecnología—Diario El País*. EL PAIS. <https://www.elpais.hn/2019/12/08/sector-maquilador-expande-su-vision-hacia-la-industria-de-la-tecnologia/>
- ENEE. (2020a). *Historia*. eeh.hn. <http://www.enee.hn/index.php/empresa/86-historia>
- ENEE. (2020b, abril). *EMPRESA NACIONAL DE ENERGIA ELECTRICA - ENEE - GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS*. eenee.hn.

<http://www.enee.hn/index.php/component/content/article/156-periodistas/787-enee-pone-a-disposicion-de-sus-clientes-simulador-de-factura-electrica>

Idrovo, S., & Israel, D. (2016). *Diseño e implementación de un medidor de energía electrónico para vivienda, con orientación a la prevención de consumo y ahorro energético*. 122.

La Gaceta. (2015, noviembre 18). Comisión Reguladora de Energía Eléctrica CREE. *La Gaceta*, 28.

[https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver\\_documento.php?uid=MjE0NTU3ODkzNDc2MzQ4NzEyNDYxOTg3MjM0Mg==](https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver_documento.php?uid=MjE0NTU3ODkzNDc2MzQ4NzEyNDYxOTg3MjM0Mg==)

La Gaceta, L. G. (2016, abril). *REGLAMENTO PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS PROVISIONALES*. 17.

<https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/REGLAMENTO-PARA-EL-CALCULO-DE-TARIFAS-PROVISIONALES.compressed.pdf>

La Prensa. (2019, abril). *Aumenta indignación contra EEH - Diario La Prensa*. <https://www.laprensa.hn/honduras/1272021-410/aumenta-indignacion-contra-empresa-energia-honduras-eeh-aumento-luz>

Lechtaler, A. R. C., & Fusario, R. J. (2006). *Teleinformatica Para Ingenieros en Sistemas de Informacion*. Reverte.

Navarrete, M. (2019, julio). *Estadística de producción de electricidad de los países del Sistema de Integración Centroamericana (SICA)*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43784/S1800704\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43784/S1800704_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Raspberry. (2020). *FAQs—Raspberry Pi Documentation*. <https://www.raspberrypi.org/documentation/faqs/#introduction>

Recio, J. (2020, febrero). *La Energía*. [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/index.html?1&0](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/index.html?1&0)

- Recope. (2019, noviembre). *Búnker C*. RECOPE. <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/bunker-c/>
- Rodríguez, L. (2019a, mayo). *EEH aún promedia consumo de energía eléctrica a 195,338 clientes de la ENEE*. Diario El Heraldo. <https://www.elheraldo.hn/economia/1285039-466/eeh-a%C3%BAAn-promedia-consumo-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-a-195338-clientes-de-la>
- Rodríguez, L. (2019b, septiembre). *Desplome de precios del bunker abaratará costo de energía en Honduras*. Diario El Heraldo. <https://www.elheraldo.hn/economia/1317796-466/desplome-de-precios-del-bunker-abaratará-costode-energía-en-honduras>
- Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edición). MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Sernández, C. (2014, marzo 14). *¿Qué es la energía reactiva y por qué se refleja en la factura de la luz de tu empresa?* *Gesternova Energía*. <https://gesternova.com/que-es-la-energia-reactiva-y-por-que-se-refleja-en-la-factura-de-la-luz-de-tu-empresa/>
- Sevilla, B. (2019, noviembre). *Generación de energía renovable por tipo de fuente energética 2018*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/638825/generacion-mundial-de-energia-renovable-por-tipo-de-fuente-energetica/>
- Stevens, M. (2016). *METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN*. [https://sites.google.com.site/metodologiadeinvestigaciontense/enfoques-mixtos](https://sites.google.com/site/metodologiadeinvestigaciontense/enfoques-mixtos)
- Tiempo, D. (2018, mayo 7). *EEH impone nuevos contadores y la gente se revela en contra*. Tiempo.hn | Noticias de última hora y sucesos de Honduras. Deportes, Ciencia y Entretenimiento en general. <https://tiempo.hn/eeh-enee-energia-electrica/>
- Villeda, J. (2015). *UF1271 Instalación y Configuración del Software de Servidor Web* (Primera edición). Editorial ELearning, S.L.

<https://books.google.hn/books?id=UHpXDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Juan+Jos%C3%A9+Guti%C3%A9rrez+Ca%C3%Blizares%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjnisHKyJjoAhUOh-AKHQuBAW8Q6AEINTAC#v=onepage&q&f=false>

## XI ANEXOS

### 11.1 ANEXO 1:

#### ENCUESTA

#### DISEÑO DE UNA RED DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ARTEFACTOS DOMÉSTICOS EN LA RESIDENCIAL LAS CASITAS EN LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA

Víctor Andrés Euceda Flores

El siguiente instrumento es para poder analizar el consumo energético de los residentes de la Residencial Las Casitas de Tegucigalpa, Honduras, con el fin de concientizar en el ahorro de energía eléctrica para evitar facturas elevadas.

**INSTRUCCIONES:** Para responder al cuestionario, seleccione la respuesta que mejor se adecue a su realidad personal. Por favor no olvide que debe responder todas las preguntas que se plantean sin dejar ninguna en blanco.

1. ¿Genero?  
Masculino   
Femenino
2. ¿Estado civil?  
Soltero   
Casado
3. ¿Cuántos familiares viven en su hogar?  
Especifique. \_\_\_\_\_
4. ¿Conoce usted su consumo mensual de energía eléctrica?  
Si   
No  Si su respuesta es No pase a finalizar encuesta.
5. ¿Cuál es el promedio mensual de su consumo energético?  
0 a 500L  
501 a 1000L  
1001 a 1500L  
1501 a 2000L  
2001 a 2500L  
Más de 2500L Especifique \_\_\_\_\_

6. ¿Está conforme usted con su pago mensual de consumo energético?  
 Si   
 No
7. ¿Se considera una persona ahorrativa de energía eléctrica?  
 Si   
 No
8. ¿Con que tipos aparatos eléctricos cuenta en su casa?  
 Televisores   
 Microondas   
 Refrigeradora   
 Licuadora   
 Cafetera   
 Lavadora   
 Estufa eléctrica   
 Secadora de ropa   
 Secadora de cabello   
 Plancha de Cabello   
 Aire Acondicionado  esp. Cuantos \_\_\_\_\_  
 Duchas  esp. cuantos \_\_\_\_\_  
 Aparatos de Sonido   
 Plancha   
 Computadoras   
 Otros: \_\_\_\_\_
9. ¿Le gustaría implementar en su hogar un sistema de red para medir y llevar el control de su consumo energético?  
 Si   
 No
10. ¿Cuánto estaría dispuesta a pagar por un sistema como el mencionado?  
 0 a 500L  
 501 a 1000L  
 1001 a 1500L  
 1501 a 2000L  
 2001 a 2500L  
 Más de 2500L Especifique \_\_\_\_\_

Agradecemos los aportes brindados en la resolución de esta encuesta.

## 11.2 ANEXO 2:

### ENTREVISTA

#### DISEÑO DE UNA RED DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA ARTEFACTOS DOMÉSTICOS EN LA RESIDENCIAL LAS CASITAS EN LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA

Víctor Andrés Euceda Flores

El siguiente instrumento es de mucha importancia para poder enriquecer esta investigación con la opinión de un experto, para poder responder a las dudas planteadas.

INSTRUCCIONES: Por favor responder de la manera más clara y profesional a todas las preguntas elaboradas.

1. ¿Qué tipo de problemas se han encontrado con la medición del consumo de los abonados?
2. ¿En qué consiste la factura promediada?
3. ¿Cuáles son los tipos de hurtos existentes y qué están haciendo para evitarlos?
4. ¿Ustedes cubren el 100% de la población hondureña para realizar la medición eléctrica?
5. ¿Qué tan confiable son los medidores inteligentes?
6. ¿Qué diferencia tienen estos medidores con los análogos?
7. ¿Han elaborado algún estudio comparando ambos medidores?
8. ¿Qué porcentaje de cambio de medidores análogos a inteligentes tienen hasta la fecha?
9. ¿Es realmente cierto que si las personas ahorran energía eléctrica se verá reflejado en su facturación?

Gracias por su colaboración.