

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MEDIDOR DE ENERGÍA ELECTRÓNICO PARA VIVIENDA, CON ORIENTACIÓN A LA PREVENCIÓN DE CONSUMO Y AHORRO ENERGÉTICO.

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Autores:**

DIEGO ISRAEL SAMANIEGO IDROVO

DIEGO FERNANDO VELESACA ORELLANA

**Tutor:**

ING. JULIO CESAR ZAMBRANO ABAD.

**CUENCA, AGOSTO DE 2016**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Cuenca, Agosto de 2016

Nosotros Diego Israel Samaniego Idrovo con documento de identidad N° 010496729-4 y Diego Fernando Velesaca Orellana con documento de identidad N° 010567163-0, manifestamos nuestra voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del proyecto del proyecto de titulación intitulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MEDIDOR DE ENERGÍA ELECTRÓNICO PARA VIVIENDA, CON ORIENTACIÓN A LA PREVENCIÓN DE CONSUMO Y AHORRO ENERGÉTICO.”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación de lo determinado en la ley de propiedad intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del proyecto final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



**Diego Israel Samaniego Idrovo**

**CI: 010496729-4**




**Diego Fernando Velesaca Orellana**

**CI: 010567163-0**

## CERTIFICACIÓN

En calidad de DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN ***“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MEDIDOR DE ENERGÍA ELECTRÓNICO PARA VIVIENDA, CON ORIENTACIÓN A LA PREVENCIÓN DE CONSUMO Y AHORRO ENERGÉTICO.”***, elaborado por Diego Israel Samaniego Idrovo y Diego Fernando Velesaca Orellana, declaro y certifico la aprobación del presente trabajo de titulación basándose en la supervisión y revisión de su contenido.

**Cuenca, Agosto del 2016**



Ing. Julio Cesar Zambrano Abad

**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los autores son los únicos responsables por los contenidos, conceptos, ideas, análisis, resultados investigativos y manifestados en el presente trabajo de titulación ***“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MEDIDOR DE ENERGÍA ELECTRÓNICO PARA VIVIENDA, CON ORIENTACIÓN A LA PREVENCIÓN DE CONSUMO Y AHORRO ENERGÉTICO”***, certifico que el contenido total del presente es de nuestra exclusiva y autoría.

Cuenca, Agosto del 2016



**Diego Israel Samaniego Idrovo**

**CI: 010496729-4**



**Diego Fernando Velesaca Orellana**

**CI: 010567163-0**

---

# ÍNDICE

---

Índice.....	I
Índice de figuras.....	IV
Índice de tablas.....	VIII
Agradecimientos.....	X
Dedicatoria.....	XI
JUSTIFICACIÓN.....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
<b>1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ....</b>	<b>14</b>
1.1. ENERGÍA ELÉCTRICA.....	14
1.2. MEDIDORES O CONTADORES DE ENERGÍA.....	16
1.3. SISTEMA DE TARIFACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR.....	19
1.4. TARIFAS DE BAJA TENSIÓN .....	20
1.4.1. TARIFA RESIDENCIAL.....	20
1.4.2. TARIFA RESIDENCIAL TEMPORAL .....	20
1.4.3. TARIFA GENERAL DE BAJA TENSIÓN .....	20
1.4.4. TARIFA GENERAL SIN DEMANDA.....	21
1.4.5. TARIFA GENERAL CON DEMANDA.....	21
1.4.6. TARIFA GENERAL DE BAJA TENSIÓN CON REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA .....	23
1.5. FACTURACIÓN MENSUAL POR EL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	23
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.....</b>	<b>29</b>
2.1. SISTEMA DE MEDICIÓN.....	29
2.1.1. VALOR EQUIVALENTE, EFICAZ O RMS .....	30
2.1.2. SISTEMA DE MEDICIÓN DE TENSIÓN.....	30
2.1.3. SISTEMA DE MEDICIÓN DE CORRIENTE .....	31
2.2. MÓDULO DE PROCESAMIENTO Y CÁLCULO. ....	33
2.3. SERVIDOR WEB Y BASE DE DATOS.....	34
2.4. COMUNICACIÓN.....	38
2.4.1. COMUNICACIÓN SERIAL.....	38
2.4.2. RELOJ DE TIEMPO REAL.....	39

2.4.3.	MÓDULO GPRS / GSM V1.0 .....	40
<b>3.</b>	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN .....</b>	<b>42</b>
3.1.	DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE PARA MEDIR EL CONSUMO ENERGÉTICO. ....	43
3.1.1.	DESARROLLO DEL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO Y CÁLCULO.....	43
3.1.2	DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA COMUNICACIÓN DEL SISTEMA .	48
3.2.	DISEÑO DEL SERVIDOR WEB Y BASE DE DATOS.....	50
3.2.1	IMPLEMENTACIÓN DEL SERVIDOR WEB .....	50
3.2.2	IMPLEMENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS .....	52
3.3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN CON EL SERVIDOR WEB.	54
3.3.1	DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE MICROCONTROLADOR Y SERVIDOR WEB .....	54
3.3.2	DISEÑO DE PÁGINAS WEB PARA MONITOREAR EL CONSUMO ENERGÉTICO 56	56
3.3.3	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE. ....	57
<b>4.</b>	<b>PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>60</b>
4.1.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE MEDIDOS POR EL SISTEMA. ....	60
4.1.1.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJE MEDIDOS POR EL SISTEMA. 61	61
4.1.2.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LOS VALORES DE CORRIENTE MEDIDOS POR EL SISTEMA. ....	64
4.2.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE POTENCIA Y CONSUMO ENERGÉTICO ENTREGADOS POR EL SISTEMA. ....	66
4.2.1.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE POTENCIA MEDIDOS POR EL SISTEMA DESARROLLADO. ....	67
4.2.2.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE CONSUMO ENERGÉTICO CALCULADOS POR EL SISTEMA DESARROLLADO.....	70
4.3.	PRUEBAS DE MONITOREO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN EN CONJUNTO CON EL SERVIDOR WEB. ....	71
4.3.1.	PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE MEDICIÓN, SERVIDOR WEB Y MÓDULO GSM. ....	72
4.3.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO INTEGRADOS EL SISTEMA DE MEDICIÓN CON EL SERVIDOR WEB. ....	74
4.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA PLANTEADO .....	80
4.4.1.	FUENTE FINANCIERA .....	80
4.4.2.	ESTUDIO DE INSUMOS .....	82
4.4.3.	ESTUDIO DE RENTABILIDAD .....	85
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>90</b>
	<b>TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>93</b>

<b>ANEXOS.....</b>	<b>94</b>
ANEXO 1.....	94
ANEXO 2.....	104
ANEXO 3.....	105
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>116</b>

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1.</b> Esquema de la distribución de tensión. ....	16
<b>Figura 1.2.</b> Contador de energía electromecánico [6].....	17
<b>Figura 1.3.</b> Representación esquemática de un contador electromecánico [5]. ....	18
<b>Figura 1.4.</b> Contador de energía electrónico [7]. ....	19
<b>Figura 1.5.</b> Planilla de energía de la empresa eléctrica CENTROSUR .....	26
<b>Figura 1.6.</b> Planilla de energía de la empresa eléctrica CENTROSUR.....	28
<b>Figura 1.7.</b> Planilla de energía de la empresa eléctrica CENTROSUR .....	28
<b>Figura 2.1.</b> Diagrama general del sistema a desarrollar.....	29
<b>Figura 2.2.</b> Valor eficaz de una señal senoidal [12].....	30
<b>Figura 2.3.</b> Esquema del sistema de medición de tensión.....	31
<b>Figura 2.4.</b> Señal de tensión original (rojo) y señal atenuada (azul).....	31
<b>Figura 2.5.</b> Sensor de corriente de efecto hall SCT013 [15]. ....	32
<b>Figura 2.6.</b> Esquema del sistema de medición de corriente.....	32
<b>Figura 2.7.</b> Arduino Mega2560 [16]. ....	33
<b>Figura 2.8.</b> Raspberry Pi 2 [19].....	34
<b>Figura 2.9.</b> Imagen simplificada de un sistema de base de datos [20].....	36
<b>Figura 2.10.</b> Servidor web y cliente web .....	36
<b>Figura 2.11.</b> Funcionamiento simplificado del protocolo HTTP.....	37
<b>Figura 2.12.</b> Esquema explicativo de la conexión serial entre Raspberry 2, Arduino mega 2560, Módulo GPRS / GSM V1.0.....	38
<b>Figura 2.13.</b> Conexión puerto serial [25] .....	39



<b>Figura 2.14.</b> Esquema de conexión del integrado DS1307.....	40
<b>Figura 2.15.</b> Módulo GPRS / GSM V1.0 [27] .....	41
<b>Figura 3.1.</b> Diagrama de flujo desarrollo del software. ....	42
<b>Figura 3.2.</b> Circuito para medir el voltaje con un microcontrolador.....	43
<b>Figura 3.3.</b> Circuito para medir la corriente con un microcontrolador. ....	44
<b>Figura 3.4.</b> Diagrama de flujo para medir valores RMS.....	45
<b>Figura 3.5.</b> Diagrama de flujo para calcular costo a cancelar. ....	47
<b>Figura 3.6.</b> Diagrama de flujo para guardar datos en la memoria EEPROM del microcontrolador.....	48
<b>Figura 3.7.</b> Diagrama de flujo para comunicación entre microcontrolador y GSM. ....	49
<b>Figura 3.8.</b> Servidor web apache2 instalado correctamente.....	52
<b>Figura 3.9.</b> Editar archivo php.ini del servidor apache. ....	53
<b>Figura 3.10.</b> Página de inicio de phpMyAdmin. ....	54
<b>Figura 3.11.</b> Diagrama de flujo para comunicación entre microcontrolador y servidor web.....	55
<b>Figura 3.12.</b> Diagrama esquemático del sistema. ....	57
<b>Figura 3.13.</b> Diseño final del PCB. ....	58
<b>Figura 3.14.</b> Integración de hardware de sistema de medición.....	58
<b>Figura 3.15.</b> Implementación y montaje del sistema de medición con el servidor web. ....	59
<b>Figura 3.16.</b> Vista frontal del sistema de medición implementado.....	59
<b>Figura 4.1.</b> Multímetro FLUKE 189 y pinza amperométrica FLUKE i1010 [32]....	60
<b>Figura 4.2.</b> Analizador monofásico PROVA WM-02.....	61

<b>Figura 4.3.</b> LCD indicando Voltaje, Corriente, Potencia, Energía Acumulada, Hora, Fecha. ....	61
<b>Figura 4.4.</b> Mediciones de voltaje realizadas por el medidor electrónico y los instrumentos patrones.....	63
<b>Figura 4.5.</b> Mediciones de corriente realizadas por el medidor electrónico y los instrumentos patrones.....	65
<b>Figura 4.6.</b> Medidor electrónico utilizado por la EERCS. ....	66
<b>Figura 4.7.</b> Mediciones de potencia realizadas por el medidor electrónico y analizador monofásico PROVA VM-02.....	69
<b>Figura 4.8.</b> Mediciones de consumo realizadas por el medidor electrónico y el medidor de la EERCS.....	71
<b>Figura 4.9.</b> Consulta mensual y diaria realizada por el usuario. ....	72
<b>Figura 4.10.</b> Mensaje de texto indicando que se superó el límite de consumo mensual de 90 KWh. ....	73
<b>Figura 4.11.</b> LX Terminal de Raspberry Pi indicando los datos recibidos y guardados en la base de datos.....	73
<b>Figura 4.12.</b> Página de ingreso al sistema de medición y monitoreo.....	74
<b>Figura 4.13.</b> Página de inicio del sistema de medición y monitoreo. ....	75
<b>Figura 4.14.</b> Página de graficas de energía y costo del sistema de medición y monitoreo. ....	76
<b>Figura 4.15.</b> Página de consultas de consumos y costos.....	76
<b>Figura 4.16.</b> Página detallando una consulta diaria. ....	77
<b>Figura 4.17.</b> Página detallando una consulta diaria. ....	77
<b>Figura 4.18.</b> Página detallando una consulta diaria. ....	78
<b>Figura 4.19.</b> Página detallando una consulta semanal. ....	78
<b>Figura 4.20.</b> Página detallando una consulta semanal. ....	79

<b>Figura 4.21.</b> Página detallando una consulta mensual. ....	79
<b>Figura 4.22.</b> Página detallando una consulta semanal. ....	80
<b>Figura 4.23.</b> Interés del préstamo [34]. ....	81
<b>Figura 4.24.</b> Tasa de interés [34].....	81
<b>Figura 4.25.</b> Cuotas apagar [34].....	81

---

## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.1.</b> Centrales eléctricas del ecuador [4]. .....	16
<b>Tabla 1.2.</b> Cargos tarifarios para usuarios residenciales [8]. .....	21
<b>Tabla 1.3.</b> Tarifa general sin demanda [8]. .....	22
<b>Tabla 1.4.</b> Tarifa general con demanda [8]. .....	22
<b>Tabla 1.5.</b> Tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria [8]... ..	24
<b>Tabla 4.1.</b> Valores de tensiones medidas por el sistema. ....	62
<b>Tabla 4.2.</b> Precisión, error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de voltaje.....	63
<b>Tabla 4.3.</b> Valores de corrientes medidos por el sistema. ....	64
<b>Tabla 4.4.</b> Precisión, error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de corriente.....	65
<b>Tabla 4.5.</b> Electrodomésticos con sus valores de voltaje, frecuencia y potencia indicados por el fabricante. ....	67
<b>Tabla 4.6.</b> Valores de potencia instantánea medidos por el sistema. ....	68
<b>Tabla 4.7.</b> Precisión, error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de potencia. ....	69
<b>Tabla 4.8.</b> Error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de consumo... ..	70
<b>Tabla 4.9.</b> Capital inicial. ....	80
<b>Tabla 4.10.</b> Materia prima directa. ....	82
<b>Tabla 4.11.</b> Materia prima indirecta.....	83
<b>Tabla 4.12.</b> Herramientas y equipos.....	83
<b>Tabla 4.13.</b> Mano de obra.....	83

<b>Tabla 4.14.</b> Servicios básicos.....	84
<b>Tabla 4.15.</b> Implementación por unidad.....	84
<b>Tabla 4.16.</b> Egresos del primer año.....	86
<b>Tabla 4. 17.</b> Egresos del segundo año.....	86
<b>Tabla 4.18.</b> Egresos del tercer año.....	87
<b>Tabla 4.19.</b> Ingresos del primer año.....	87
<b>Tabla 4.20.</b> Ingresos del segundo año.....	87
<b>Tabla 4.21</b> Ingresos del tercer año.....	88
<b>Tabla 4.22.</b> Flujo de caja.....	88
<b>Tabla 4.23.</b> Cálculos VAN y TIR.....	89

---

## **AGRADECIMIENTOS**

---

Agradecemos de manera muy especial a nuestro tutor del proyecto técnico Ing. Julio Cesar Zambrano Abad quien nos brindó todo su apoyo al sabernos guiar y ayudar al realizar este trabajo de titulación ya que, con sus conocimientos, su paciencia, responsabilidad y motivación, han sido fundamentales para la formación como investigadores y como buenos profesionales.

Y un gran infinito agradecimiento a nuestros padres ya que sin ellos no podríamos llegar tan lejos gracias a su apoyo se ve finalizado nuestro proyecto de graduación. Además, a cada uno nuestros familiares y amigos ya que de alguna u otra manera nos dieron fortaleza en seguir luchando hasta el final.

**DIEGO SAMANIEGO IDROVO**

A mis padres Galo y Blanca, que durante todo este tiempo me han demostrado su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida demostrándome su cariño infinito siendo mis guías y maestros durante este aprendizaje que es la vida. A mis queridos hermanos Patricio, Marco y Samantha que me han ayudado a crecer en mi vida personal y profesional siendo una gran fuente de apoyo en momentos difíciles y de regocijo.

Al Ing. Julio Zambrano por habernos brindado su tiempo y apoyo que fueron indispensables para el desarrollo de este trabajo de titulación.

**DIEGO VELESACA ORELLANA**

---

## **DEDICATORIA**

---

En primer lugar quiero dedicar a Dios, por brindarme la salud y llenarme de vida para poder cumplir con una meta más de mi vida, por guiarme mi camino y extenderme su mano para salir adelante y nunca darme por vencido. A mis padres Nohemí Idrovo y Nilo Samaniego por guiarme desde pequeño y jamás a darme por vencido ante las pruebas que se nos presenta en la vida, otorgándome su amor en cada concejo que me dan, a mis hermanos y toda mi familia por ser el apoyo fundamental en vida y durante mi carrera universitaria. A mis amigos que estuvieron apoyando a lo largo de formación profesional.

**DIEGO SAMANIEGO IDROVO**

A toda mi familia que estuvo conmigo inconcinamente brindándome su apoyo durante todos estos años de este arduo y largo camino. Gracias a ustedes puedo culminar con satisfacción otra etapa en mi vida profesional.

A los amigos, conocidos y compañeros que me acompañaron durante estos años y que de una u otra manera aportaron para poder llegar hasta esta instancia.

**DIEGO VELESACA ORELLANA**

## **JUSTIFICACIÓN**

En la ciudad de Cuenca la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur (EERCS) es la que se encarga del suministro energético, para realizar la medición de consumo energético dicha empresa utiliza medidores electromecánicos con los cuales registran y almacenan el consumo de cada vivienda [1]. El cliente paga un valor mensualmente por la energía consumida pero no cuenta con la disponibilidad para poder monitorear su consumo diario y/o semanal ya que para saber cuánta energía está consumiendo debe ponerse en contacto con la empresa que suministra la energía eléctrica o en su defecto realizar lecturas en su medidor y estimar su consumo.

La idea de este proyecto parte de la necesidad de las personas para poder monitorear la potencia instantánea que consumen los electrodomésticos conectados a la red eléctrica de un hogar, a su vez poder consultar la energía consumida mensualmente y el valor a cancelar por medio de mensajes de texto (SMS) o a través de un servidor web.



## INTRODUCCIÓN

Los medidores analógicos poseen pequeños diales mecánicos que pueden ser leídos por el consumidor o por los representantes de la compañía eléctrica [1]. Según la ley del Régimen del Sector Eléctrico y el Reglamento de Tarifas, establece varias tarifas que refleja los costos al consumidor de acuerdo con sus características de consumo y el nivel de tensión a cual se le presta el servicio [2].

Por estas razones se quiere diseñar e implementar un medidor electrónico para una vivienda cuyo fin tiene la prevención de consumo y ahorro energético, monitoreando desde un sitio web o a su vez mediante un mensaje de texto el cual se lo puede consultar a través de un teléfono móvil.

Para poder llevar a cabo este proyecto se utilizará un ordenador de placa reducida (Raspberry Pi) y una plataforma Arduino. El sistema Arduino se encargará de procesar los datos provenientes de los elementos de medición, además a través de un módulo GSM podrá enviar al usuario lecturas de la energía consumida y su respectivo costo en dólares. Por otra parte, el ordenador Raspberry contará con una base de datos que permitirá almacenar información en periodos de tiempo sobre el consumo energético, además se incorporará un servidor web para que el usuario pueda hacer consultas de la energía consumida y la vez pueda acceder a la base de datos a través de reportes y gráficas.

---

# CAPÍTULO 1

---

## 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA

Los sistemas de medición de energía se utilizan para determinar el consumo de energía eléctrica de un servicio eléctrico o de circuitos eléctricos con fines domésticos, comerciales o industriales, permitiendo calcular el costo de la energía consumida de acuerdo con las políticas, reglamentos y precios de la empresa distribuidora de energía. En el Ecuador los sistemas de medición de energía en su mayoría se basan en contadores electromecánicos que permiten registrar el consumo de energía durante un periodo de tiempo. Para la facturación un empleado de la empresa eléctrica realiza lecturas periódicas acudiendo a los domicilios.

### 1.1. ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica es una de las formas de energía más utilizada en la vida cotidiana, dicha energía es un fenómeno físico que es causado por la diferencia de potencial existente entre dos puntos lo que permitirá el movimiento de las cargas eléctricas (electrones) en el interior de materiales conductores, produciendo efectos luminosos, magnéticos y térmicos [1].

La energía eléctrica que se utiliza está sujeta a varios procesos de generación, transformación, transmisión y distribución, ya que no es lo mismo generar electricidad mediante combustibles fósiles que con energía solar o nuclear. Así como no es lo mismo transmitir la electricidad generada por pequeños sistemas eólicos o fotovoltaicos que la producida en las grandes hidroeléctricas [1].

En la electricidad se utiliza el Joule como unidad básica de energía y el segundo como unidad básica de tiempo. La relación que existe entre la potencia, energía y tiempo es:

$$Potencia (P) = \frac{energía (E)}{tiempo (t)} \quad Ecu. 1$$

Al despejar se establece que la energía es:

$$E = P \times t \quad Ecu. 2$$

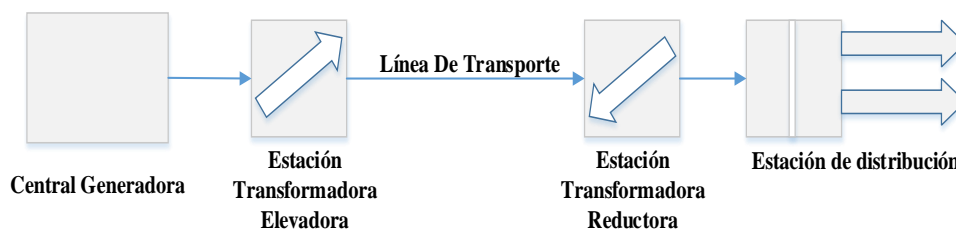
“La energía es la cantidad de potencia por unidad de tiempo” [2].

- **Símbolo:** kWh
- **Unidad:** Kilovatio-hora (kWh)
- **Instrumento de medida:** Medidor o contador

A nivel mundial existen muchas formas de aprovechar ciertos recursos para generar energía eléctrica [3]:

- **Centrales térmicas:** Estas centrales transforman la energía química de un combustible en calor, dicho calor pasa a una turbina convirtiéndose en energía mecánica, y de ahí a un generador que la transforma en energía eléctrica. El combustible utilizado en estas centrales produce suficiente calor que convierte el agua en vapor, este es el encargado de mover la turbina del generador.
- **Centrales nucleares:** Estas centrales están basadas en la fisión del uranio que es utilizada como combustible, siendo el proceso de generación análogo a las térmicas convencionales.
- **Centrales hidroeléctricas:** La encargada de mover la turbina es la energía cinética que se produce mediante un salto de agua al pasar de una cierta altura a otra inferior.
- **Centrales solares:** Transforma la luz del sol en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.
- **Centrales eólicas:** Los generadores están acoplados a aspas que se mueven por la fuerza del viento.

La energía producida de una central es transportada mediante líneas de alta tensión a los puntos de consumo que generalmente están ubicados a grandes distancias. En cada central eléctrica se instala una estación elevadora de tensión en un rango de 66 kV a 400 kV. Esta energía con una alta tensión es transportada a lugares donde se disminuye la tensión a valores más pequeños mediante estaciones transformadoras reductoras disminuyendo la tensión a valores en el orden de 45, 30 o 20 kV, denominados medias tensiones, estas estaciones transformadoras reductoras suelen estar instaladas cerca de centros urbanos a los que van a alimentar [3]. En la figura 1.1 se muestra un esquema de la distribución de tensión.



*Figura 1.1. Esquema general de la distribución de tensión.*

En Ecuador en los últimos años se han ejecutado 9 proyectos emblemáticos para la producción de energía eléctrica los cuales son: Coca Codo Sinclair, Minas San Francisco, Delsitanisagua, Manduriacu, Mazar Dudas, Toachi Pilatón, Quijos, Sopladora y Villonaco, estos proyectos permitirán generar energía renovable de la manera más eficiente y sustentable aprovechando la diversificación de las fuentes de energía. En la tabla 1.1 se muestra cada una de las centrales eléctricas con su respectiva potencia.

*Tabla 1.1. Centrales de generación de energía eléctrica del Ecuador [4].*

	Proyecto	Ubicación	Potencia	Tipo
1	Coca Codo Sinclair	Napo, Sucumbíos	1500 MW	Hidroeléctrico
2	Minas San Francisco	Azuay	275 MW	Hidroeléctrico
3	Delsitanisagua	Zamora Chinchipe	180 MW	Hidroeléctrico
4	Manduriacu	Pichincha	65MW	Hidroeléctrico
5	Mazar Dudas	Cañar	21 MW	Hidroeléctrico
6	Toachi Pilatón	Pichincha, Cotopaxi, Sto. Domingo	254.40 MW	Hidroeléctrico
7	Quijos	Napo, Sucumbíos	50 MW	Hidroeléctrico
8	Sopladora	Azuay, Morona Santiago	487 MW	Hidroeléctrico
9	Villonaco	Loja	16.5 MW	Eólica

## 1.2. MEDIDORES O CONTADORES DE ENERGÍA

Un contador o medidor de energía es un equipo que ayuda a controlar o medir el consumo de energía suministrada a los clientes, este equipo mide la cantidad de energía eléctrica que se consume en una vivienda, ayudando a la empresa distribuidora a

realizar un facturación adecuada por la energía consumida. La energía consumida es medida en kilovatios-hora (kWh) [5].

En la actualidad existen dos tipos de medidores o contadores de energía: electromecánicos y electrónicos.

### 1.2.1 CONTADORES ELECTROMECAÑICOS

El contador de energía electromecánico consta de un disco que tiene una velocidad de giro directamente proporcional a la corriente consumida. Esta contenido por un núcleo de chapa magnética en el que van montados dos bobinas, una en serie por el conductor que circula la corriente denominado bobina de intensidad y la otra en derivación sobre los conductores denominado bobina de tensión [5]. En la figura 1.2 se puede observar la estructura física de un contador de energía electromecánico.

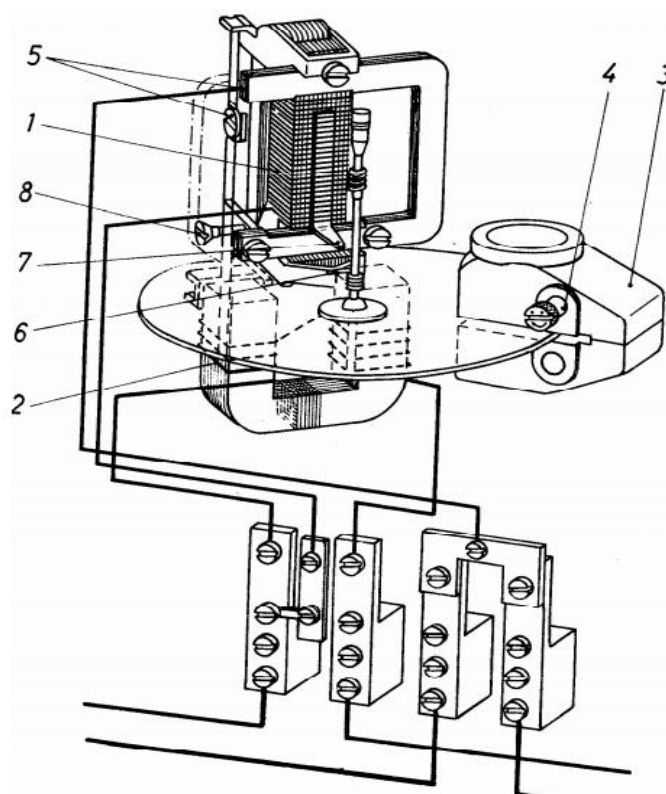


*Figura 1.2. Contador de energía electromecánico [6].*

En la figura 1.3 se puede observar una representación esquemática de un contador o medidor de energía electromecánico.

1. Bobina de tensión.
2. Bobina de intensidad.
3. Imán de frenado.
4. Tornillo de regulación gruesa.
5. Abrazadera.
6. Bloqueo de marcha inversa.

7. Ángulo marcha inversa.
8. Tornillo para regulación fina.



*Figura 1.3. Representación esquemática de un contador electromecánico [5].*

### 1.2.2 CONTADOR ELECTRÓNICO

El medidor o contador electrónico presenta varias alternativas, es decir, los estados se muestran secuencialmente en un único display, exhibe alternadamente los estados de energía activa kWh y energía reactiva kVarh. El registro se lo realiza por medio de un proceso digital, utilizando microprocesadores y memorias [7].

Estos medidores se los clasifica como:

- **Medidores de demanda:** Miden y almacena la energía eléctrica total consumida con una única demanda en las 24 horas teniendo un solo periodo y una sola tarifa.
- **Medidores multitarifa:** Miden y almacena la energía eléctrica total y con demandas en diferentes tramos de las 24 horas. Teniendo diferentes tarifas pueden registrar varios parámetros como energía reactiva y factor de potencia.

En la figura 1.4 se puede observar la estructura física de un contador de energía electrónico.



*Figura 1.4. Contador de energía electrónico [7].*

### 1.3. SISTEMA DE TARIFACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR

En el Ecuador existen diferentes tipos de tarifación. Según el artículo 17 de la codificación del reglamento de tarifas eléctricas se consideran tres categorías: residencial, general y por el nivel de tensión que a su vez se subdividen en tres grupos: alta tensión, media tensión, baja tensión [8].

- **Categoría residencial:** Corresponde al servicio eléctrico destinado al uso doméstico siendo este independiente del tamaño de la carga conectada. También está destinada a consumidores que tienen integrada a su vivienda una pequeña actividad comercial o artesanal que demanda un bajo consumo energético.
- **Categoría general:** Corresponde al servicio eléctrico destinado a consumidores dedicados al comercio, la industria y la prestación de servicios públicos y privados.
- **Nivel de alta tensión:** Corresponde a voltajes de suministro en el punto de entrega superiores a 40 kV y asociados con la subtransmisión.
- **Nivel de media tensión:** Corresponde a voltajes de suministro en el punto de entrega entre 600 V y 40 kV. Dentro de este grupo se incluyen los consumidores que se conectan a la red de media tensión a través de

transformadores de distribución de propiedad de la empresa para su uso exclusivo o de propiedad del consumidor.

- **Nivel de baja tensión:** Corresponde a voltajes de suministro en el punto de entrega inferiores a 600 V.

Los distribuidores y grandes consumidores deberán pagar por el uso del sistema nacional de transmisión, una tarifa que tendrá un cargo en USD/kW [9].

#### **1.4. TARIFAS DE BAJA TENSIÓN**

ARCONEL emite una estructura tarifaria a aplicarse a los consumidores o usuarios finales sujeta a las disposiciones establecidas en la ley orgánica del servicio público de energía eléctrica en el Ecuador.

##### **1.4.1. TARIFA RESIDENCIAL**

La tarifa residencial aplica a los consumidores sujetos a la categoría residencial, independiente del tamaño de la carga conectada. En el caso que el consumidor residencial sea atendido a través de un transformador de su propiedad y el registro de lectura sea en baja tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente a un 2% en el monto total de energía consumida [8].

##### **1.4.2. TARIFA RESIDENCIAL TEMPORAL**

La tarifa residencial temporal aplica a los consumidores que no tienen su residencia permanente en el área de servicio y que utilizan la energía eléctrica en forma puntual para usos domésticos (fines de semana, períodos de vacaciones, entre otros) [8].

##### **1.4.3. TARIFA GENERAL DE BAJA TENSIÓN**

Las tarifas generales de baja tensión se aplican a los consumidores descritos en el grupo nivel de media y baja tensión. En el caso que este consumidor sea atendido a través de un transformador de su propiedad y el registro de lectura sea de baja tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente a un 2%



en el monto total de energía consumida [8]. En la tabla 1.2 se muestra los cargos tarifarios para usuarios residenciales.

*Tabla 1.2. Cargos tarifarios para usuarios residenciales [8].*

Rango de consumo	Demanda (USD/kW)	Costo (USD/kWh)	Costo de Comercialización (USD/consumidor)
<b>Categoría</b>	<b>Residencial</b>		
<b>Nivel de tensión (V)</b>	<b>Baja y media tensión</b>		
0-50		0,091	1,414
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,106	
501-700		0,1286	
701-1000		0,145	
1000-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,436	
Superior		0,6812	
	<b>Residencial Temporal</b>		
		0,1285	1,412

#### 1.4.4. TARIFA GENERAL SIN DEMANDA

La tarifa general sin demanda se aplica a los consumidores sujetos a la categoría general de baja tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea de hasta 10 kW [8]. En la tabla 1.3 se muestra un resumen de la tarifa general sin demanda.

#### 1.4.5. TARIFA GENERAL CON DEMANDA

La tarifa general con demanda aplica a los consumidores de la categoría general de baja tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea superior a 10 kW, que disponen de un registrador de demanda máxima o para aquellos que tienen potencia calculada [8]. En la tabla 1.4 se muestra un resumen de la tarifa general con demanda.

*Tabla 1.3. Tarifa general sin demanda [8].*

Rango de consumo	Demanda (USD/kW)	Costo (USD/kWh)	Costo Comercialización (USD/consumidor)
<b>Categoría</b>	<b>General</b>		
<b>Nivel de tensión (V)</b>	<b>Baja tensión sin demanda</b>		
	<b>Comercial</b>		
0-300 Superior		0,092 0,103	1,414
	<b>Oficinas, esc. deportivos, servicio comunitario</b>		
0-300 Superior		0,082 0,093	1,414
	<b>Bombeo de agua</b>		
0-300 Superior		0,072 0,083	1,414
	<b>Bombeo de agua, servicio público de agua potable</b>		
0-300 Superior		0,058 0,066	1,414
	<b>Industria artesanal</b>		
0-300 Superior		0,083 0,099	1,414
	<b>Asistencia social, beneficio público y culto religioso</b>		
0-300 Superior		0,034 0,036 0,038 0,063	1,414

*Tabla 1.4. Tarifa general con demanda [8].*

Rango de consumo	Demanda (USD/kW)	Costo (USD/kWh)	Costo Comercialización (USD/consumidor)
<b>Categoría</b>	<b>General</b>		
<b>Nivel de tensión (V)</b>	<b>Baja tensión con demanda</b>		
	<b>Comerciales e industrias</b>		
0 - 600	4,79	0,09	1,414
	<b>Entidades oficiales, escenarios deportivos, servicio comunitario y abonados especiales</b>		
0 - 600	4,79	0,08	1,414
	<b>Bombeo de agua</b>		
0 - 600	4,79	0,07	1,414

#### **1.4.6. TARIFA GENERAL DE BAJA TENSIÓN CON REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA**

La tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria, aplica a los consumidores de la categoría general de baja tensión, cuya potencia contratada es superior a 10 kW, que dispongan de un registrador de demanda horaria que permita identificar los consumos de potencia y energía en los períodos horarios, cuyo objeto es incentivar el uso de energía en las horas de menor demanda (22h00 hasta las 07h00) [8].

El consumidor deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por demanda en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, multiplicado por un factor de corrección (FC).
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de 07h00 hasta las 22h00.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el período de 22h00 hasta las 07h00, que corresponde al cargo por energía del literal anterior disminuido en 20%.

Se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa eléctrica (18h00 a 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FC) [9]. En la tabla 1.5 se muestra un resumen de la tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria.

#### **1.5. FACTURACIÓN MENSUAL POR EL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Las empresas suministradoras de energía eléctrica al momento de facturar cobra por la energía consumida en el mes (kWh) y adicional cobran rubros extras como consecuencia de la aplicación de disposiciones del CONELEC, ordenanzas municipales, decretos ministeriales, resoluciones del directorio, etc. Estos rubros incrementan el valor de la planilla que según el artículo 60 de la ley orgánica del

servicio público de energía eléctrica debería contener únicamente los cargos por venta de energía. Este artículo establece que [8]:

*“En la factura correspondiente al consumo de servicio público de energía eléctrica, a los consumidores o usuarios finales, se incluirá, única y exclusivamente, los rubros correspondientes a los servicios que presta la empresa eléctrica, ...”.*

**Tabla 1.5. Tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria [8].**

<b>Rango de consumo</b>	<b>Demanda (USD/kW)</b>	<b>Costo (USD/kWh)</b>	<b>Costo comercialización (USD/Consumidor)</b>
<b>Categoría</b>	<b>General</b>		
<b>Horarios de consumo</b>	<b>Baja tensión con demanda horaria</b>		
	<b>Comerciales e industrias</b>		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,79	0,09 0,072	1,414
	<b>Entidades oficiales, escenarios deportivos, servicio comunitario y abonados especiales</b>		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,79	0,08 0,066	1,414
	<b>Bombeo agua</b>		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,79	0,07 0,056	1,414
	<b>Bombeo de agua, servicio público de agua potable</b>		
08h00 hasta 18h00 18h00 hasta 22h00 22h00 hasta 08h00 08h00 hasta 18h00	2,62	0,056 0,095 0,045 0,056	1,414
	<b>Vehículos</b>		
08h00 hasta 18h00 18h00 hasta 22h00 22h00 hasta 08h00 08h00 hasta 18h00	4,05	0,08 0,1 0,05 0,05	1,414
	<b>General, baja y media tensión</b>		
	<b>Bombeo agua - comunidades campesinas de escasos recursos económicos sin fines de lucro</b>		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00		0,04 0,04	0,7
	<b>Asistencia social, beneficio y culto religioso con demanda</b>		
	3	0,065	1,414
	<b>Asistencia social y beneficio público con demanda horaria</b>		
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	3	0,065 0,054	1,414

*“La facturación corresponde a la sumatoria de los rubros facturados por consumo de energía, demanda de potencia, pérdidas en transformadores, comercialización y penalización por bajo factor de potencia”.*

El artículo 23 del reglamento de suministro del servicio de electricidad establece que: *“la emisión de facturas no podrá ser inferior a 28 días ni exceder los 33 días calendarios, no excederse de doce facturaciones en el año”.*

La empresa encargada de suministrar la energía eléctrica a ciudad de Cuenca es la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. La empresa en la facturación mensual incluye rubros adicionales que incrementan el valor de la planilla los cuales son [9]:

- **Penalización por bajo factor de potencia:** Este cargo solo se aplica para tarifas de media y alta tensión, este se da por una penalización por bajo factor de potencia si es que éste tiene un valor menor a 0,92.
- **Cargo por comercialización:** Es independiente de la energía consumida, este rubro tiene un cargo único de 1,414 USD por consumidor.
- **Recolección de basura y aseo público:** Este cargo se adiciona a la factura mediante una ordenanza publicada en el registro oficial N° 308 del 18 de abril de 2001 esta establece *“los criterios para la determinación y recaudación de la tasa de recolección de basuras y aseo público”*. Este rubro tiene como objeto remunerar a la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC) por los costos de: aseo y barrido de calles, recolección, tratamiento y disposición final de la basura generada en la ciudad de Cuenca.
- **Tasa por alumbrado público:** Esta tasa está amparada en la Resolución 1002-2506 del 2 de enero de 2002. Tiene un 14% de cargo sobre el consumo de energía para las categorías residencial, asistencia social y beneficio público, 18.5 % para las categorías comercial y entidades oficiales y un cargo del 3.50% para las categorías industrial y bombeo de agua. El fin de esta tasa es que los municipios puedan recuperar los costos ocasionados por el alumbrado público.
- **Contribución a los cuerpos de bomberos:** Esta contribución está establecida en la Ley Reformatoria de la “ley de defensa contra incendios”, en el registro oficial n° 99 del 9 de junio de 2003.

Esta contribución está destinada para todos los cuerpos de bomberos que existan dentro del área de concesión de la empresa y si el cantón no cuenta con

uno esta contribución es entregada al cuerpo de bomberos de la capital provincial.

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.  
RUC: 0190003809001  
Dirección: AV MAX ULME S/N Y PUMAPUNGO  
Telf.136 ; 2872700  
Comprobante de Pago Nro 07-014-0142332  
Usuario Recaudador: FASAYGUA RECAUDACION EN LINEA

  
**4264446**

Nombre: IDRO  
CI/Ruc: 0908:  
Medidor: 10006  
Dirección del Servicio: DE LA COLINA 0  
Tarifa: RM RESIDENCIAL MT  
Grup. Emisión: CUENCA: RURAL 1

Código: **4264446**  
Fecha de Pago: Lun-02-May-2016 14:49:12  
Período/Consumo: Marzo/2016  
Ruta: 01.01.22.7 RACAR: CALERA 1 DEL C  
Código Único Nacional: **0504264446**

SUMINISTRO DEL SERVICIO ELÉCTRICO					
L E C T U R A S					
Descripción	Actual	Anterior	Consumo U		
Activa	2551	2525	26 kWh	Venta de Energía	2.37
				Subsidio(-)	2.37
				Cargo por Comercialización	1.41
				(1) TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO	1.41
				<b>VALORES PENDIENTES DE PAGO</b>	
				Intereses Por Mora Mes Anter.	0.03
				Deuda anterior ( 1) mes(es)	5.07
				(2) TOTAL VALORES PENDIENTES	5.10
				<b>OTROS VALORES A PAGAR</b>	
				Contribución a Bomberos	1.83
				Recolección de Basura	1.18
				Alumbrado Público	0.49
				(3) TOTAL OTROS VALORES A PAGAR	3.50
				Valor Electricidad (1)+(2)	6.51
				TOTAL (1)+(2)+(3)	10.01
				Saldo: .....	0.00
<b>SUBSIDIOS DEL ESTADO:</b>					
				Cocción Eléctrica:	0.00
				Calentamiento de Agua:	0.00


Ud. entregó \$	10.01
Valor a cobrar \$	10.01
Su cambio es de \$	0.00

ACTUALIZA TUS DATOS Y OBTENDRÁS BENEFICIOS.

1. FACTURACIÓN ELÉCTRÓNICA
2. INFORMACIÓN DE PAGOS
3. INFORMACIÓN DE SUSPENSIONES PROGRAMADAS

\*\*\*\*\* ESTE DOCUMENTO NO TIENE VALOR TRIBUTARIO \*\*\*\*\*



Ministerio de Electricidad y Energía Renovable



CENTROSUR  
Soluciones para energía

siguenos en
 @centrosur\_ec
 /centrosurEC
[www.centrosur.gob.ec](http://www.centrosur.gob.ec)

Figura 1.5. Planilla de energía de la empresa eléctrica CENTROSUR.

Para la categoría residencial, actualmente la tasa es de 1,20 USD mensual, que corresponde al 0,5% de la remuneración básica mínima unificada para el trabajador en general (RBMUTG).

Para la categoría comercial es de 3,60 USD mensuales que corresponde al 1.5% de la RBMUTG. En la categoría industrial sin demanda es de 7,20 USD mensuales (3% de la RBMUTG). En la industrial con demanda la contribución actual es de 14,40 USD mensuales (6% de la RBMUTG).


- **Contribución para subsidio cruzado:** Aplicado únicamente en la categoría residencial y de acuerdo al reglamento de tarifas esta contribución puede aumentar o disminuir el valor a cancelar, esto dependerá de que si el consumo de energía mensual es mayor o menor a 90 kWh. Si es mayor se les adicionará un cargo adicional del 10% de la venta de energía, y este rubro adicional será destinado para proporcionar un subsidio a los clientes con consumos inferiores a los 90 kWh mensuales.
- **Tarifa preferencial para la tercera edad:** Esta tarifa tiene un descuento del 50% en el costo del kWh si el propietario del medidor tiene más de 65 años, se aplica a un solo medidor por usuario o por pareja conyugal debe renovarse cada año y es válida hasta consumos de 120 kWh mensuales.

En la figura 1.5 se muestra un ejemplo factura mensual (planilla) de energía de la Empresa Eléctrica Regional CENTRO SUR C.A.

En la figura 1.6 se muestra la parte superior de la planilla de energía de la Empresa Eléctrica Regional CENTRO SUR C.A. la cual contiene los datos personales del consumidor ya sea nombre, teléfono, dirección, datos del medidor tales como código del medidor, numero de medidor, el tipo de tarifa que el consumidor ha contratado, periodo de consumo y fecha de pago.

En la figura 1.7 se muestra el valor total a cancelar incluyendo costo por venta de energía y los rubros extras. Contiene la lectura anterior y actual del medidor de energía, el costo total de la energía consumida en el mes, valor del subsidio, cargo por comercialización, intereses por mora, contribución a bomberos, recolección de basura y alumbrado público

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.  
 Ruc: 0190003809001  
 Dirección: AV MAX ULME S/N Y PUMAPUNGO  
 Telf.136 : 2872700  
 Comprobante de Pago Nro 07-014-0142332  
 Usuario Recaudador: FASAYGUA RECAUDACION EN LINEA

  
**4264446**

Nombre: IDROVO Código: **4264446**  
 CI/Ruc: 090892 Fecha de Pago: Lun-02-May-2016 14:49:12  
 Medidor: 100060 Período/Consumo: Marzo/2016  
 Dirección del Servicio: DE LA COLINA 0 Ruta: 01.01.22.7 RACAR: CALERA 1 DEL C  
 Tarifa: RM RESIDENCIAL MT Código Único Nacional: **0504264446**  
 Grup. Emisión: CUENCA: RURAL 1

*Figura 1.6. Planilla de energía de la empresa eléctrica CENTROSUR.*

SUMINISTRO DEL SERVICIO ELÉCTRICO					
L E C T U R A S					
Descripción	Actual	Anterior	Consumo U		
Activa	2551	2525	26 kWh	Venta de Energía	2.37
				Subsidio(-)	2.37
				Cargo por Comercialización	1.41
				(1) TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO	1.41
				VALORES PENDIENTES DE PAGO	
				Intereses Por Mora Mes Anter.	0.03
				Deuda anterior ( 1) mes(es)	5.07
				(2) TOTAL VALORES PENDIENTES	5.10
				OTROS VALORES A PAGAR	
				Contribución a Bomberos	1.83
				Recolección de Basura	1.18
				Alumbrado Público	0.49
				(3) TOTAL OTROS VALORES A PAGAR	3.50
				Valor Electricidad (1)+(2)	6.51
				TOTAL (1)+(2)+(3)	10.01
				Saldo: .....	0.00
SUBSIDIOS DEL ESTADO:					
				Cocción Eléctrica:	0.00
				Calentamiento de Agua:	0.00

Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones  
 www.arcof.gob.ec • 1800-567567

*Figura 1.7. Planilla de energía de la empresa eléctrica CENTROSUR.*



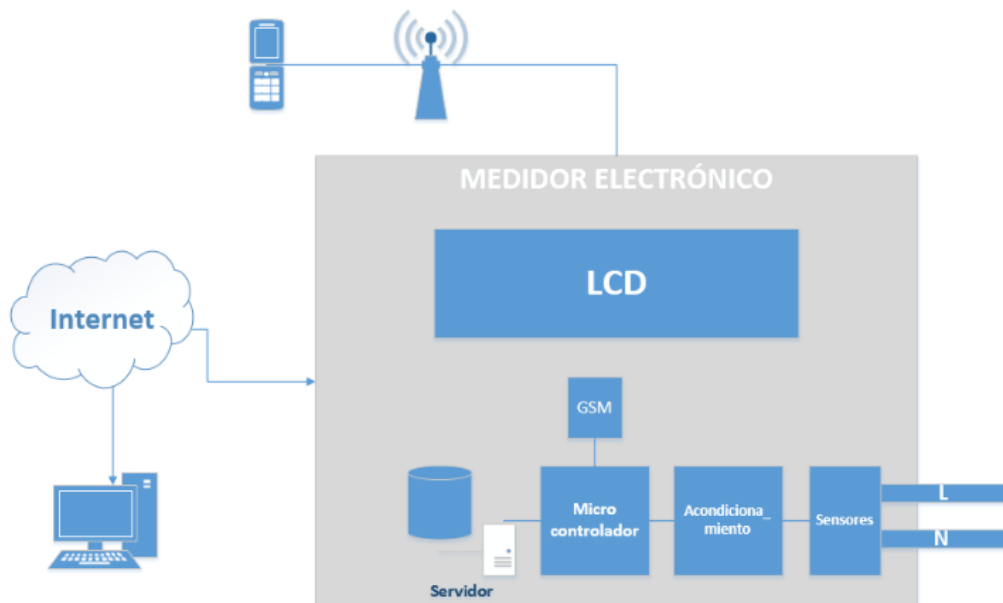
---

## CAPÍTULO 2

---

### 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

En este capítulo se da a conocer los elementos necesarios para realizar el procesamiento de datos, el sistema para medir los valores de corriente y de voltaje, el módulo para realizar el servidor web y la base de datos. En la figura 2.1 se muestra mediante un diagrama de bloques el sistema que se plantea de manera general, el cual está compuesto por los sensores que nos permiten adquirir los datos de voltaje y corriente ingresando 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 2.1. Diagrama general del sistema a desarrollar.*

#### 2.1. SISTEMA DE MEDICIÓN

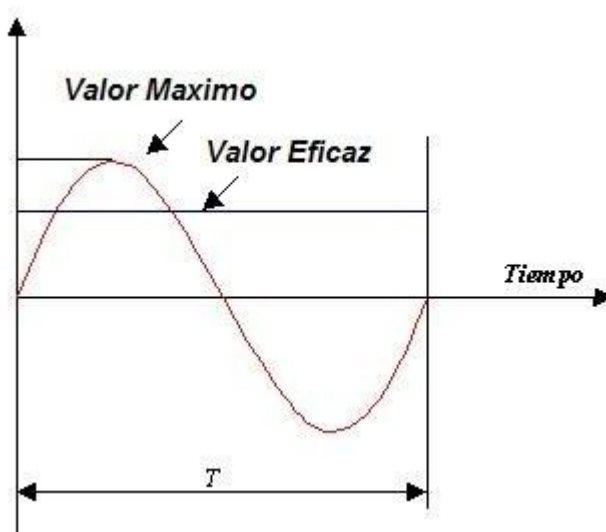
Para calcular la potencia consumida por una vivienda, se plantea la medición de voltaje y corriente que circula por el cable de la acometida.

### 2.1.1. VALOR EQUIVALENTE, EFICAZ O RMS

El valor equivalente de una corriente o voltaje senoidales es 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 medio [10], [11].

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt} \quad \text{Ecu. 3}$$

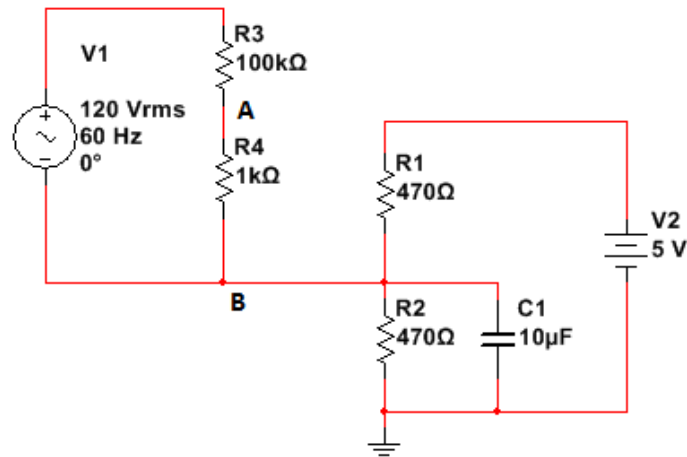
En la figura 2.2 se puede observar la señal senoidal indicando el valor máximo, valor eficaz y el periodo (T).



*Figura 2.2. Valor eficaz de una señal senoidal [12].*

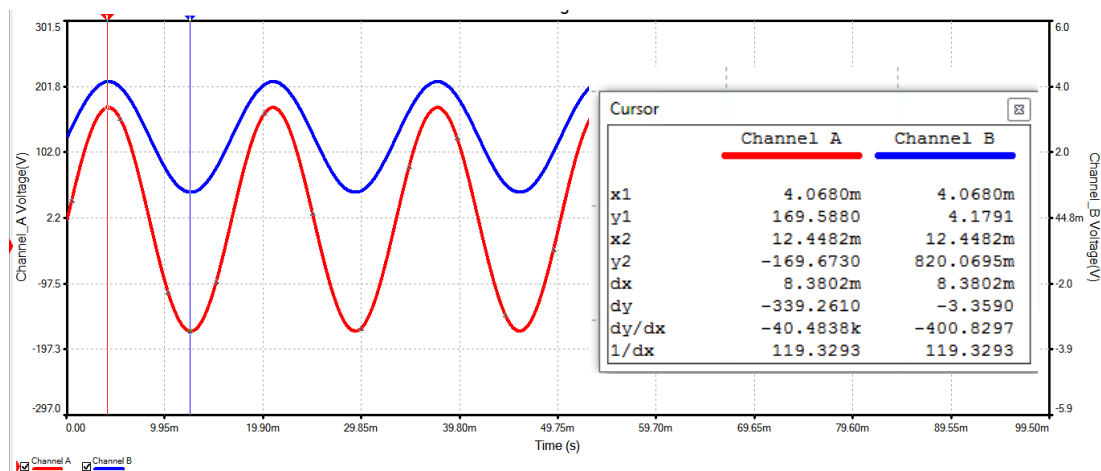
### 2.1.2. SISTEMA DE MEDICIÓN DE TENSIÓN

Los sistemas que se utilizan para verificar el suministro de energía eléctrica en redes eléctricas de cualquier nivel de tensión son sensores de tensión, estos sistemas están conectados a instrumentos que sirven específicamente para medir niveles de tensión en puntos específicos y estratégicos de una red eléctrica [13]. En la figura 2.3 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 con esto hacer que la señal que ingresa al microcontrolador tenga solamente valores positivos comprendidos entre 0 y 5 Vdc.



**Figura 2.3.** Esquema del sistema de medición de tensión

En la figura 2.4 se puede observar el voltaje de ingreso (color rojo) con un valor de 120 Vac y de salida de 1.2 Vac (color azul). Básicamente lo que realiza el esquema de la figura 2.3 es una atenuación del voltaje sin afectar la fase y la frecuencia de la señal senoidal.



**Figura 2.4.** Señal de tensión original (rojo) y señal atenuada (azul).

### 2.1.3. SISTEMA DE MEDICIÓN DE CORRIENTE

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 [14].

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.

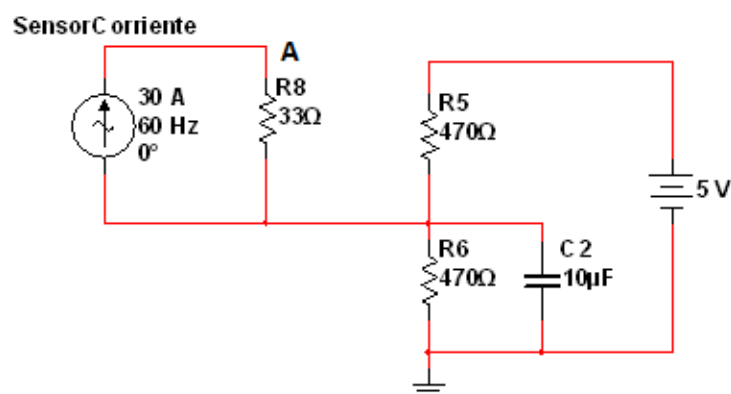
- **Sensor de efecto hall:** Es un sensor capaz de medir la corriente que circula por un cable, se puede utilizar como una pinza amperométrica permitiendo efectuar la medida de intensidad eléctrica que circula por un cable. Una de las ventajas que poseen estos dispositivos es que no se necesita cortar el cable en el cual se va a medir ya que el sensor puede abrirse y cerrarse con facilidad [15].

El sensor que se utilizó para esta aplicación es el SCT013, su salida es de corriente, tiene una terminación con un conector jack de 3.5mm puede medir corrientes de 1 a 60 A, trabajando a temperaturas de -25 hasta +70 °C. En la figura 2.5 se muestra el sensor de efecto hall utilizado.



*Figura 2.5. Sensor de corriente de efecto hall SCT013 [15].*

En la figura 2.6 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.



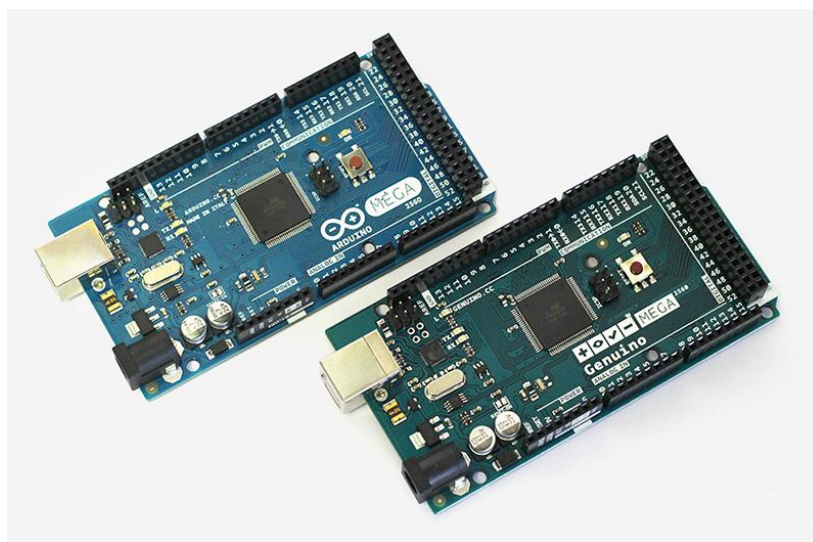
*Figura 2.6. Esquema del sistema de medición de corriente.*

## 2.2. 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.

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 [16].

El Arduino es un sistema embebido su programación se lo 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 2.7. Arduino Mega 2560 [16].*

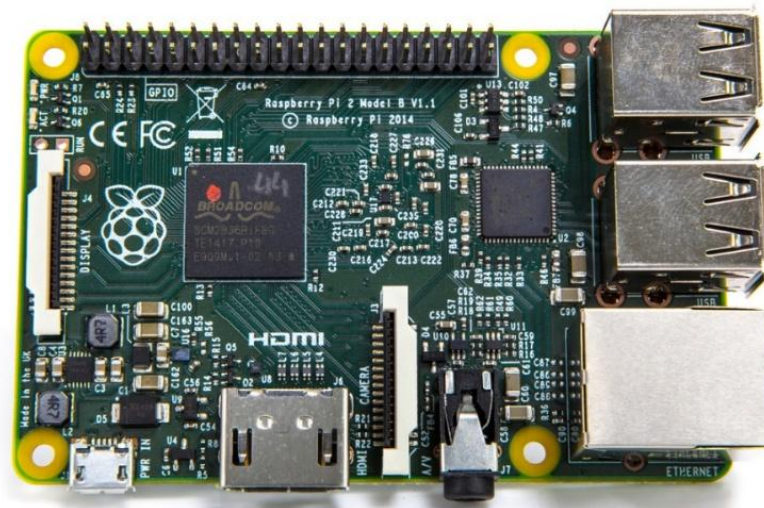
El Arduino mega 2560 posee las siguientes características [16]:

- Tensión de funcionamiento 5V
- Microcontrolador Atmega2560
- Voltaje de entrada 7-12V
- 54 Pines digitales E/S
- Memoria EEPROM 4KB
- Memoria flash 256 KB, 8 KB utilizado por el gestor de arranque
- SRAM 8KB

- Velocidad de reloj 16 MHz
- Longitud 101.52 mm
- Anchura 53.3 mm
- Peso 37 g

### 2.3. SERVIDOR WEB Y BASE DE DATOS

El servidor web y la base de datos serán montados sobre una plataforma Raspberry Pi (véase figura 2.8), 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 [17].



*Figura 2.8. Raspberry Pi 2 [19].*

La Raspberry Pi 2 posee las siguientes características [18]:

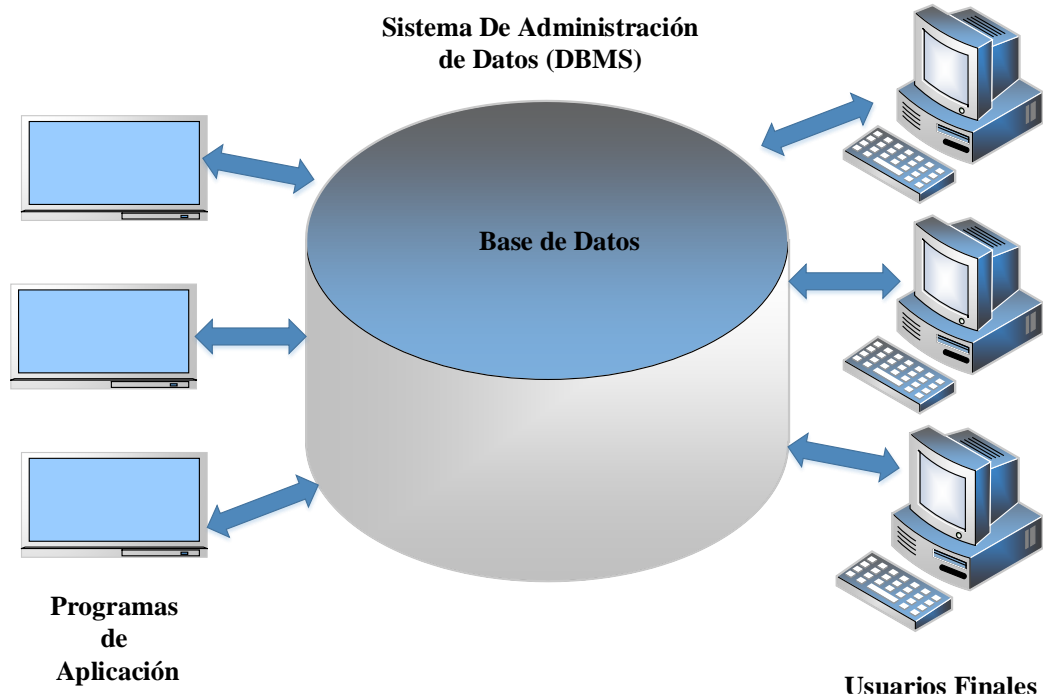
- SoC Broadcom BCM2836
- CPU ARM11 ARMv7 ARM Cortex-A7 4 núcleos @ 900 MHz
- Overclocking Sí, hasta `arm_freq=1000` `sdram_freq=500` `core_freq=500` `over_voltage=2` de forma segura
- GPU Broadcom VideoCore IV 250 MHz. OpenGL ES 2.0
- RAM 1 GB LPDDR2 SDRAM 450 MHz
- 4 Puertos USB 2.0
- Salidas de video HDMI 1.4 a 1920x1200 píxeles

- Almacenamiento microSD
- Ethernet 10/100 Mbps
- Consumo 5 V, 900 mA, aunque depende de la carga de trabajo de los 4 núcleos.
  
- **Base de datos:** La base de datos es básicamente un sistema computarizado que lleva registros, siendo este como un armario electrónico en el cual se archiva o deposita una colección de datos computarizados, los usuarios del sistema pueden realizar varias operaciones sobre cada uno de los archivos, los cuales pueden ser [20]:
  - Agregar nuevos archivos vacíos a la base de datos.
  - Insertar datos dentro de los archivos nuevos.
  - Recuperar datos de los archivos existentes.
  - Modificar datos en archivos existentes.
  - Eliminar datos en archivos existentes.
  - Eliminar archivos existentes de la base de datos.

En la figura 2.9 se muestra una imagen simplificada de un sistema de base de datos el cual comprende cuatro componentes principales: datos, hardware, software y usuario.

En el capítulo 3 se expondrá con detalle cómo se implementó la base de datos sobre la plataforma Raspberry Pi.

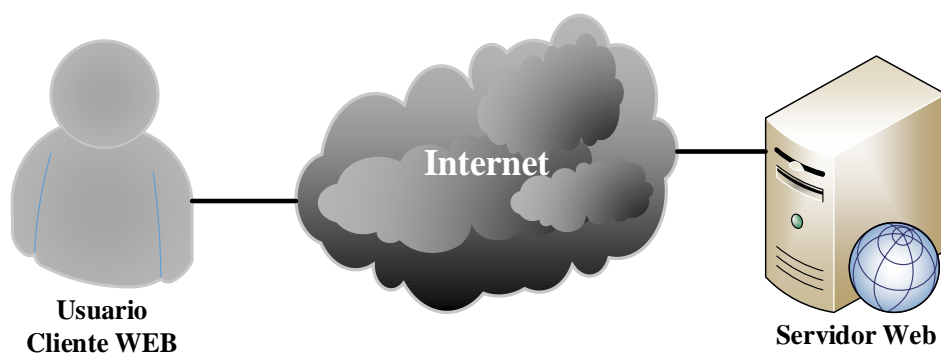
- **Servidor Web:** Es un programa diseñado para permitir la interacción entre ordenadores, este funciona a la espera de peticiones, al momento que recibe responde a ellas transmitiendo documentos de tipo hipertexto. Para ello se implementa el protocolo HTTP (Hyper Text Transfer Protocol). Existen cuatro sistemas operativos que pueden proporcionar el entorno ideal para desplegar un servidor web [21].



*Figura 2.9. Imagen simplificada de un sistema de base de datos [20].*

Los sistemas operativos ideales para un realizar un servidor web son [21]:

- **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 R2 y Windows Server 2012.
- **Lunix:** 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.



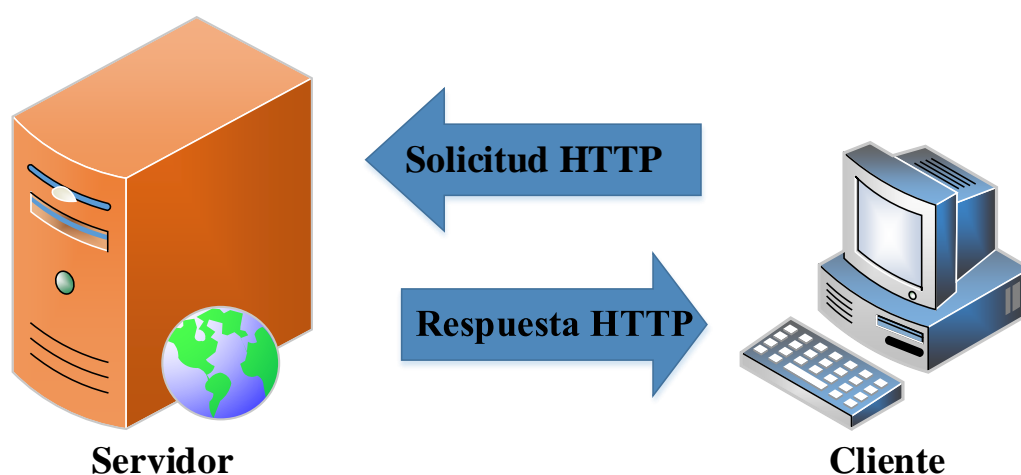
*Figura 2.10. Servidor web y cliente web.*



- **Solaris:** Es un sistema operativo que desarrolla Sun Microsystems basado en System V. Se trata de un sistema operativo UNIX aunque funciona sobre la arquitectura x86.
- **BSD (Berkeley Software Distribution):** 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.

En el capítulo 3 se expondrá con detalle cómo se implementó el servidor web sobre la plataforma Raspberry Pi.

- **Protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol):** 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 [22]. En la figura 2.11 se muestra mediante un esquema simplificado el funcionamiento del protocolo HTTP.



*Figura 2.11. Funcionamiento simplificado del protocolo HTTP.*

## 2.4. COMUNICACIÓN

Se realiza una comunicación serial entre los módulos Arduino Mega 2560, GPRS / GSM V1.0 y el Raspberry PI 2, enviando y recibiendo datos ya que estos módulos poseen puertos seriales (también conocido como UART o USART).



*Figura 2.12. Esquema explicativo de la conexión serial entre Raspberry 2, Arduino mega 2560, Módulo GPRS / GSM V1.0.*

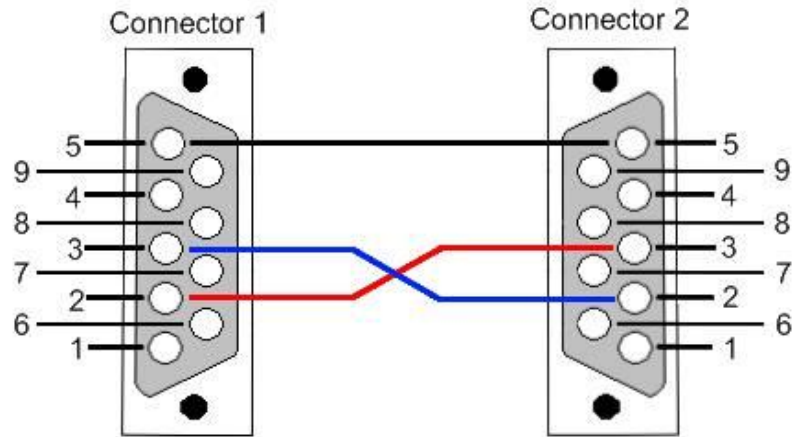
### 2.4.1. COMUNICACIÓN SERIAL

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 computadoras y periféricos lo incorporan debido a que el estándar del puerto serial se mantiene desde hace varios años. 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 (recibe datos) y TXD (transmite datos) [23].

En la figura 2.13 se puede observar la conexión del puerto serial. El conector que se utiliza consta de 9 pines con sus respectivos nombres y funciones [24]:

1. **DCD:** Detección de portadora. El receptor indica al emisor que está recibiendo una portadora.
2. **RxD:** Recepción de datos.
3. **TxD:** Transmisión de datos.
4. **DTR:** Indica al DCE que el DTE está preparado para la comunicación.
5. **GND:** Tierra de protección, generalmente conectado al chasis del equipo.
6. **DSR:** Cuando está en 0 indica que el DCE está listo para transmitir.
7. **RTS:** Señal enviada desde el emisor al receptor para indicar que tiene datos para enviar.

8. **CTS:** Indica que el equipo con el que nos queremos comunicar está preparado.
9. **RI:** Indica al DTE que está recibiendo una llamada por el canal de comunicaciones.



*Figura 2.13. Conexión de puerto serial [25].*

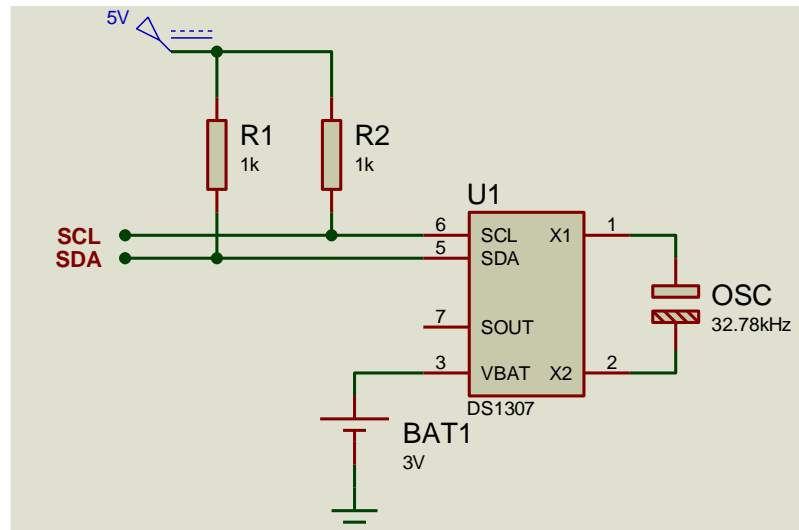
#### 2.4.2. RELOJ DE TIEMPO REAL

El DS1307 es un reloj de tiempo real con bajo consumo de energía, posee reloj y calendario proporcionando segundos, minutos, horas, día, mes y año. Siendo estos datos ajustables automáticamente. Este integrado funciona como un dispositivo esclavo en el bus serie (I2C). 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 Mega, 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 se finaliza la comunicación [26].

Los pines que realizan la comunicación con el microcontrolador (Arduino Mega) son SCL y SDA.

- **SCL (Serial Clock Input):** Se utiliza para sincronizar el movimiento de datos en la interfaz serie.
- **SDA (Serial Data Input/Output):** Es el pin de entrada y salida para la interfaz en serie de 2 hilos. El pin SDA es de drenaje abierto, que necesita una resistencia de pull-up externa.

En la figura 2.14 se muestra el esquema de conexión del integrado DS1307 reloj de tiempo real.



*Figura 2.14. Esquema de conexión del integrado DS1307.*

### 2.4.3. MÓDULO GPRS / GSM V1.0

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 del tipo [27]:

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

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, 2 PWM y un ADC [27].

El Módulo GPRS / GSM V1.0 tiene las siguientes características [27]:

- Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz - funciona en redes GSM en todos los países de todo el mundo.
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS estación móvil de clase B
- Cumple con la norma GSM fase 2/2 +, Clase 4 (2 W @ 850/900 MHz), Clase 1 (1 W @ 1800 / 1900MHz)



*Figura 2.15. Módulo GPRS / GSM V1.0 [27]*

- 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 - 1,5 mA (sleep mode)
- Rango de temperatura industrial -40° C a 85° C

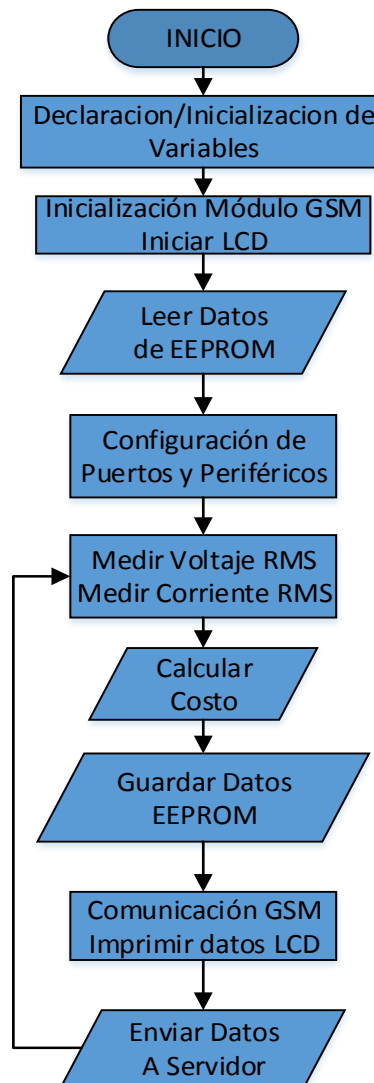
---

## CAPÍTULO 3

---

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

El diseño del medidor de energía electrónico para vivienda planteado se lo puede dividir en tres bloques o etapas: en la primera etapa se realiza la medición, procesamiento y cálculo de consumo de energía, en la segunda etapa se realiza el sistema de comunicación entre microcontrolador, módulo GSM y servidor web y finalmente en la tercera etapa se tiene la integración de las dos etapas anteriores para obtener como resultado el medidor de consumo energético enfocado a viviendas. En la figura 3.1 se muestra el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de medición. En el anexo 1 se presenta el código de programación desarrollado en el software de Arduino.



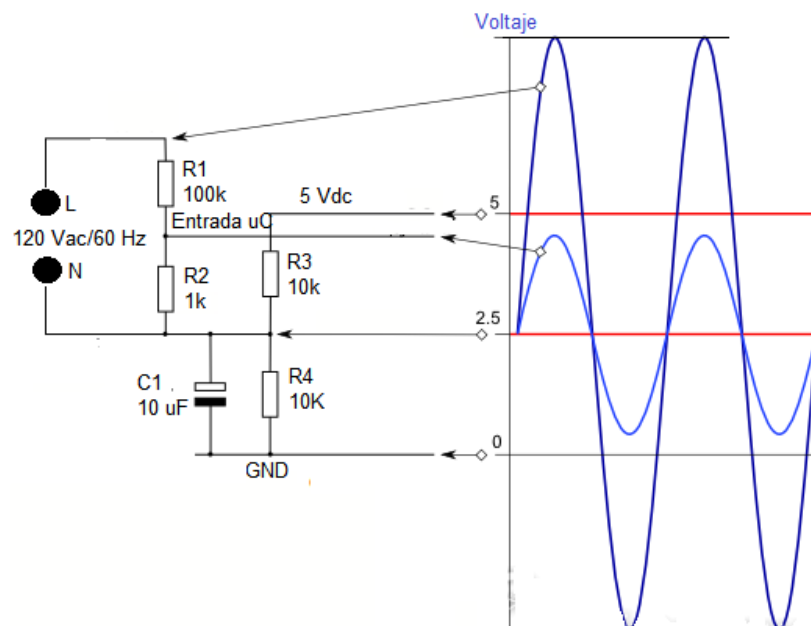
*Figura 3.1. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema.*

### 3.1. DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE PARA MEDIR EL CONSUMO ENERGÉTICO

En este punto se detalla el proceso para la medición de corriente y voltaje, los cuales son indispensables para realizar los respectivos cálculos de potencia, energía y costos a pagar por el servicio eléctrico en las diferentes tarifas horarias.

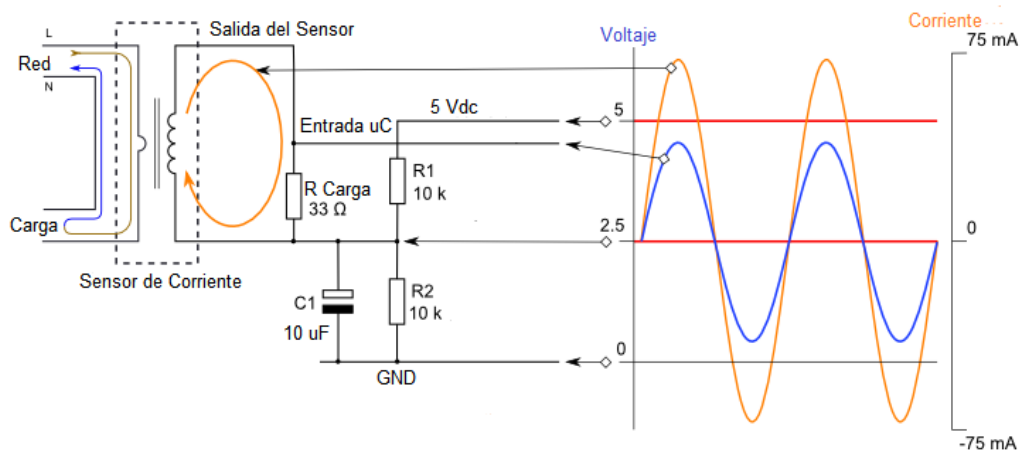
#### 3.1.1. DESARROLLO DEL SOFTWARE DE PROCESAMIENTO Y CÁLCULO

Como primer paso se adquiere los valores de voltaje y corriente para esto se debe implementar los circuitos de las figuras 3.2 y 3.3 respectivamente. Básicamente lo que realizan estos circuitos es atenuar la señal a medir sin afectar la frecuencia y la fase y además se elimina la parte negativa para poder ingresarla al conversor analógico digital (ADC) del microcontrolador.



*Figura 3.2. Circuito de acoplamiento para medir voltaje con un microcontrolador.*

Se debe tener en cuenta la amplitud y la frecuencia de las señales, al tratarse de señales analógicas se debe elegir una frecuencia de muestro correcta con el fin de que no exista pérdida de información.



**Figura 3.3.** Circuito de acoplamiento para medir corriente con un microcontrolador.

Según el teorema de muestro de Nyquist [28] la frecuencia de muestro debe ser mayor o igual a dos veces la frecuencia de la señal original que se va muestrear. Como la frecuencia la red eléctrica en el Ecuador es de 60 Hz obtenemos la frecuencia de muestro  $f_m$ :

$$f_m \geq 2f_s \quad \text{Ecu. 4}$$

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

Una vez con la señal muestreada correctamente y basándonos en la ecuación 3 para calcular el voltaje rms en tiempo continuo, tenemos:

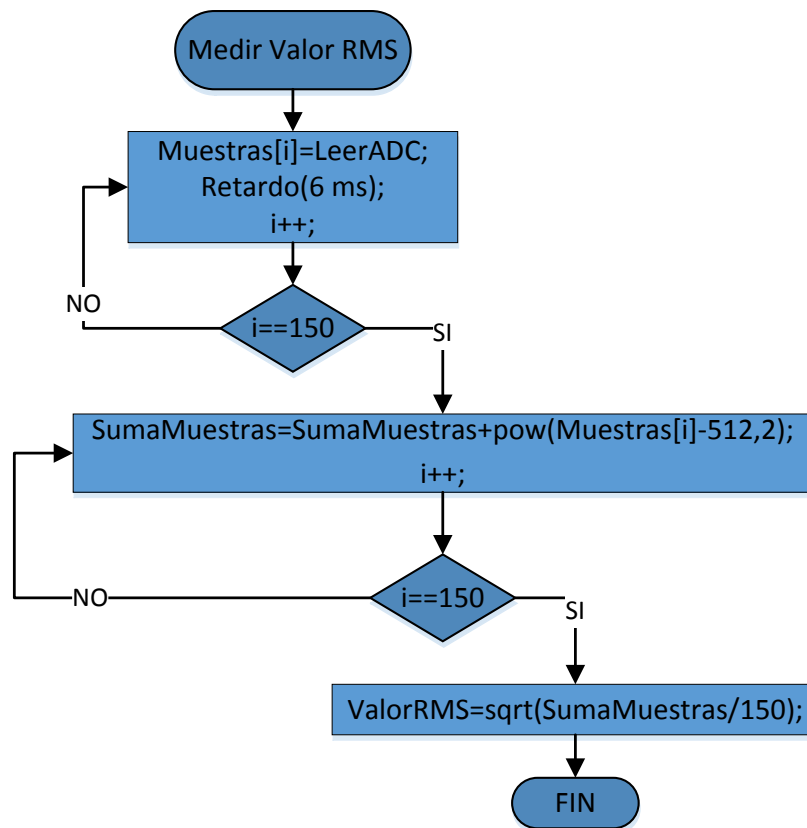
$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{t=0}^n A_t^2}{n}} \quad \text{Ecu. 5}$$

Donde:

- **A**: Valor de la muestra tomada.
- **n**: Número de muestras.

Para medir el valor de la corriente rms se utiliza la ecuación 5 pero aplicada para corriente. En la figura 3.4 se muestra el diagrama de flujo donde se muestran las operaciones necesarias implementadas en el microcontrolador para medir el valor rms o medio de voltaje y corriente.





**Figura 3.4.** Diagrama de flujo para medir valores RMS.

Para realizar el cálculo de la potencia son indispensables las medidas de los valores de voltaje y corriente, la potencia está dada por la ecuación 6:

$$P = V \times I \quad \text{Ecu. 6}$$

En donde:

- **P** es la potencia aparente.
- **V** es el voltaje de alimentación.
- **I** es la corriente medida por el sensor efecto hall.

Para realizar el cálculo de la energía instantánea (kWh) que consume una vivienda se utiliza la ecuación 2:

$$E = P(W) \times t(s)$$

La unidad de medida de energía es el kWh, así que se debe realizar una transformación de unidad de medida puesto que la potencia está en watios (W) y el tiempo está en segundos (s).

$$E = \left[ \left( P(W) \times \frac{1kW}{1000W} \right) \times \left( 1(s) \frac{1h}{3600s} \right) \right]$$

$$E = \left( \frac{P}{3600000} \right) kWh$$

La agencia de regulación y control de electricidad ARCONEL emite tarifas dependiendo de las horas del día, 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 realizar el cálculo del costo por el servicio eléctrico, se utiliza la tarifa general de baja tensión con demanda horaria impuesto por el ARCONEL, el sistema calculará el precio en diferentes horarios, la primera tarifa está comprendida entre las 07:00 y 22:00 horas con un precio de 0.092 USD por kWh y la segunda tarifa entre las 22:00 y 07:00 con un precio de 0.072 USD por kWh.

Cabe recalcar que existe una tarifa de 0.042 USD por kWh (tarifa dignidad), está destinada para usuarios en la tarifa residencial que tengan consumos menores a los 90 kWh mensuales, teniendo en cuenta el costo por kWh en las diferentes tarifas y el costo de comercialización que es de 1.414 USD calculamos el costo por servicio eléctrico para consumos menores a 90 kWh con la ecuación 7.

$$\text{Servicio Eléctrico} = [(E \times \text{Tarifa}) + 1.414] \text{ USD} \quad \text{Ecu. 7}$$

Para consumos mayores a 90 kWh el costo por el servicio eléctrico se calcula con la ecuación 8.

$$\text{Servicio Eléctrico} = [(E_1 \times \text{Tarifa1}) + (E_2 \times \text{Tarifa2}) + 1.414] \text{ USD} \quad \text{Ecu. 8}$$

Además del costo por servicio eléctrico la EERCS adiciona otros rubros (alumbrado, bomberos, basura) y el costo por subsidio cruzado el cual si el consumo mensual supera los 90 kWh se adicionara un 10% más al costo por servicio eléctrico. Este costo adicional se calcula mediante la ecuación 9.

$$\text{Rubro Extra} = [\text{Alumbrado} + \text{Bomberos} + \text{Basura} + \text{Subsidio}] \text{ USD} \quad \text{Ecu. 9}$$

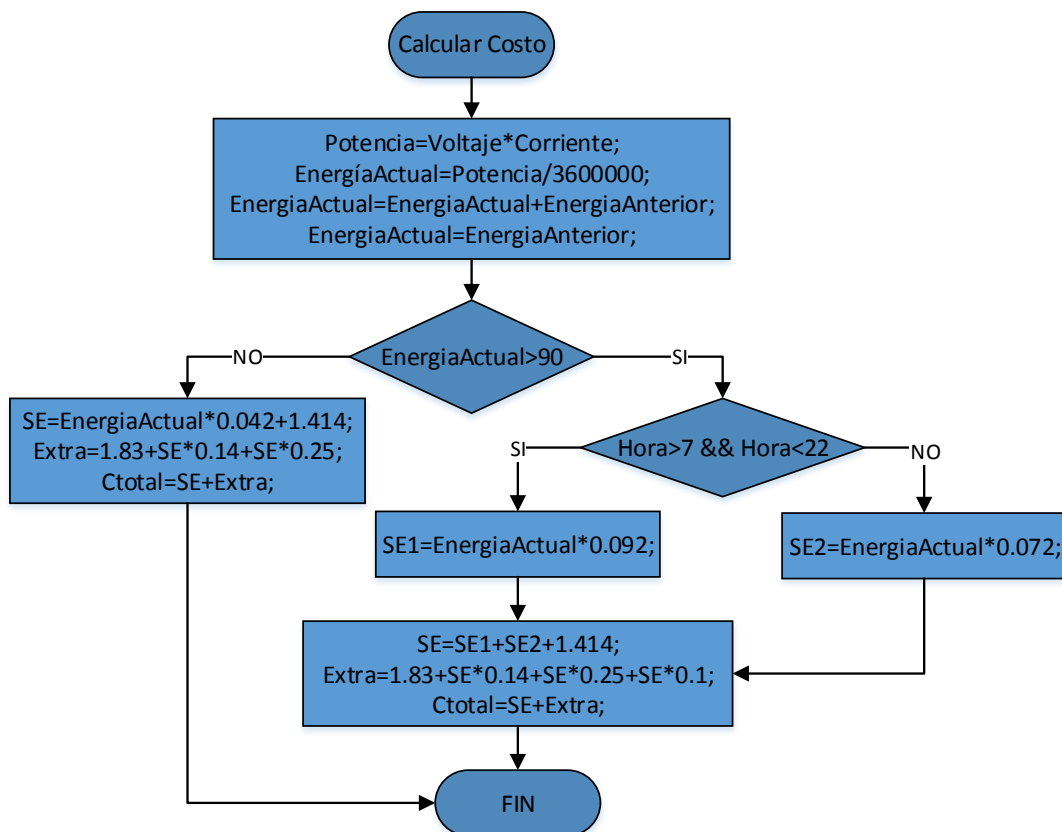
Donde:

- Alumbrado = Servicio Eléctrico  $\times 0.14$
- Bomberos = 1.83
- Basura = Servicio Eléctrico  $\times 0.25$
- Subsidio = Servicio Eléctrico  $\times 0.10$

Para consumos menores a 90 kWh el costo por rubros extras está dado por la ecuación 10.

$$\text{Rubro Extra} = [\text{Alumbrado} + \text{Bomberos} + \text{Basura}] \text{ USD} \quad \text{Ecu. 10}$$

Al tratarse de un medidor de energía todo el consumo energético medido se debe ir acumulando para tener registrado el total de kWh que consume la vivienda desde que se lo conectó con el medidor. En la figura 3.5 se muestra el flujograma con el cual se implementó el programa en el microcontrolador para medir la energía instantánea e ir acumulando todas sus mediciones, también se muestra las operaciones necesarias para calcular el costo total a pagar por el servicio eléctrico adicionando sus rubros extras.

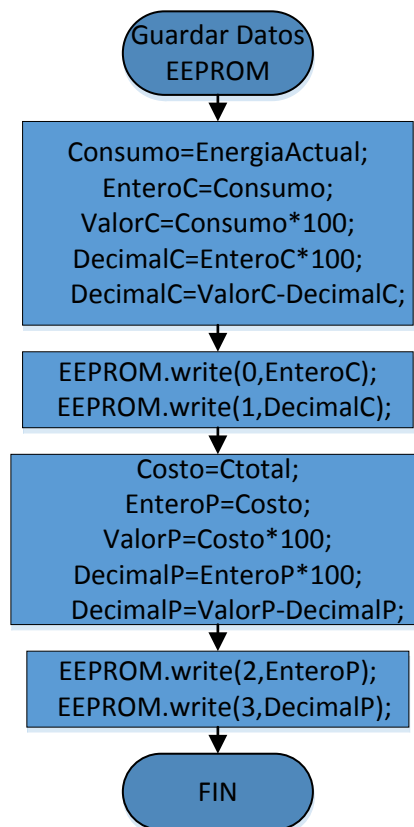


**Figura 3.5.** Diagrama de flujo para calcular costo a cancelar.

Una vez que se tiene calculado correctamente la energía consumida y el costo a cancelar los datos se deben respaldar en algún tipo de memoria, el microcontrolador

del Arduino Mega tiene integrado una memoria EEPROM en la cual los datos guardados no se pierden aunque se desconecte la alimentación del microcontrolador con esto aseguramos que los datos de consumo y de costos no se pierdan cuando exista un reseteo del sistema o exista un corte en el voltaje de alimentación del sistema.

Cabe recalcar que los datos que se pueden guardar en la memoria EEPROM del microcontrolador son del tipo entero (int) y como sabemos los datos de energía consumida y costo contienen parte entera y decimal (float), para poder guardar los datos se los debe dividir en parte entera y en parte decimal guardando cada número en distintas direcciones de la memoria EEPROM. En la figura 3.6 se muestra el diagrama de flujo con el procedimiento necesario para poder dividir un número en su parte entera y decimal para poder guardar estos valores en la EEPROM del microcontrolador.



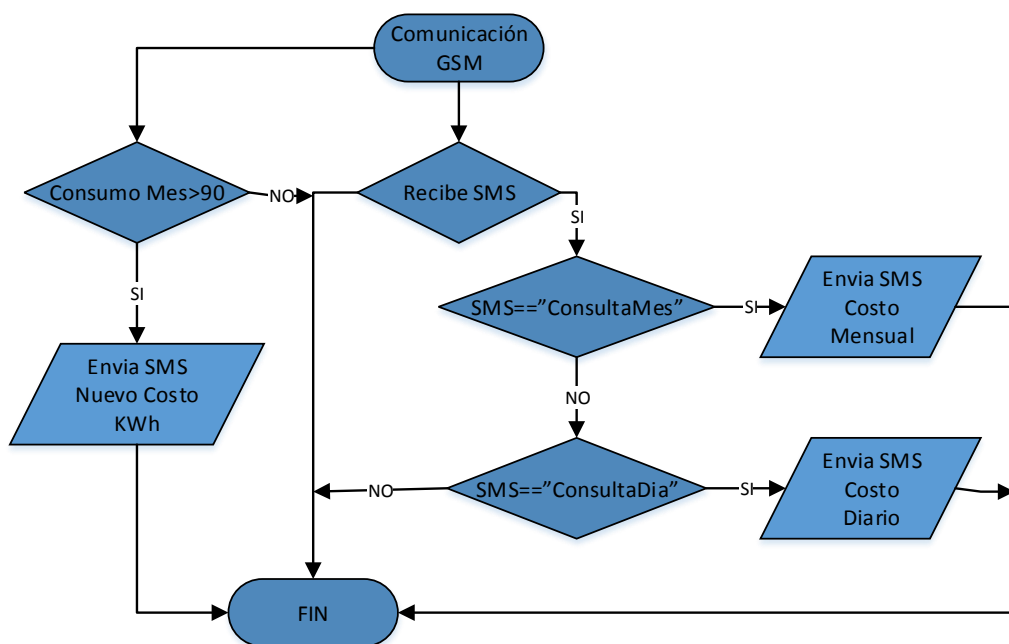
*Figura 3.6. Diagrama de flujo para guardar datos en la memoria EEPROM del microcontrolador.*

### 3.1.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA COMUNICACIÓN DEL SISTEMA

El sistema de comunicación planteado básicamente consta de un microcontrolador (Arduino Mega) el cual se va a comunicar mediante sus puertos seriales (UART) con el módulo GSM (SIM900) y el servidor web (Raspberry Pi).

La comunicación entre el GSM y microcontrolador es bidireccional. El módulo GSM es el encargado de recibir los mensajes de texto (SMS) y su vez envía vía serial el texto recibido al microcontrolador el cual dependiendo de lo recibido realiza una acción. Si recibe la palabra “ConsultaMes” este inmediatamente envía un mensaje texto indicando el costo total que debe pagar por el consumo energético y la cantidad de energía consumida durante el mes actual. Por otra parte si recibe la palabra “ConsultaDia” envía un mensaje indicando la cantidad de energía consumida en el día actual esto sin incluir en el costo los rubros extras que adiciona la EERCS.

Cuando el consumo del mes supera los 90 kWh el microcontrolador envía al módulo GSM los comandos necesarios para que envíe un mensaje de texto indicando que ha superado el límite de consumo establecido por la EERCS y que el costo por kWh se incrementará de 0.042 a 0.092 ó 0.072 USD. En la figura 3.7 se muestra el diagrama de flujo implementado en el microcontrolador para su comunicación con el módulo GSM.



**Figura 3.7.** Diagrama de flujo para comunicación entre microcontrolador y GSM.

La comunicación entre el microcontrolador y el servidor se establece en una sola dirección, es decir el servidor solo recibe los datos, los procesa y guarda en la base de datos. Como el sistema consta de un reloj en tiempo real se lo toma como base para generar una base de tiempo de un segundo ya que los datos son enviados cada segundo hacia el servidor. Los datos se envían vía serial y estos deben estar contenidos en un

solo vector para optimizar al máximo el tiempo de envío de datos. Los datos que se envían al servidor se muestran en el vector i:

i = [Voltaje Corriente Potencia EneInstantanea EneMes EneTotal CostoMes Tarifa]

### **3.2. DISEÑO DEL SERVIDOR WEB Y BASE DE DATOS**

Un servidor web se lo puede definir como una computadora que transmite y guarda datos mediante el internet en formas de página web, las cuales pueden ser visualizadas a través de un navegador web, utiliza el protocolo de transmisión HTTP.

Por su parte una base de datos es un reposito digital en donde se almacenan datos que pueden ser leídos, editados y borrados a través de un servidor web. El servidor web y base de datos van a ser montados sobre un Raspberry Pi B la cual utiliza software y hardware libre.

#### **3.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SERVIDOR WEB**

EL servidor web va a ser montado sobre un Raspberry PI B, LAMP (LinuxApacheMySQLPHP) es un conjunto de componentes webs necesarios para poder instalar el servidor [29]:

- Linux: Sistema operativo sobre el cual va a correr el servidor.
- Apache: Servidor Web HTTP de uso libre.
- MySQL: Base de daos de uso libre.
- Php: Acrónimo de Pre Procesador de Hipertexto.
- PhpMyAdmin: Administrador de base de datos mediante un entorno web.

Para empezar a instalar el servidor web en la plataforma Raspberry Pi se requiere de los siguientes componentes:

- Raspberry Pi Modelo B
- Tarjeta de memoria SD con el sistema operativo Raspbian correctamente instalado.
- Conexión a internet.
- Monitor con entrada HDMI.
- Teclado USB.

- Ratón USB.
- Adaptador AC-DC 5Vdc-1A.

Como primer paso es recomendable abrir el LX terminal del Raspberry y descargar actualizaciones e instalarlas, con esto evitaremos que existan errores de compatibilidad entre los paquetes que se deberán descargar para el servidor web, estos comandos son:

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

A continuación se debe crear un grupo de usuarios y se dotará de permisos para el servidor web que apache utiliza por defecto:

- `sudo groupadd www-data`
- `sudo usermod-a -G www-data www-data`

Instalamos el servidor web apache:

- `sudo apt-get install apache2`

Php es un lenguaje de programación para servidores web con el cual se puede crear páginas web dinámicas, se instala con el siguiente comando:

- `sudo apt-get install php5`

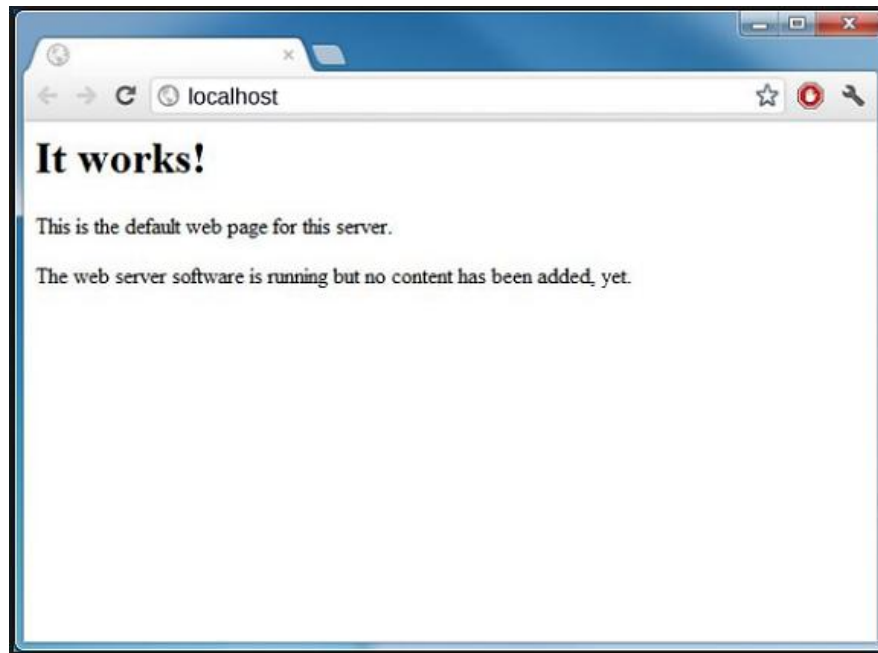
Además se instalan diferentes paquetes y librerías que son necesarias para luego poder diseñar las páginas web para monitorear el consumo energético.

- `sudo apt-get install libapache2-mod-php5 libapache2-mod-perl2 php5 php5-cli php5-common php5-curl php5-dev php5-gd php5-imagick php5-ldap php5-mhash php5-mysql`

Reiniciamos el servidor web instalado.

- `Sudo /etc/init.d/apache2 restart`

Con esto se termina de instalar el servidor web apache, para comprobar que se instaló correctamente abrimos el navegador web del Raspberry Pi y en la dirección web poner `http://localhost` y si la instalación es correcta se desplegara una página web con el mensaje “IT WORKS” como se muestra en la figura 3.8.



*Figura 3.8. Servidor web apache2 instalado correctamente.*

### 3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Para instalar la base de datos se deben instalar MySQL y phpMyAdmin los cuales son útiles para gestionar la base de datos.

MySQL se instala introduciendo en el LX terminal el siguiente comando:

- `sudo apt-get install mysql-server mysql-client php5-mysql`

Al finalizar la instalación MySQL pide crear una contraseña la cual es necesaria para poder gestionar la base de datos. Finalmente se inicia la base de datos MySQL con el comando:

- `sudo service mysql start`

A continuación se instala el phpMyAdmin ejecutando el comando:

- `sudo apt-get install libapache2-mod-auth-mysql php5-mysql phpmyadmin`

Al empezar la instalación phpMyAdmin pide seleccionar el servidor con el que va a trabajar y obviamente hay que elegir el servidor web apache. Continuando con la instalación phpMyAdmin requiere de la contraseña creada en MySQL para poder conectarse con la base de datos. Y finalmente para terminar la instalación

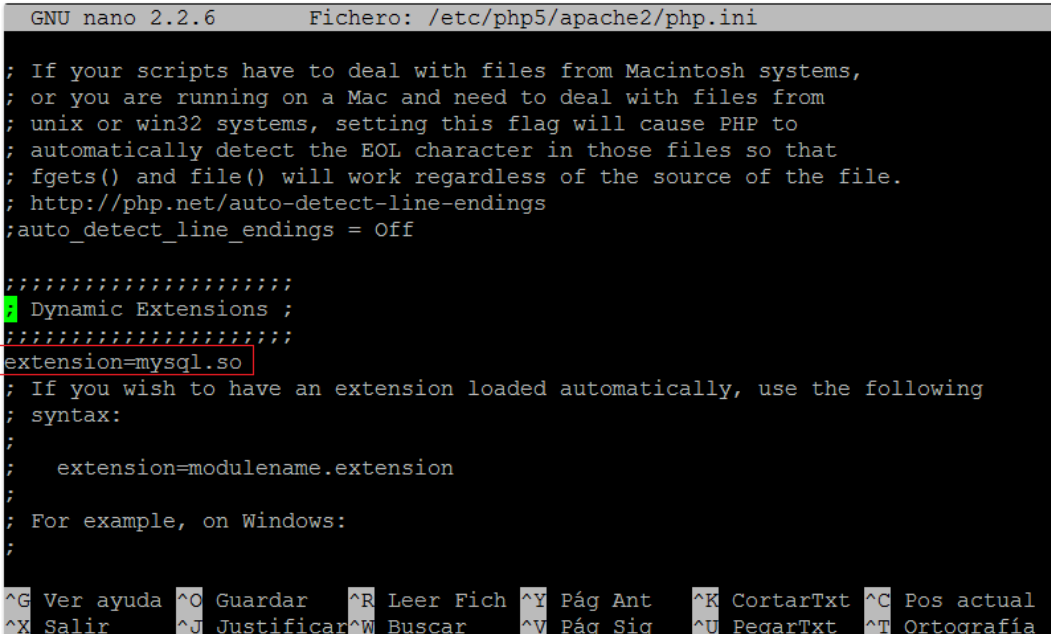


phpMyAdmin pide crear una contraseña para poder ingresar y gestionar la base de datos.

Para que phpMyAdmin funcione correctamente se debe editar el archivo php.ini, en donde se debe redactar “extension=mysql.so”, para ingresar en el archivo en cuestión utilizamos el siguiente comando:

- `sudo nano /etc/php5/apache2/php.ini`

Al ejecutar este comando se abrirá el archivo a editar como se muestra en la figura 3.9.



```
GNU nano 2.2.6 Fichero: /etc/php5/apache2/php.ini
; If your scripts have to deal with files from Macintosh systems,
; or you are running on a Mac and need to deal with files from
; unix or win32 systems, setting this flag will cause PHP to
; automatically detect the EOL character in those files so that
; fgets() and file() will work regardless of the source of the file.
; http://php.net/auto-detect-line-endings
;auto_detect_line_endings = Off

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
; Dynamic Extensions ;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
extension=mysql.so
; If you wish to have an extension loaded automatically, use the following
; syntax:
;
; extension=modulename.extension
;
; For example, on Windows:
;
^G Ver ayuda ^O Guardar ^R Leer Fich ^Y Pág Ant ^K CortarTxt ^C Pos actual
^X Salir ^J Justificar ^W Buscar ^V Pág Sig ^U PegarTxt ^T Ortografía
```

*Figura 3.9. Editar archivo php.ini del servidor apache.*

Para terminar con toda la instalación de phpMyAdmin hay que introducir los dos comandos siguientes:

- `sudo ln -s /etc/phpmyadmin/apache.conf /etc/apache2/conf.d/phpmyadmin.conf`
- `sudo /etc/init.d/apache2 reload`

Reiniciamos el Raspberry y para verificar que la base de datos se instaló correctamente abrimos el navegador web y en la dirección ingresamos `http://localhost/phpmyadmin/`, si la instalación es correcta se debe desplegar la página de inicio de phpMyAdmin como se muestra en la figura 3.10.



*Figura 3.10. Página de inicio de phpMyAdmin.*

### **3.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN CON EL SERVIDOR WEB**

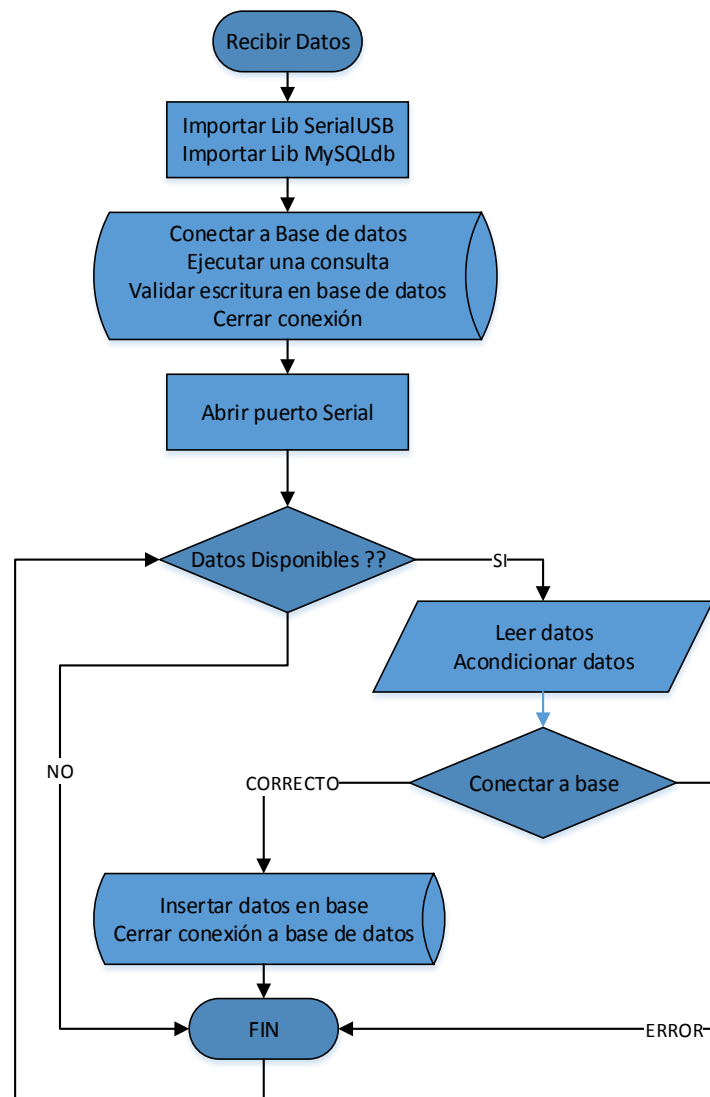
Para la implementación total del sistema el servidor web recibe los datos que envía el microcontrolador y los guarda en la base de datos mySQL, seguido de esto se realiza el diseño de las páginas web con la cual se monitorea el consumo energético de la vivienda.

#### **3.3.1 DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE MICROCONTROLADOR Y SERVIDOR WEB**

Para recibir y guardar los datos que envía el microcontrolador hacia el servidor web se optó por el software llamado Python de uso libre, el cual es una plataforma para desarrollo de software eficiente y de alto nivel; es compatible con funcionalidades de

C, C++ y Java su programación puede ser orientada a objetos, imperativa y funcional [30].

El Raspberry Pi tiene integrado en su sistema operativo el software de Python por lo que no se necesita descargarlo ni instalarlo, algo que es muy importante es importar las librerías para comunicación serial y base de datos. En la figura 3.11 se muestra el diagrama de flujo con las operaciones y tareas necesarias que se deben desarrollar en el software de Python para recibir datos y guardarlos en una base de datos. En el anexo 2 se muestra el código completo que se realizó para la comunicación.



**Figura 3.11.** Diagrama de flujo para comunicación entre microcontrolador y servidor web.

### **3.3.2 DISEÑO DE PÁGINAS WEB PARA MONITOREAR EL CONSUMO ENERGÉTICO**

El diseño de las páginas web para realizar el monitoreo del consumo de energía eléctrica se lo desarrollo en lenguaje de programación HTML, el cual pude cargar contenidos como: texto, imágenes, audio, videos, juegos, etc. Este lenguaje de programación es un estándar que se ha impuesto por el consorcio World Wide Web (www) para la visualización de páginas web, siendo compatible con todos los navegadores web que existen al momento [31]. Los archivos con extensión .html son almacenados en la memoria del servidor y son visualizadas cada vez que un cliente realice peticiones al servidor web

El diseño de las páginas web se lo realiza de acuerdo a las siguientes funciones y 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 visualizaran los costos por servicio eléctrico, rubros extras y costo total a cancelar.
- **GRÁFICAS:** Se visualizaran graficas de la energía consumida y el costo por la misma, la página se actualizara 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.

El diseño final de las páginas y sus funciones se las mostrará con detalle en el capítulo 4. En el anexo 3 se muestra el código que se desarrolló en HTML para el diseño de las páginas web del servidor.

### 3.3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE

Para el diseño del PCB de nuestro sistema se requiere una tarjeta electrónica con las mínimas dimensiones posibles y se debe tener en cuenta los componentes que se montaran sobre ella los cuales son:

- Arduino Mega 2560
- Módulo GSM SIM900
- Reloj en tiempo Real DS1307
- Sistema para medir corriente
- Sistema para medir voltaje
- LCD 20x4 para visualización
- Voltaje de alimentación del sistema.

En la figura 3.12 se muestra el diseño esquemático realizado en el software de Altium para el PCB del sistema de medición:

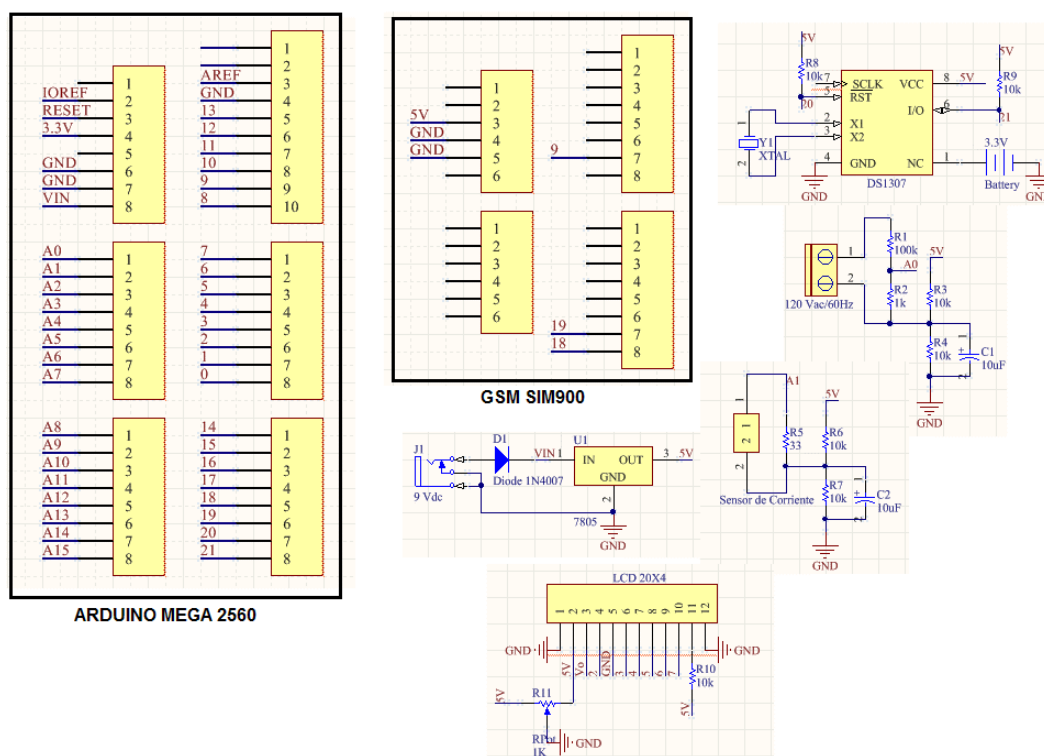
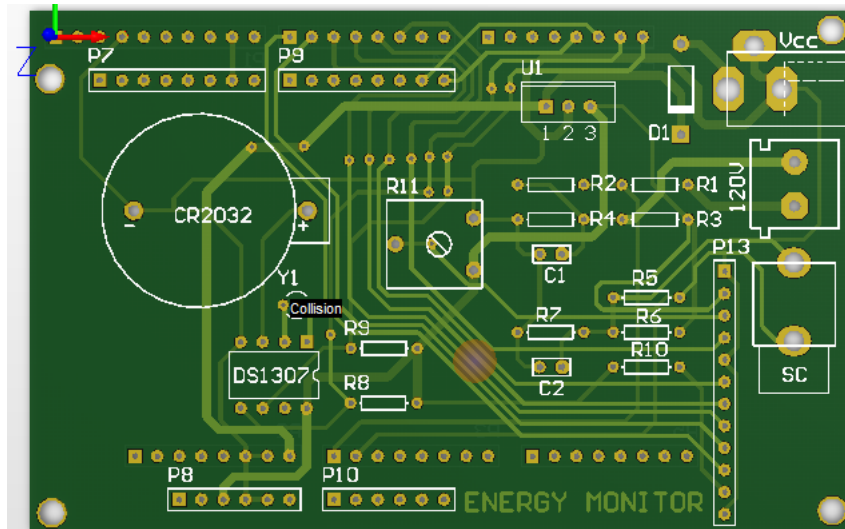


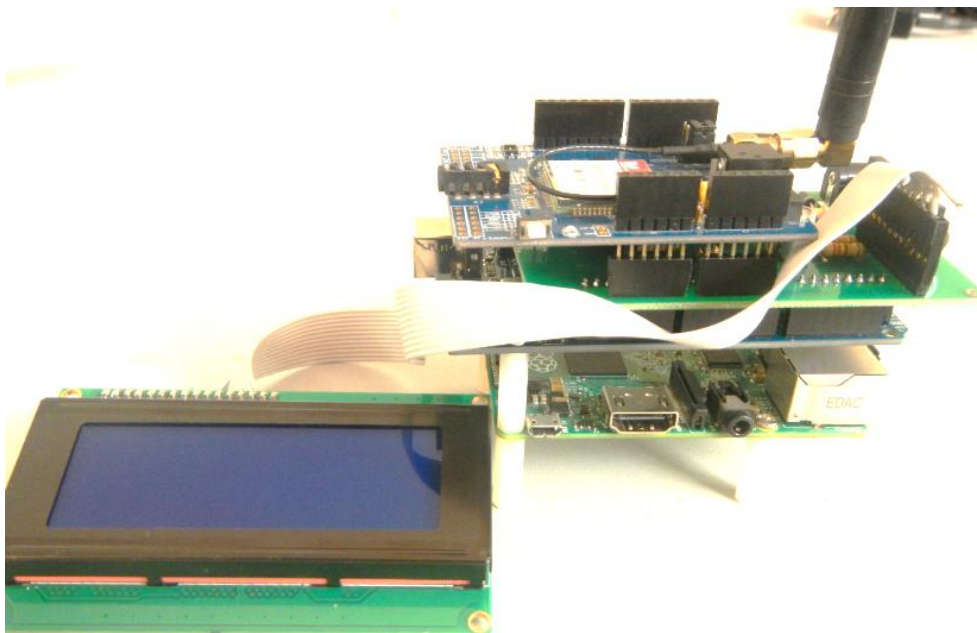
Figura 3.12. Diagrama esquemático del sistema.

Con el fin de minimizar el tamaño el PCB se diseñó en dos capas en el software de Altium y el PCB finalizado se muestra en la figura 3.13 su tamaño es de 91 x 61 mm.



*Figura 3.13. Diseño final del PCB.*

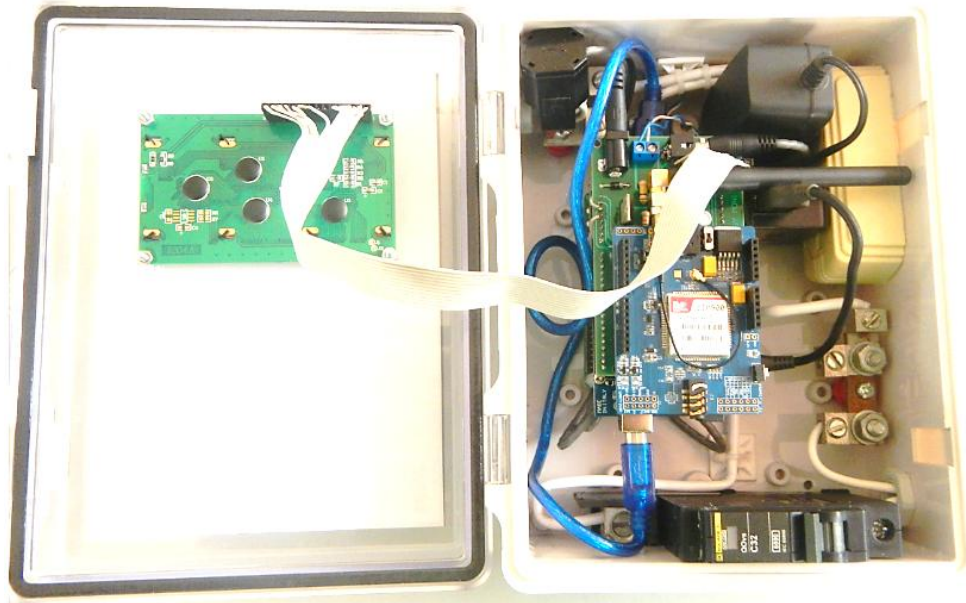
Finalizado el diseño del PCB se procede a fabricar la tarjeta que contara con agujeros metalizados y antisoldier. Soldamos todos los componentes en la tarjeta y se integra todo el sistema obteniendo el prototipo mostrado en la figura 3.14. Para la comunicación entre el sistema de medición y el servidor web no se necesita diseñar ningún PCB puesto que estos se comunican mediante un cable USB.



*Figura 3.14. Integración de hardware del sistema de medición.*

Integrado todo el prototipo este se lo debe implementar y montar con todos sus componentes adicionales como son: ingreso de 120 Vac, fuentes de alimentación de

9Vdc-0.7A para el sistema de medición y 5Vdc-1A para el servidor, cable USB para comunicación el servidor con el microcontrolador, salida para conectar la carga (vivienda) con su respectiva protección (breaker) contra cortocircuitos. El sistema se lo montó en una caja plástica la cual tiene una protección IP65, sus dimensiones son 17x22x12 cm. En las figuras 3.15 y 3.16 se muestra el sistema ya implementado tanto en su interior como su vista frontal.



*Figura 3.15. Implementación y montaje del sistema de medición con el servidor web.*



*Figura 3.16. Vista frontal del sistema de medición implementado.*

---

## CAPÍTULO 4

---

### 4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas consisten básicamente en realizar con el sistema desarrollado mediciones de voltaje, corriente, potencia y energía consumida. Estas mediciones se comparan y se contrastan con los valores medidos por los instrumentos patrones. Los instrumentos patrones que se utilizan disponen de su respectivo certificado de calibración por lo que asumimos que las mediciones entregadas por los mismos son correctas. Con las mediciones en cuestión se realiza un análisis de precisión y exactitud del sistema con respecto a los instrumentos patrones.

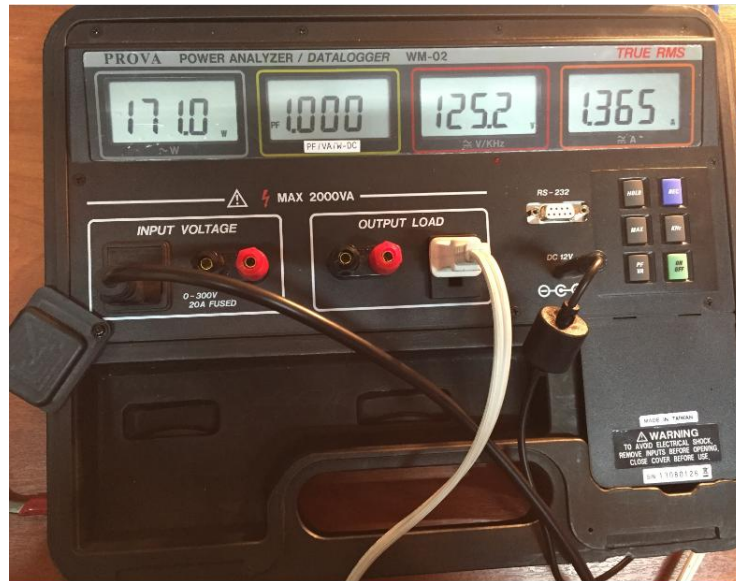
#### 4.1. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJE Y CORRIENTE MEDIDOS POR EL SISTEMA

Para la validación de los valores de voltaje y corriente medidos se dispone de dos instrumentos patrones con los cuales se va a comparar las mediciones entregadas por el sistema planteado. Estos patrones son el multímetro FLUKE 189 con el cual se mide voltaje, una pinza amperométrica FLUKE i1010 para medir corriente y un analizador monofásico PROVA WM-02 el cual entrega valores de voltaje corriente y potencia instantánea. En las figuras 4.1 y 4.2 se muestran los instrumentos patrones.



*Figura 4.1. Multímetro FLUKE 189 y pinza amperométrica FLUKE i1010 [32].*





*Figura 4.2. Analizador monofásico PROVA WM-02.*

El sistema desarrollado cuenta en su parte frontal con un LCD 4x20 el que indica los valores de voltaje y corriente medidos; la potencia instantánea, energía consumida durante el mes, energía total consumida desde la conexión del medidor en la vivienda, valores que son medidos y calculados por el sistema. Además el LCD muestra la hora y la fecha actual. En la figura 4.3 se muestra el LCD montado en la parte frontal del sistema.



*Figura 4.3. LCD indicando voltaje, corriente, potencia, energía acumulada, hora, fecha.*

#### **4.1.1. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE VOLTAJE MEDIDOS POR EL SISTEMA**

Se realizan pruebas de medición de voltaje con diferentes cantidades de tensión, para lograr esto se utiliza una fuente de voltaje AC variable. Se toman como rango de

medición los valores comprendidos entre 100 y 130 V. Se tomaron tres medidas del mismo punto bajo las mismas condiciones para con esto poseer los datos necesarios para calcular la precisión y exactitud del sistema de medición de voltaje, en la tabla 4.1 se muestran las tres mediciones de voltaje en diferentes puntos del rango.

**Tabla 4.1.** Valores de tensión medidos por el sistema.

<b>Medidor Electrónico</b>						
<b>Medida 1</b>	<b>Medida 2</b>	<b>Medida 3</b>	<b>Medida 4</b>	<b>Medida 5</b>	<b>Medida 6</b>	<b>Medida 7</b>
100.47 V	105.03 V	110.67 V	114.61 V	120.97 V	125.09 V	130.35 V
99.39 V	105.79 V	111.67 V	115.97 V	120.04 V	125.89 V	130.15 V
100.81 V	106.52 V	109.89 V	114.19 V	121.40 V	124.94 V	130.78 V

Precisión la podemos definir como la dispersión de los valores obtenidos en repetidas mediciones, es decir cuántas medidas diferentes nos entrega de una misma cantidad medida varias veces bajo condiciones similares [33]. La precisión se calcula mediante la desviación estándar  $\sigma$  de los valores medidos. Matemáticamente se representa mediante la ecuación 11.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Ecu. 11}$$

En donde:

- $\sigma$  = desviación estándar
- $x$  = muestra tomada
- $\bar{x}$  = promedio de muestras tomadas
- $n$  = número de muestras

Por su parte la exactitud hace referencia a cuanto se acerca el valor medido por el instrumento al valor verdadero de la magnitud medida. Para calcular la exactitud del instrumento respecto al valor verdadero generalmente se utiliza el cálculo de error relativo porcentual [33] que se calcula mediante la ecuación 12.

$$\varepsilon_{x\%} = 100 \frac{\Delta X}{x} \quad \text{Ecu. 12}$$

En donde:

- $\varepsilon$  = error relativo porcentual
- $x$  = valor real

- $\Delta X =$  error relativo

Es casi improbable que los instrumentos tengan el mismo error en todo su rango de medición, por lo cual el error medio se la calcula con la ecuación 13.

$$\varepsilon_m = \sqrt{(\varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_3)^2 + \dots + (\varepsilon_n)^2} \quad \text{Ecu. 13}$$

En donde:

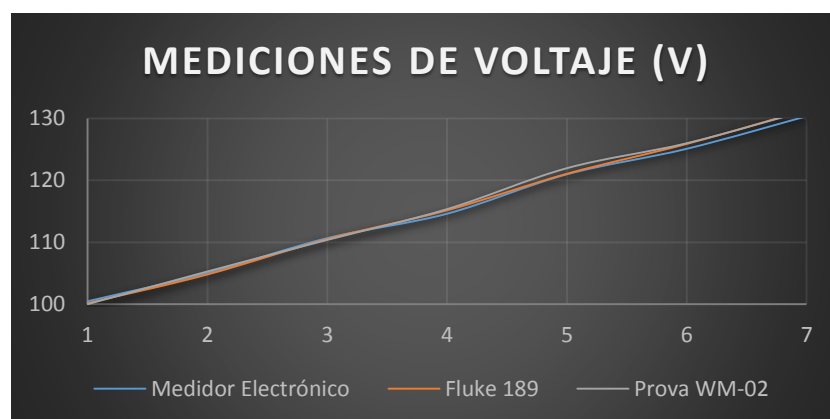
- $\varepsilon_m =$  error medio o total
- $\varepsilon_n =$  error en cada medición

En la tabla 4.2 se muestran los datos de precisión ( $\sigma$ ) y exactitud ( $\varepsilon_{x\%}$  y  $\varepsilon_m$ ) calculados para el sistema de medición de voltaje y los valores reales medidos por los instrumentos patrones.

**Tabla 4.2.** Precisión, error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de voltaje.

	Promedio muestras	Valor real FLUKE 189	Valor real PROVA WM-02	Precisión $\sigma$	Error relativo a FLUKE	Error relativo a PROVA
<b>Medida 1</b>	100.22 V	100.49 V	100.10 V	0.741	-0.27 %	0.12 %
<b>Medida 2</b>	105.78 V	105.58 V	105.21 V	0.745	0.19 %	0.54 %
<b>Medida 3</b>	110.74 V	110.48 V	109.79 V	0.892	0.24 %	0.87 %
<b>Medida 4</b>	114.92 V	115.19 V	115.96 V	0.930	-0.49 %	-0.89 %
<b>Medida 5</b>	120.80 V	120.34 V	121.06 V	0.695	0.38 %	-0.21 %
<b>Medida 6</b>	125.31 V	125.83 V	125.99 V	0.511	-0.42 %	-0.54 %
<b>Medida 7</b>	130.43 V	131.49 V	130.54 V	0.322	-0.81 %	-0.09%
				<b>Error Medio</b>	$\pm 1.17 \%$	$\pm 1.48 \%$

En la figura 4.4 se observa la gráfica de los promedios las mediciones de voltaje rms realizadas por el medidor electrónico y los instrumentos patrones.



**Figura 4.4.** Mediciones de voltaje realizadas por el medidor electrónico y los instrumentos patrones.

Analizando los valores de precisión calculados podemos indicar que el sistema de medición es más preciso cuando el valor del voltaje a medir se aproxima a los 130 V. Su exactitud con respecto al multímetro FLUKE 189 es mayor en medidas alrededor de los 110 V y su error medio en un rango de medida de 100 a 130 V es de  $\pm 1.17\%$ . Con respecto al analizador monofásico PROVA WM-02 es más exacto en medidas alrededor de 130 V y tiene un error medio de  $\pm 1.48\%$  en un rango de medida de 100 a 130V.

#### 4.1.2. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LOS VALORES DE CORRIENTE MEDIDOS POR EL SISTEMA

Para la validación y el análisis de la precisión y exactitud en la medición de corriente del sistema se utilizan cargas (resistivas, inductivas) con diferentes valores de consumo con el fin de que existan diferentes valores de corriente circulando a través del sensor del sistema de medición. Se toman tres medidas con cada carga y en condiciones similares para seguir de esto calcular la precisión y exactitud.

En la tabla 4.3 se muestran las tres mediciones de corriente con cada carga realizadas por el medidor electrónico.

*Tabla 4.3. Valores de corrientes medidos por el sistema.*

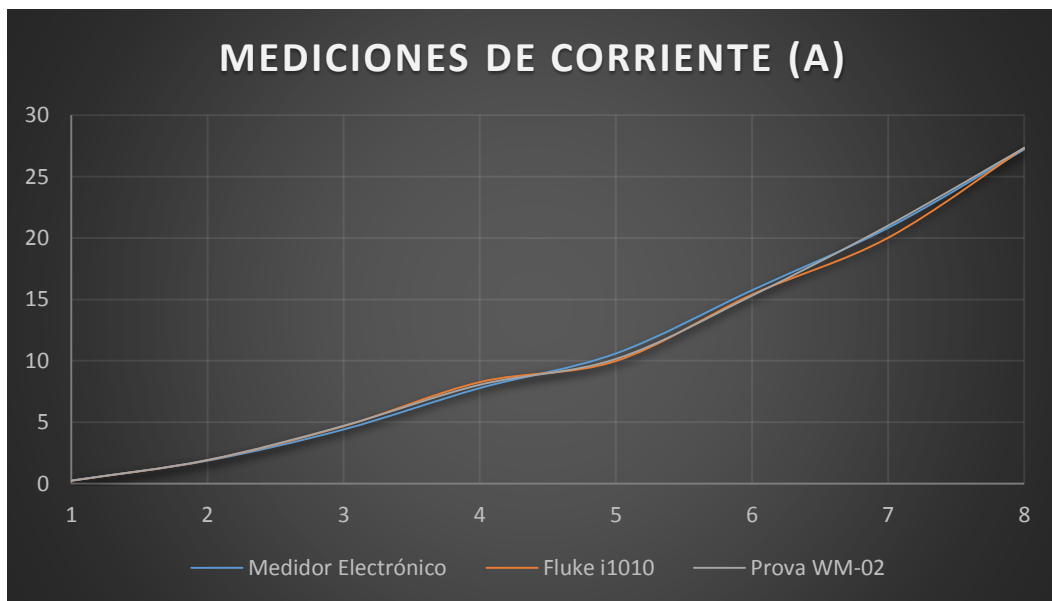
Medidor Electrónico							
Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Medida 6	Medida 7	Medida 8
0.25 A	1.85 A	4.43 A	7.75 A	10.67 A	15.54 A	20.67 A	25.32 A
0.26 A	1.89 A	4.31 A	7.89 A	10.65 A	15.01 A	20.95 A	25.32 A
0.25 A	1.84 A	4.45 A	7.68 A	10.45 A	15.78 A	20.76 A	24.99 A

Para los cálculos de precisión y exactitud utilizamos las ecuaciones 11, 12 y 13. En la tabla 4.4 se muestran los cálculos realizados de precisión, error relativo y error medio de las mediciones de corriente y los valores de corriente reales medidos por los instrumentos patrones.

**Tabla 4.4.** Precisión, error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de corriente.

	Promedio muestras	Valor real FLUKE 189	Valor real PROVA	Precisión $\sigma$	Error relativo a FLUKE	Error relativo a PROVA
<b>Medida 1</b>	0.25 A	0.23 A	0.24 A	0.006	1.33 %	-2.56 %
<b>Medida 2</b>	1.86 A	1.90 A	1.93 A	0.026	-2.11 %	-1.09 %
<b>Medida 3</b>	4.40 A	4.67 A	4.71 A	0.076	-2.30 %	-0.98 %
<b>Medida 4</b>	7.77 A	8.26 A	8.05 A	0.107	-1.35 %	-1.73 %
<b>Medida 5</b>	10.59 A	9.98 A	10.15 A	0.122	0.84 %	1.92 %
<b>Medida 6</b>	15.74 A	15.39 A	15.30 A	0.188	1.24 %	1.64 %
<b>Medida 7</b>	20.82 A	20.01 A	21.01 A	0.110	1.78%	-0.89 %
<b>Medida 8</b>	27.21 A	27.97 A	27.34 A	0.191	-2.02 %	-0.48 %
				<b>Error Medio</b>	$\pm 4.05$ %	$\pm 4.36$ %

En la figura 4.5 se observa las gráficas de los promedios de las mediciones de corriente media (rms) realizadas por el medidor electrónico y los instrumentos patrones con diferentes cargas conectadas.



**Figura 4.5.** Mediciones de corriente realizadas por el medidor electrónico y los instrumentos patrones.

Mediante los datos de precisión y exactitud calculados se puede deducir que la precisión del sistema midiendo corriente es mayor en el rango comprendido entre valores menores a 5A. Su exactitud respecto a la pinza amperométrica FLUKE i1010 es mayor en medidas alrededor de 10 A y su error medio es de  $\pm 4.05$  % en un rango de medición de 0 a 30 A. EL sistema de medición es más exacto cantidades

aproximadas a los 20 A esto es con respecto al analizador monofásico PROVA WM-02 y su error medio es de  $\pm 4.36\%$  en un rango de 0 a 30A.

#### **4.2. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE POTENCIA Y CONSUMO ENERGÉTICO ENTREGADOS POR EL SISTEMA**

Para medir potencia instantánea y su consumo energético de la vivienda en la cual se realizaron las pruebas del sistema de medición se toma como instrumentos patrones al analizador monofásico PROVA WM-2 (véase figura 4.2) y un medidor electrónico de la EERCS ubicado en una vivienda. En la figura 4.6 se puede observar el medidor de consumo energético utilizado por la EERCS para medir el consumo de energía eléctrica de la vivienda en cuestión.



*Figura 4.6. Medidor electrónico utilizado por la EERCS.*

#### 4.2.1. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE POTENCIA MEDIDOS POR EL SISTEMA DESARROLLADO

Los valores de potencia instantánea entregados por el medidor electrónico son de vital importancia dentro del sistema planteado puesto que de este valor dependen los cálculos de consumo energético y a su vez estos están ligados con los cálculos de costos por servicio eléctrico y sus rubros adicionales.

Para realizar las mediciones de potencia se toma como instrumento patrón el analizador monofásico PROVA WM-02, como carga se toman varios electrodomésticos que son comunes en una vivienda. En la tabla 4.5 se enumeran los electrodomésticos con sus datos de voltaje, frecuencia y potencia que en teoría deberían consumir, los cuales vienen indicados por sus fabricantes en la parte de exterior de los mismos.

*Tabla 4.5. Electrodomésticos con sus valores de voltaje, frecuencia y potencia indicados por el fabricante.*

#	Electrodoméstico	Voltaje	Frecuencia	Potencia
01	Foco incandescente	110 V	60 Hz	100 W
02	Foco ahorrador	120 V	60 Hz	8.5 W
03	Foco incandescente	110 V	60 Hz	60 W
04	Plancha	120 V	60 Hz	1200 W
05	Tostadora	120 V	60 Hz	750 W
06	Taladro	120 V	60 Hz	275 W
07	Cargador PC portátil	110 V	60 Hz	90 W
08	Televisión	110 V	60 Hz	75 W
09	Refrigeradora	110 V	60 Hz	300 W
10	Cautín	120 V	60 Hz	20 W
11	Licuada	120 V	60 Hz	250 W

Los valores de potencia mostrados en la tabla 4.5 se los toma como una referencia y mas no como absolutos puesto que los valores de potencia indicados son para voltajes

de funcionamiento de 110 y 120 V y en nuestra red eléctrica que a abastasen de energía a las viviendas los valores de voltaje son variantes dependiendo de la distancia entre el transformador y la vivienda entre otras razones y a esto adicionamos que el voltaje tiende a disminuir cuando se conectan cargas a la red.

Se toman tres muestras de potencia instantánea con cada electrodoméstico en condiciones similares para con estos datos poder calcular la precisión y exactitud en los valores de potencia que entrega el medidor electrónico.

La tabla 4.6 muestra los valores de potencia instantánea entregados por el medidor electrónico para cada uno de los electrodomésticos.

**Tabla 4.6.** Valores de potencia instantánea medidos por el sistema.

<b>Medidor Electrónico</b>					
<b>Número de Electrodoméstico</b>					
<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>
107.01 W	9.59 W	64.90 W	1006.47 W	776.74 W	230.00 W
106.97 W	10.12 W	65.09 W	1007.74 W	775.89 W	231.09 W
107.32 W	9.45 W	65.01 W	1008.10 W	776.98 W	230.37 W
<b>Número de Electrodoméstico</b>					
<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	
87.61 W	81.36 W	314.89 W	20.70 W	257.56 W	
88.45 W	80.76 W	314.13 W	20.16 W	258.37 W	
87.39 W	81.26 W	314.97 W	20.82 W	257.10 W	

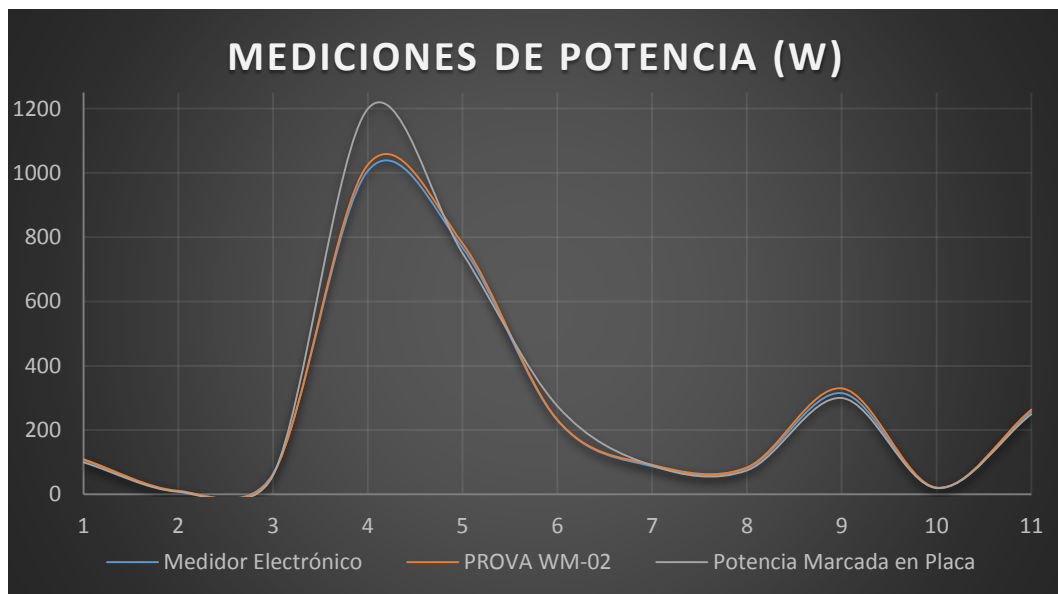
Mediante las ecuaciones 11, 12, 13 calculamos la precisión y la exactitud del sistema al momento de medir potencia. El instrumento que lo tomamos como patrón es el analizador monofásico PROVA WM-02. En la tabla 4.7 se muestran los cálculos realizados de precisión, error relativo y error medio de las mediciones de potencia instantánea y el valor real de potencia medido por el instrumento patrón.



**Tabla 4.7.** Precisión, error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de potencia.

	Promedio muestras	Valor real PROVA	Precisión $\sigma$	Error relativo a PROVA
Medida 1	107.10 W	108.19 W	0.192	-1.01 %
Medida 2	9.72 W	9.59 W	0.353	1.36 %
Medida 3	65.00 W	64.17 W	0.095	1.29 %
Medida 4	1007.44 W	1015.74 W	0.856	-0.82 %
Medida 5	776.54 W	779.95 W	0.573	-0.44 %
Medida 6	230.49 W	232.09 W	0.554	0.69 %
Medida 7	87.82 W	88.52 W	0.559	-0.79 %
Medida 8	81.13 W	82.22 W	0.321	-1.33 %
Medida 9	314.66 W	320.76 W	0.0464	-1.90 %
Medida 10	20.56 W	20.30 W	0.352	1,28 %
Medida 11	257.68 W	260.08 W	0.643	0.92 %
			<b>Error Medio</b>	$\pm 3.56$ %

En la figura 4.7 se observa la gráfica las mediciones de potencia realizadas por el medidor electrónico y el instrumento patrón con diferentes electrodomésticos conectados.



**Figura 4.7.** Mediciones de potencia realizadas por el medidor electrónico y analizador monofásico PROVA VM-02.

Con los datos calculados en la tabla 4.7 deducimos que la precisión del sistema midiendo potencia instantánea es mayor en mediciones alrededor de los 300 W. En

cuanto a su exactitud el sistema tiene un error medio de  $\pm 3.56\%$  y sus mediciones se acercan más valor real en mediciones aproximadas a los 750 W.

#### 4.2.2. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE VALORES DE CONSUMO ENERGÉTICO CALCULADOS POR EL SISTEMA DESARROLLADO

Las pruebas que se realizan para validar los datos de consumo energético calculado por el sistema, básicamente lo que hacemos es conectar el medidor electrónico en paralelo con el medidor de la vivienda de la EERCS con el fin de que el medidor electrónico vaya midiendo y registrando todo el consumo de la vivienda, con esto realizamos lecturas diarias de los dos medidores para poder comparar los datos de energía consumida y con esto poder estimar si el medidor electrónico está entregando datos correctos de consumo. En la tabla 4.8 podemos observar los datos de consumo energético registrados por el medidor electrónico y el medidor de la EERCS.

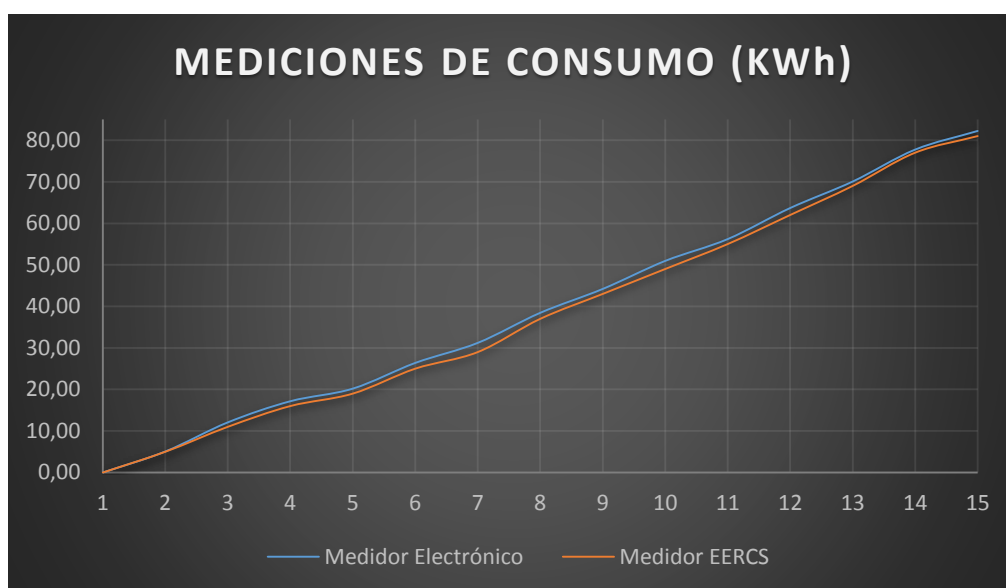
*Tabla 4.8. Error relativo, y medio en diferentes puntos de medición de consumo.*

Día	Fecha Y Hora	Medidor Electrónico	Medidor EERCS	Error relativo a EERCS
1	19/05/2016 08:47	0.00 kWh	0 kWh	0.00 %
2	20/05/2016 08:48	5.17 kWh	5 kWh	9.82 %
3	21/05/2016 08:32	12.18 kWh	11 kWh	7.31 %
4	22/05/2016 09:05	17.47 kWh	16 kWh	6.37 %
5	23/05/2016 09:15	20.84 kWh	19 kWh	5.6 %
6	24/05/2016 08:47	26.50 kWh	25 kWh	7.69 %
7	25/05/2016 08:56	31.73 kWh	29 kWh	3.97 %
8	26/05/2016 08:47	38.90 kWh	37 kWh	2.84 %
9	27/05/2016 09:03	44.22 kWh	43 kWh	4.02 %
10	28/05/2016 08:51	50.97 kWh	49 kWh	4.02 %
11	29/05/2016 09:12	56.23 kWh	55 kWh	2.24 %
12	31/05/2016 08:41	63.71 kWh	62 kWh	2.76 %
13	01/06/2016 08:55	70.09 kWh	69 kWh	1.58 %
14	02/06/2016 09:01	77.77 kWh	77 kWh	1.01 %
15	03/06/2016 09:33	82.27 kWh	81 kWh	1.57 %

Para las pruebas y análisis de los datos de consumo energético calculados por el sistema el error relativo calculado se lo toma como una referencia y mas no como cien

por ciento válidos, puesto que el instrumento patrón utilizado (medidor EERCS) indica sus valores únicamente con números enteros y el sistema nos entrega con números enteros más dos cifras de decimales.

En la figura 4.8 se observa la gráfica de las mediciones de consumo realizadas por el medidor electrónico y el instrumento patrón con diferentes electrodomésticos conectados, estas mediciones fueron tomadas durante un lapso de quince días.



**Figura 4.8.** Mediciones de consumo realizadas por el medidor electrónico y el medidor de la EERCS.

Observando la tabla 4.8 podemos decir que los datos de consumo energético entregados por el medidor electrónico se aproximan bastante a los datos de consumo medidos por el medidor de la EERCS. Se puede deducir que existe un error de +1.27 kWh en un rango de medición de 85 kWh. Esto en dinero representaría en el peor de los casos un recargo de 0.22 USD mensual.

### **4.3. PRUEBAS DE MONITOREO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN EN CONJUNTO CON EL SERVIDOR WEB**

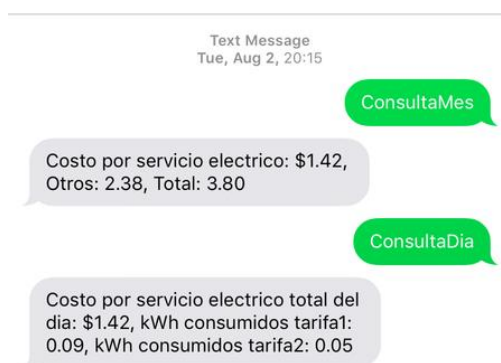
Las pruebas del sistema de medición y monitoreo integrados en su totalidad consisten en realizar consultas al servidor web y este debe desplegar sus diferentes páginas web

según el requerimiento. El servidor web consta básicamente de 4 páginas las cuales son: ingreso, inicio, gráficas y consultas.

#### 4.3.1. PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE EL SISTEMA DE MEDICIÓN, SERVIDOR WEB Y MÓDULO GSM

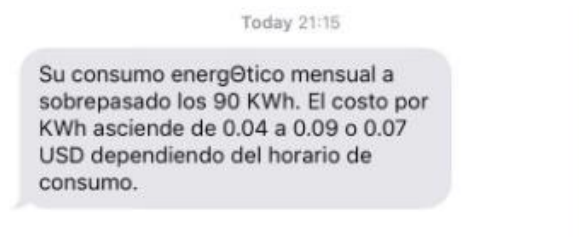
Como se detalló en el capítulo 3 existen tres casos para que el sistema envíe un mensaje de texto (SMS) al usuario, las dos primeras se dan cuando el usuario realiza una consulta ya sea de costo mensual o diario, esta consulta se realiza enviando un SMS al sistema de medición. La tercera se da cuando el medidor electrónico instalado en la vivienda registra un consumo energético mensual mayor o igual a los 90 kWh ya que cuando el usuario supera este límite establecido por la EERCS el costo por kWh aumenta de 0.04 USD (tarifa dignidad) a 0.07 o 0.09 USD esto dependiendo de la tarifa horaria en la que se realice el consumo.

En la figura 4.9 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.



**Figura 4.9.** Consulta mensual y diaria realizada por el usuario.

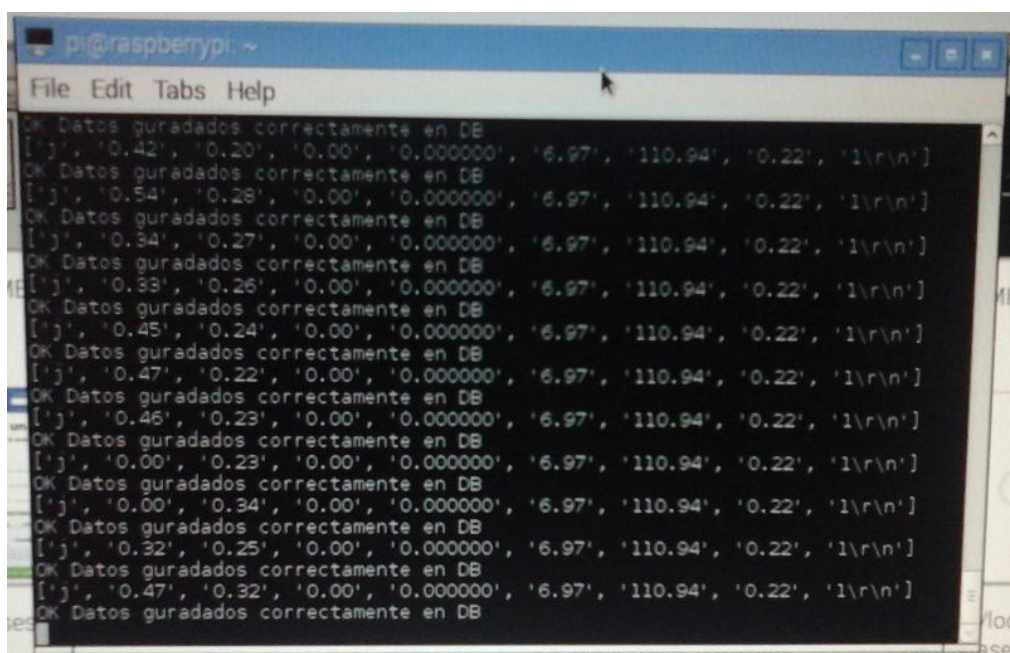
En la figura 4.10 se observa el mensaje de texto enviado por el sistema de medición el momento en que el consumo energético mensual ha superado los 90 kWh. Este límite establecido por la EERCS es válido para todos los usuarios en el nivel de baja tensión y tarifa residencial con y sin demanda horaria.



**Figura 4.10.** Mensaje de texto indicando que se superó el límite de consumo mensual de 90 kWh.

El servidor web se comunica mediante su puerto serial con el microcontrolador (Arduino Mega 2560) para eso se desarrolla un programa en el software de Python como se detalló en el capítulo 3. Este programa debe recibir los datos que lleguen por su puerto serial acondicionarlos de tal manera que se puedan guardar sin ningún error en la base de datos implementada en el servidor web. Para comprobar que la comunicación entre servidor y microcontrolador este correcta abrimos el LX Terminal de nuestro servidor web (Raspberry Pi) y ejecutamos el archivo que en nuestro caso tiene por nombre base1.py.

En la figura 4.11 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.



**Figura 4.11.** LX Terminal de Raspberry Pi indicando los datos recibidos y guardados en la base de datos.

### 4.3.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO INTEGRADOS EL SISTEMA DE MEDICIÓN CON EL SERVIDOR WEB

El servidor web en conjunto con sus páginas se diseñó de tal manera que cumpla los requerimientos detallados en el capítulo 3. 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 desplegará la página de inicio del sistema de medición y monitoreo. En la figura 4.12 se muestra la página web de ingreso al sistema.



*Figura 4.12. Página de ingreso al sistema de medición y monitoreo.*

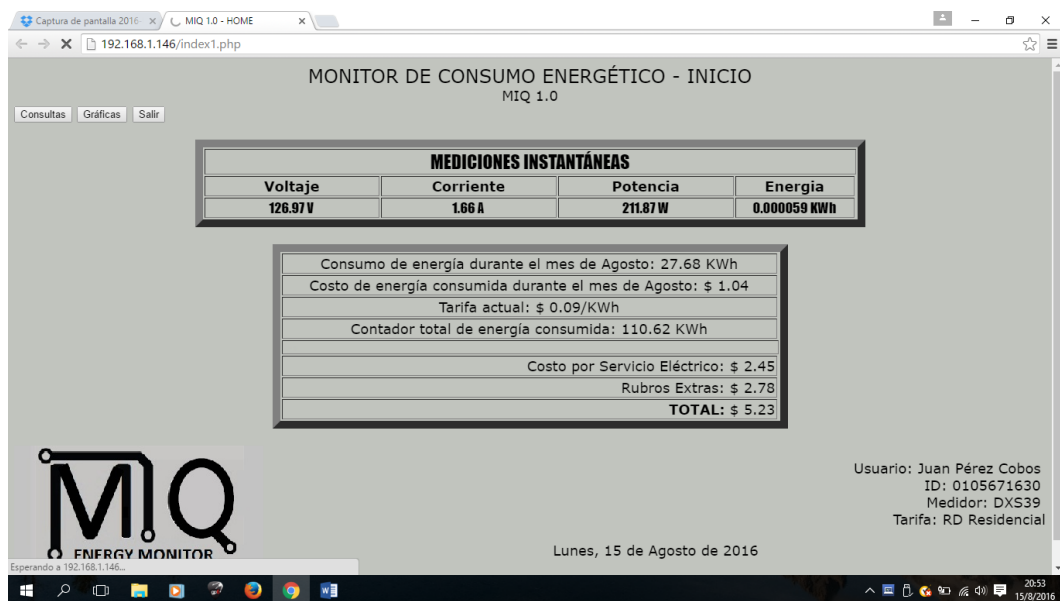
Una vez registrados correctamente ingresamos a la página de inicio del sistema de medición y monitoreo, en esta página se muestran los valores de las mediciones instantáneas de voltaje, corriente, potencia y energía las cuales son tomadas de la base de datos del servidor web.

Además de mediciones instantáneas el servidor nos muestra la cantidad de energía eléctrica que se ha consumida durante el mes, el costo de la energía consumida en el mes. Seguido de esto se muestra el costo actual por kWh el mismo que puede ser de 0.04, 0.07 ó 0.09 USD dependiendo del valor mensual de consumo o de la tarifa horaria en la que se realice el consumo de energía.

El costo total que se debe cancelar mensualmente por el servicio eléctrico incluye el costo del servicio que en el supuesto caso no haya consumido nada la base a pagar es de 1.14 USD (costo de comercialización), a esto se adiciona los rubros extras (bomberos, basura, alumbrado, subsidio) que actualmente la EERCS cobra en sus planillas mensuales. En la parte inferior derecha de la página de inicio del servidor web se muestran los datos del usuario como son nombre, número de identificación y de medidor y la tarifa en la cual está el abonado.

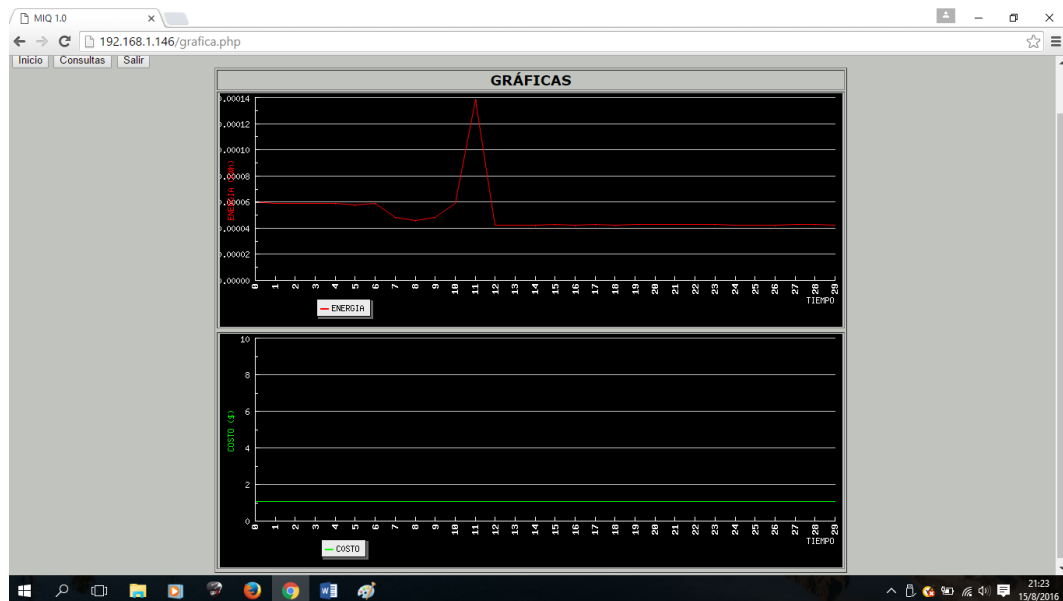
En la figura 4.13 se muestra la página de inicio que despliega el servidor web del sistema de medición y monitoreo cuando un cliente web realiza una consulta.

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.



*Figura 4.13. Página de inicio del sistema de medición y monitoreo.*

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. En la figura 4.14 se muestra las gráficas de energía y costo que despliega el servidor web.



*Figura 4.14. Página de gráficas de energía y costo del sistema de medición y monitoreo.*

Presionando el botón de consultas, el servidor web nos envía a una página en la cual tenemos tres opciones: consulta diaria, semanal o mensual. En la figura 4.15 se muestra la página para realizar consultas de consumo.



*Figura 4.15. Página de consultas de consumos y costos.*

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. En las figuras 4.16, 4.17 y 4.18 se muestran las tablas y graficas estadísticas de una consulta de consumo diario.

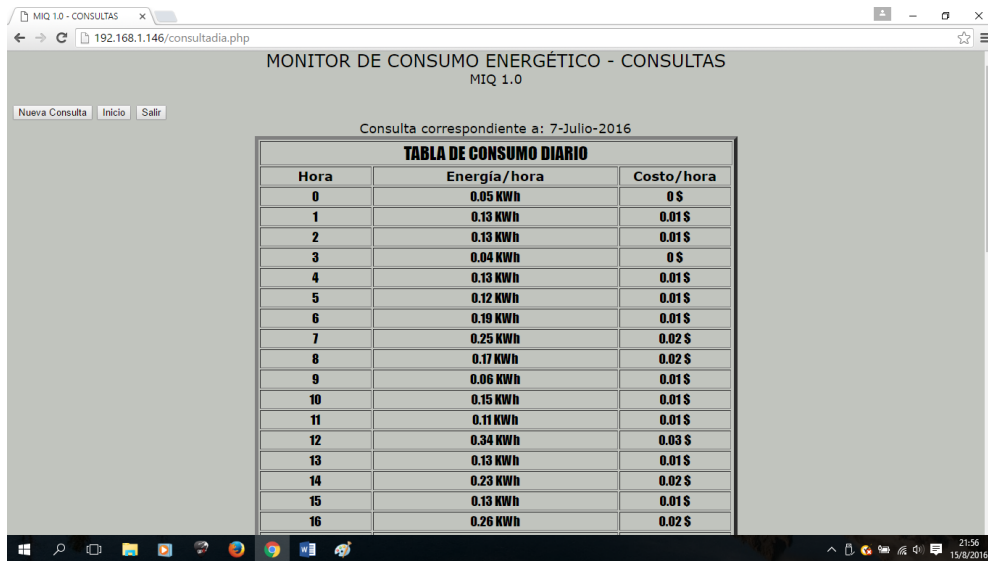


Figura 4.16. Página detallando una consulta diaria.

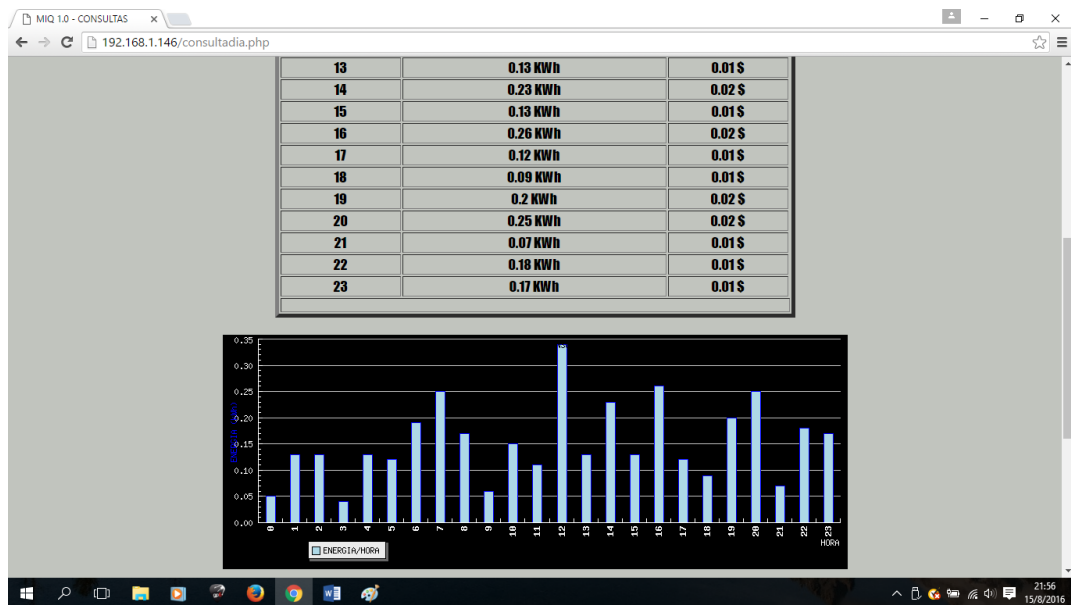
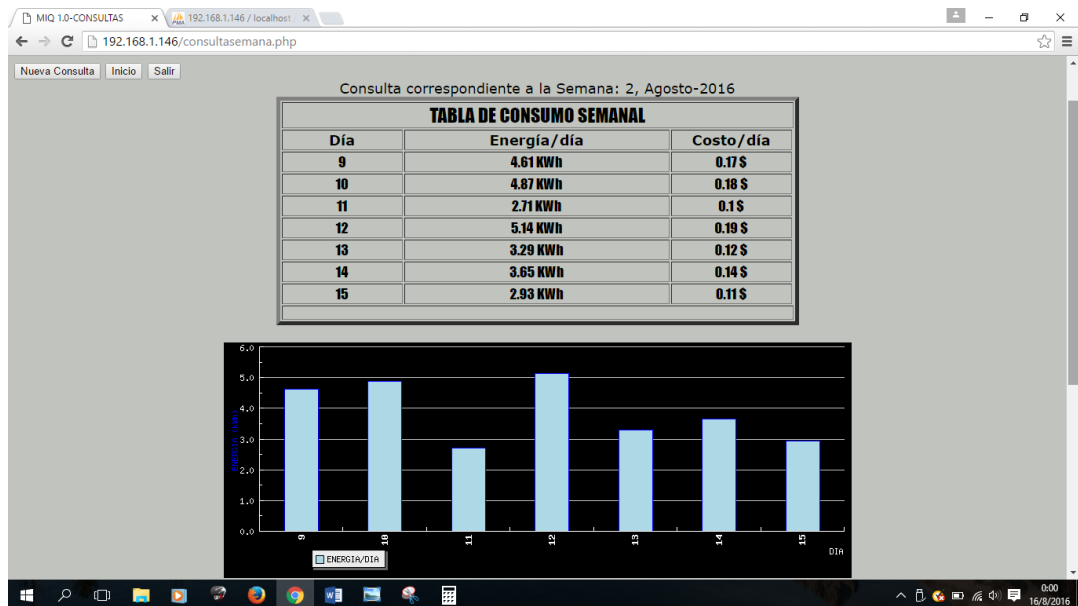


Figura 4.17. Página detallando una consulta diaria.



*Figura 4.18. Página detallando una consulta diaria.*

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. En las figuras 4.19 y 4.20 se muestran la tabla y graficas estadísticas detallando un consumo semanal.



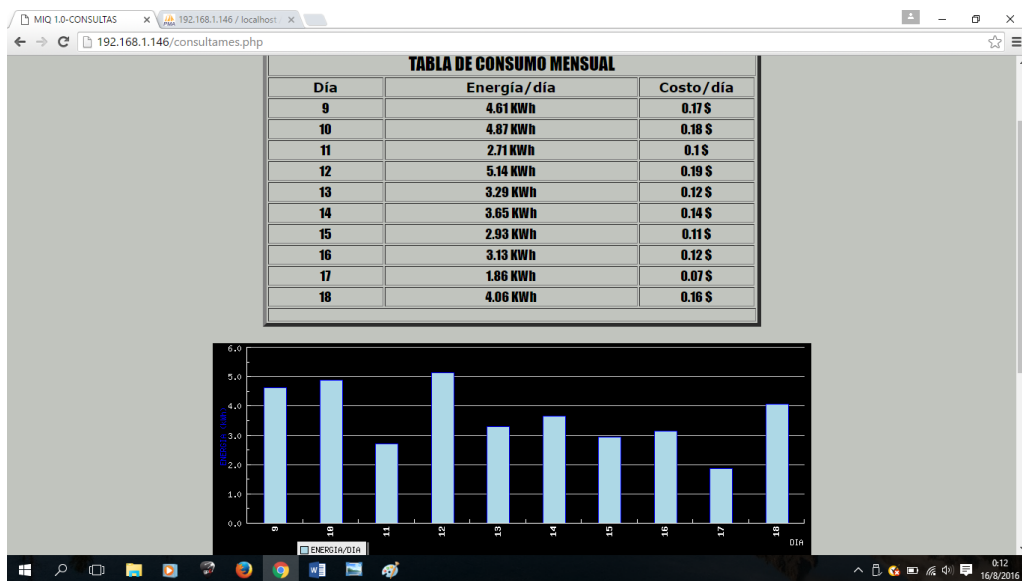
*Figura 4.19. Página detallando una consulta semanal.*



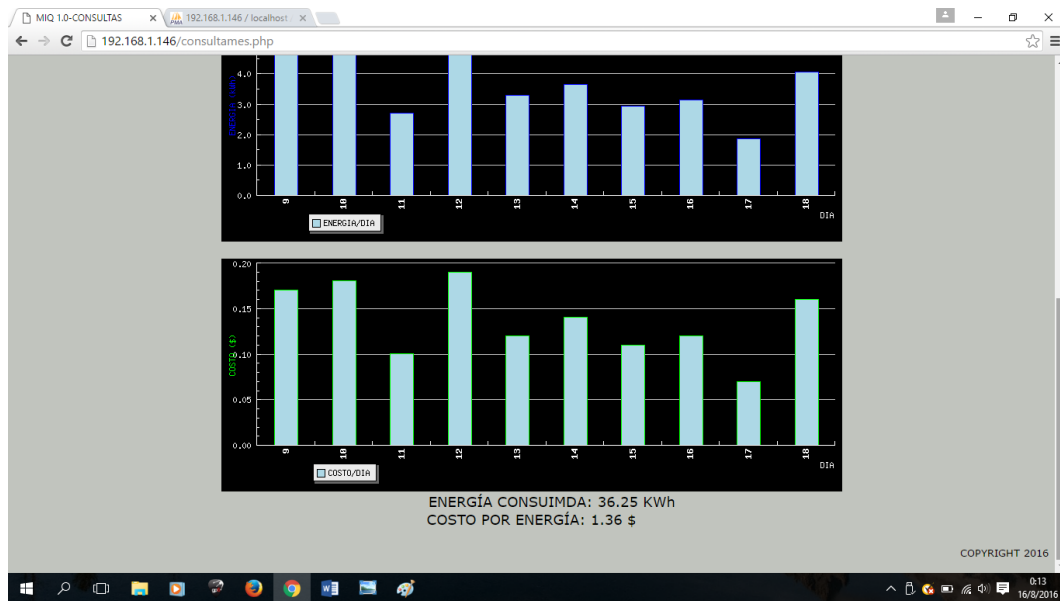
*Figura 4.20. Página detallando una consulta semanal.*

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 y costo. En las figuras 4.21 y 4.22 se puede observar la tabla y sus graficas estadísticas correspondientes a una consulta mensual.

La consulta mensual realizada no contiene los datos de todos los 31 días del mes de agosto elegido para demostración, puesto que el sistema por diferentes motivos no se lo puedo mantener conectado todo el mes completo en la vivienda en la cual se realizaron las pruebas.



*Figura 4.21. Página detallando una consulta mensual.*



*Figura 4.22. Página detallando una consulta mensual.*

#### 4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA PLANTEADO

El presente análisis económico consiste en poder definir si el proyecto es rentable previo a su aplicación comercial, teniendo presente las características y especificaciones de los diferentes elementos a usarse en la elaboración del producto.

##### 4.4.1. FUENTE FINANCIERA

El proyecto va a estar financiado de manera externa ya que se pedirá un préstamo de \$40000,00 a la Cooperativa de Ahorro y Crédito JEP.

*Tabla 4.9. Capital inicial.*

CAPITAL INICIAL	
Fuente	Valor (\$)
Externa	40000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40000,00</b>

- **Interés del préstamo:** El préstamo va a ser solicitado a la Cooperativa de Ahorro y Crédito JEP para un plazo de 3 años y la cancelación del préstamo se lo realizará un pago anual, en la página Cooperativa de Ahorro y Crédito JEP

se puede simular el préstamo conociendo así el interés y las cuotas que se pagaran cada año. [34]

Inicio / Productos y Servicios / Créditos / Simulador de Crédito /

## Simulador de Créditos

MONTO A SOLICITAR *	40.000,00
FRECUENCIA DE PAGO *	ANUAL ▼
# CUOTAS *	3
LÍNEA DE CRÉDITO *	CrediJEP Consumo Prio ▼

**Figura 4.23.** Interés del préstamo [34].

El interés anual que corresponde a nuestro préstamo es de 15.9%. En la figura 4.24 se puede observar el interés que tendrá nuestro préstamo.

TASA DE INTERÉS		
Concepto	%	Explicación en Términos Utilizados
Tasa Nominal	15.9 %	<i>Es la Tasa de Interés Anual.</i>
Tasa Efectiva	15.9 %	<i>Es la Tasa de Interés de la operación según el número de periodos de pago al año..</i>
Del Costo de Financiamiento	16.58 %	<i>Tasa resultante de la suma de todos los costos y gastos directos e indirectos relacionados al crédito a recibir..</i>
Tasa máxima referencial del BCE	17.3 %	<i>Es la tasa máxima activa efectiva permitida por el Banco Central del Ecuador por cada segmento de crédito..</i>

**Figura 4.24.** Tasa de interés [34].

Las cuotas a cancelar anualmente se indican en la figura 4.25.

Cuota No.	Abono Capital	Interés	Seguro Desg..	Cuota	Saldo
1	11,421.13	6,360.00	272.68	18,053.81	40,000.00
2	13,237.09	4,544.04	194.82	17,975.95	28,578.87
3	15,341.78	2,439.34	104.58	17,885.70	15,341.78
TOTAL	40000.00	13343.38	572.08	53915.46	0.00

**Figura 4.25.** Cuotas a cancelar [34].

#### 4.4.2. ESTUDIO DE INSUMOS

Para poder tener un costo real del equipo se debe tener en cuenta el valor de la materia prima, herramientas, mano de obra que se necesita para construir e implementar el sistema.

- **Materia prima directa:** en la tabla 4.10 se da a conocer la materia prima a utilizar para la elaboración del dispositivo, el costo por unidad la cantidad a utilizar de cada uno de ellos y el total de los materiales.

*Tabla 4.10. Materia prima directa.*

Cantidad	Descripción	Precio / Unidad	Total
1	Raspberry Pi 2	\$ 65,00	\$ 65,00
1	Fuente para Raspberry	\$ 7,00	\$ 7,00
1	Fuente para placa	\$ 7,00	\$ 7,00
1	Micro SD	\$ 8,00	\$ 8,00
1	Adaptador USB (WIFI)	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Arduino Mega	\$ 40,00	\$ 40,00
1	Sensor de corriente SCT013 (60A)	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Cable USB tipo B	\$ 5,00	\$ 5,00
20	Resistencias	\$ 0,05	\$ 1,00
10	Condensadores	\$ 0,25	\$ 2,50
1	PBC	\$ 40,00	\$ 40,00
1	LCD 20X4	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Carcasa	\$ 35,00	\$ 35,00
1	Otros	\$ 100,00	\$ 100,00
<b>SUBTOTAL</b>			\$ 377,50
<b>IVA (14%)</b>			\$ 52,85
<b>TOTAL</b>			\$ 430,35

- **Materia prima indirecta:** Aquí se encuentra los elementos que se utilizan para realizar la construcción del dispositivo, estos no representan un gran costo en su elaboración. En la tabla 4.11 se detalla el costo por unidad la cantidad a utilizar de cada uno de ellos y el total de los materiales.

*Tabla 4.11. Materia prima indirecta.*

Cantidad	Descripción	Precio / Unidad	Total
1	Estaño	\$ 1,00	\$ 1,00
1	Pasta	\$ 1,50	\$ 1,50
20	Tornillo	\$ 0,03	\$ 0,60
<b>SUBTOTAL</b>			\$ 3,10
<b>IVA (14%)</b>			\$ 0,43
<b>TOTAL</b>			\$ 3,53

- **Herramientas y equipos:** Las herramientas son elementos que se utilizan para la construcción del producto. En la tabla 4.12 se detalla el costo por unidad la cantidad a utilizar de cada uno de ellos y el total de los materiales.

*Tabla 4.12. Herramientas y equipos.*

Cantidad	Equipo	Costo C/U	Costo Total	Vida Útil	% Depreciación Anual	Depreciación Anual	Depreciación Mensual
2	Multímetro	\$ 150,00	\$ 300,00	5 años	20%	\$ 30,00	\$ 2,50
3	Cautín	\$ 35,00	\$ 105,00	5 años	20%	\$ 7,00	\$ 0,58
2	Kit de herramientas	\$ 60,00	\$ 120,00	10 años	10%	\$ 4,00	\$ 0,33
1	Taladro	\$ 100,00	\$ 100,00	5 años	20%	\$ 20,00	\$ 1,67
2	Computadora	\$ 600,00	\$ 1.200,00	3 años	33,33%	\$ 400,00	\$ 33,33
1	Impresora	\$ 180,00	\$ 180,00	3 años	33,33%	\$ 59,99	\$ 5,00
<b>TOTAL</b>			\$ 2.005,00			\$ 529,99	\$ 43,41

- **Mano de obra:** En la mano de obra se considera el sueldo de los ingenieros electrónicos que será de \$1000 para cada uno, el sueldo de un técnico que ganara \$400 siendo este el encargado de armar las tarjetas, realizar las instalaciones y colocaciones de los equipos en los lugares respectivos. A su vez se contará con un encargado de ventas con un salario de \$370. En la tabla 4.13 se detalla los rubros de mano de obra.

*Tabla 4.13. Mano de obra necesaria.*

Ocupación	Cantidad	precio/ unitario	Total
Ingeniero electrónico	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
Agente vendedor	1	\$ 370,00	\$ 370,00
Técnico de instalación	1	\$ 400,00	\$ 400,00
<b>Total</b>			\$ 1.770,00

- **Servicios básicos:** Se encuentra los valores que se cancelan mensual de la energía eléctrica, teléfono, internet y el agua potable. En la tabla 4.14 se detalla los servicios básicos que se utilizaran.

*Tabla 4.14. Servicios básicos necesarios.*

Descripción	Valor Total mensual
Energía eléctrica	\$ 30,00
Agua Potable	\$ 15,00
Internet	\$ 30,00
Teléfono	\$ 15,00
<b>Total</b>	<b>\$ 90,00</b>

- **Implementación por unidad:** Para obtener los gastos de fabricación, se realiza una proyección mensual de costos en el cual consta de los servicios básicos que se van utilizar durante la construcción del proyecto, una vez que se ha terminado el prototipo se considera que se puede construir once dispositivos mensuales, por lo que los activos fijos se tendrán que dividir para la cantidad de equipos que se produzcan. Para establecer el costo por unidad se toman los datos de las tablas anteriores, En la tabla 4.15 se muestra los valores de la implementación por unidad.

*Tabla 4.15. Implementación del medidor electrónico por unidad*

Descripción	Valor Total mensual	Valor Total por Unidad
Materia Prima Directa	\$ 430,35	\$ 430,35
Materia Prima Indirecta	\$ 3,53	\$ 3,53
Mano de Obra	\$ 1.770,00	\$ 14,63
Arriendo	\$ 300,00	\$ 27,27
Depreciación	\$ 43,42	\$ 3,95
Servicios Básicos	\$ 90,00	\$ 8,18
<b>Total</b>	<b>\$ 2.637,30</b>	<b>\$ 487,91</b>

Al costo por unidad le sumamos la utilidad que deseamos obtener por cada producto y a su vez se le suma el impuesto que se cobra en el país, la utilidad se desea obtener es un 20% y el valor del IVA del país es de 14% con estos valores obtenemos el costo final.



$$\text{Valor de venta por producto} = \text{Valor por cada producto} + \text{Utilidad por producto} + \text{IVA} \quad \text{Ecu. 14}$$

$$\text{Valor de venta por producto} =$$

$$\$487,91 + \$97,58 + \$68,31 = \$653,80$$

La ganancia de cada producto se establece mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Utilidad Bruta} = \text{Precio de venta} - \text{Costo del producto} \quad \text{Ecu. 15}$$

$$UB = \$653,80 - \$487,91 = \$165,89$$

Al concluir el análisis económico se puede observar que el precio de venta por unidad es de \$653,80 y obteniendo una utilidad bruta de \$165,89.

#### 4.4.3. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

VAN (valor actual neto) es un método financiero que toma en cuenta los flujos de efectivo en función del tiempo, en otras palabras el VAN de un proyecto se define como el valor obtenido actualizado separadamente para cada año, y el TIR (tasa interna de rendimiento) de un proyecto de inversión es la tasa de descuento que hace el valor actual de flujos de beneficios sea igual al valor actual a los flujos de inversión [35], [36], [37], [38].

Para conocer la rentabilidad que tendrá el proyecto se realizó una proyección a 3 años y se calculó el TIR y el VAN. Para calcular estos valores es necesario conocer los ingresos y egreso que se tendrá en 3 años.

- **Egresos del primer año:** Se consideran los egresos y los impuestos que se pagaran por los dispositivos realizados en un año, ya que se fabricarán 11 dispositivos mensuales durante 11 meses el mes restante no se trabajara ya que existen días festivos durante el lapso del año teniendo así una producción anual de 121 dispositivos que se incluirá la tasa de inflación anual correspondiente al mes de Julio del 2016 que es de 1.58%.

*Tabla 4.16. Egresos del primer año.*

Descripción	Valor Unitario	Valor Total
Materia Prima Directa	\$ 430,35	\$ 47,338,50
Materia Prima Indirecta	\$ 3,53	\$ 388,30
Mano de Obra	\$ 1.770,00	\$ 19.470,00
Arriendo	\$ 300,00	\$ 3.300,00
Depreciación	\$ 43,42	\$ 477,57
Pago de préstamo	\$ 18.053,81	\$ 18.053,81
Publicidad	\$ 100,00	\$ 1.100,00
Servicios Básicos	\$ 90,00	\$ 990,00
	<b>Total</b>	\$ 91.118,18

- **Egresos del segundo año:** Se consideran los egresos y los impuestos que se pagaran por los dispositivos realizados en un año, ya que se fabricarán 11 dispositivos mensuales durante 11 meses el mes restante no se trabajara ya que existen días festivos durante el lapso del año teniendo así una producción anual de 121 dispositivos que se incluirá la tasa de inflación anual correspondiente al mes de Julio del 2016 que es de 1.58%.

*Tabla 4.17. Egresos del segundo año.*

Descripción	Valor Total mensual	Valor Total por Unidad
Materia Prima Directa	\$ 430,35	\$ 47.338,50
Materia Prima Indirecta	\$ 3,53	\$ 388,30
Mano de Obra	\$ 1.770,00	\$ 19.470,00
Arriendo	\$ 300,00	\$ 3.300,00
Depreciación	\$ 43,42	\$ 477,00
Servicios Básicos	\$ 90,00	\$ 990,00
Cuota 2 préstamo	\$ 17.975,95	\$ 17.975,95
Publicidad	\$ 100,00	\$ 100,00
	<b>SUBTOTAL</b>	\$ 90.040,95
	<b>Tasa de inflación</b>	\$ 1.422,64
	<b>Total</b>	\$ 91.462,96

- **Egresos del tercer año:** Se consideran los egresos y los impuestos que se pagaran por los dispositivos realizados en un año, ya que se fabricarán 11 dispositivos mensuales durante 11 meses el mes restante no se trabajara ya que existen días festivos durante el lapso del año teniendo así una producción anual de 121 dispositivos que se incluirá la tasa de inflación anual correspondiente al mes de Julio del 2016 que es de 1.58%.

*Tabla 4.18. Egresos del tercer año.*

Descripción	Valor Total mensual	Valor Total por Unidad
Materia Prima Directa	\$ 430,35	\$ 47.338,50
Materia Prima Indirecta	\$ 3,53	\$ 388,30
Mano de Obra	\$ 1.770,00	\$ 19.470,00
Arriendo	\$ 300,00	\$ 3.300,00
Depreciación	\$ 43,42	\$ 447,57
Servicios Básicos	\$ 90,00	\$ 990,00
Cuota 3 préstamo	\$ 17.885,70	\$ 17.885,70
Publicidad	\$ 100,00	\$ 100,00
	<b>SUBTOTAL</b>	\$ 89.950,07
	<b>Tasa de inflación</b>	\$ 1.421,21
	<b>Total</b>	\$ 91.371,29

- **Ingresos del primer año:** Estos ingresos estarán constituidos por los 121 dispositivos vendidos anualmente y por la instalación que se realiza de cada dispositivo.

*Tabla 4.19. Ingresos del primer año.*

Número	Descripción	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
121	Dispositivos	\$ 653,80	\$ 79.109,65
121	Costo por instalación	\$ 70,00	\$ 8.470,00
	<b>Total</b>		\$ 87.579,65

- **Ingresos segundo año:** Estos ingresos estarán constituidos por los 121 dispositivos vendidos, por la instalación que se realiza de cada dispositivo y el mantenimiento que se realiza a los dispositivos instalados en el año anterior además se le sumara la tasa de inflación correspondiente a Julio del 2016 que es de 1.58%.

*Tabla 4.20. Ingresos del segundo año.*

Número	Descripción	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
121	Dispositivos Vendidos	\$ 653,80	\$ 79.109,65
121	Costo por instalación	\$ 70,00	\$ 8.470,00
121	Costo por mantenimiento	\$ 55,00	\$ 6.650,00
	<b>SUBTOTAL</b>		\$ 94.655,00
	<b>Tasa de inflación</b>		\$ 1.488,91
	<b>Total</b>		\$ 95.723,56

- **Ingresos del tercer año:** Estos ingresos estarán constituidos por los 121 dispositivos vendidos, por la instalación que se realiza de cada dispositivo y el mantenimiento que se realiza a los dispositivos instalados en el año anterior además se le sumara la tasa de inflación correspondiente a Julio del 2016 que es de 1.58%.

*Tabla 4.21 Ingresos del tercer año.*

Número	Descripción	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
55	Dispositivos Vendidos	\$ 651,08	\$ 79.109,65
55	Costo por instalación	\$ 70,00	\$ 8.470,00
110	Costo por mantenimiento	\$ 55,00	\$ 6.650,00
<b>SUBTOTAL</b>			\$ 94.655,00
<b>Tasa de inflación</b>			\$ 1.488,91
<b>Total</b>			\$ 95.723,56

Al calcular los valores de ingresos y de egresos al momento de realizar la construcción y venta del producto se procede a calcular el flujo de caja en la tabla 4.22 se observa el flujo de caja.

*Tabla 4.22. Flujo de caja.*

	Primer año	Segundo año	Tercer año
Ingresos	\$ 87.579,65	\$ 95.723,56	\$ 95.723,56
Egresos	\$ 91.118,18	\$ 91.426,96	\$ 91.371,29
Total Efectivo Neto	\$ -3.538,53	\$ 4.260,60	\$ 4.352,27

- **Calculo del TIR y el VAN:** Se realiza el cálculo del TIR y el VAN para determinar si este proyecto es rentable. El VAN nos permite establecer los ingresos futuros que tendrá la empresa mientras el TIR logra que el VAN sea igual a 0 es decir hace que el monto de inversión inicial sea igual al monto del valor actual. Los cálculos del VAN, el TIR fueron realizados en Excel y se indican en la tabla 4.23 en donde se puede observar que en el primer año todavía no se ha recuperado la inversión, y que poco a poco aumenta hasta el tercer año aumenta percibiéndose ganancia de \$ 4.352,27.

*Tabla 4.23. Cálculos VAN y TIR*

	<b>Primer año</b>	<b>Segundo año</b>	<b>Tercer año</b>
<b>Ingresos</b>	\$ 87.579,65	\$ 95.723,56	\$ 95.723,56
<b>Egresos</b>	\$ 91.118,18	\$ 91.426,96	\$ 91.371,29
<b>Total Efectivo Neto</b>	\$ -3.538,53	\$ 4.260,60	\$ 4.352,27
<b>Tasa de Interés</b>	15,9		
<b>Número de Años</b>	3		
<b>Tasa de inflación</b>	1,58		
<b>Inversión Inicial</b>	\$ 40.000,00		
<b>VAN</b>	\$ 2.914,24		
<b>TIR</b>	86%		

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluido el diseño y la implementación del proyecto de graduación, en base a las experiencias obtenidas, información expuesta, pruebas realizadas y a los análisis de resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto se ha llegado a las siguientes conclusiones.

Mediante las pruebas y los análisis de los valores de voltaje medidos por el sistema desarrollado podemos ver que los errores (se utilizó dos instrumentos patrones) son de  $\pm 1.17\%$  y  $\pm 1.48\%$  en un rango de 100 a 130V con respecto a los instrumentos patrones FLUKE 189 y el PROVA WM-02 respectivamente.

Para los valores de corriente calculamos errores del  $\pm 4.05\%$  y  $\pm 4.36\%$  con respecto al FLUKE 189 y el PROVA WM-02. Esto para pruebas realizadas con diferentes cargas en un rango de 0 a 32 A. El sistema de medición de corriente tiene un mayor error que el de voltaje, esto se lo atribuye a que el sensor de corriente utilizado tiene un rango de 0 a 60 A y es menos preciso al medir corrientes relativamente bajas (menores a 5A).

La potencia instantánea el sistema la calcula mediante los valores de corriente y voltaje medidos. Para realizar pruebas se tomó como único instrumento patrón al el PROVA WM-02 ya que el mismo nos entrega valores de potencia instantánea, el error calculado en base a las pruebas realizadas es de  $\pm 3.56\%$ , este error es para un rango de medición comprendido entre 0 y 1500 W.

El cálculo del consumo energético en el sistema tiene un error de +2.5 kWh mensuales con respecto al medidor de la EERCS (instrumento patrón) instalado en la vivienda en la cual se realizaron las pruebas del sistema. En la facturación mensual este error representaría un cargo de 0.22 USD en peor de los casos puesto que existen tres tarifas (USD/kWh) en el medidor implementado.

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 el sistema envía mensajes de texto el momento que el usuario ha sobrepasado el valor de 90 kWh en su consumo mensual, indicando que el costo por kWh consumido se incrementó de 0.04 a 0.07 o 0.09 USD. Si el usuario no sobrepasara el límite de los 90 kWh además de

ahorrar energía eléctrica que sería de gran ayuda al medio ambiente podría ahorrar hasta un 55.56% en el costo por kWh del costo por servicio eléctrico.

Los datos del sistema de medición se guardan cada segundo en la base de datos del servidor web, tomando en cuenta que la memoria del servidor (Raspberry Pi) es limitada el servidor web está programado de tal manera que cuando se termine cada mes sean borrados la mayoría de los datos y solo se conservarán datos necesarios (consumo y costo de cada hora, día, semana y mes) que serán utilizados para que el usuario pueda realizar consultas ya sean diarias, semanales o mensuales.

El dispositivo desarrollado tiene un consumo promedio de 55 mA lo que nos da una potencia promedio de 6.5 W lo que significaría un consumo del sistema de 2.52 kWh por cada mes. Para consumos mensuales menores a 90 kWh (0.04 USD/kWh) esto añadiría 0.10 USD al costo por servicio eléctrico. Si el consumo de energía mensual supera los 90 kWh el consumo del sistema de medición y monitoreo añadiría el valor de 0.21 USD mensuales al costo por servicio.

Mediante el análisis económico realizado, los indicadores de rentabilidad TIR, VAN y TMAR nos indican que el presente proyecto es rentable, el análisis fue realizado suponiendo que todo el hardware y software necesario para implementar el medidor electrónico están cien por ciento terminados y funcionales.

Con la implementación del medidor electrónico en las viviendas se puede dar una solución efectiva a los problemas de lecturas mal tomadas o no tomadas, las cuales se pueden dar por el tiempo y/o el difícil acceso que existen principalmente en zonas rurales.

Con el sistema de monitoreo de consumo energético se optimiza el proceso de la lectura periódica de los medidores. Lo cual repercute directamente con la facturación mensual por servicio eléctrico puesto que se esto conllevaría a una recaudación más eficiente, reducción y/o eliminación de reclamos por errores en facturas y mayor satisfacción al cliente.

Se recomienda que para realizar peticiones al servidor web ya sea de mediciones instantáneas, gráficas o consultas de consumo se utilice un navegador web de una computadora ya que el diseño de las páginas se las realizó para navegadores web de PC. Mediante una tablet o un smartphone se pueden realizar consultas al servidor web

pero el inconveniente es que las páginas no son cien por ciento autoajustables a los diferentes tamaños de las pantallas de los aparatos electrónicos mencionados.

Durante el desarrollo del sistema se presentó el inconveniente de que al momento de unir los puntos de referencia (neutro) del voltaje de alimentación de la vivienda (120Vac) con el punto de referencia (0V o GND) del sistema de medición, este entregaba datos de lecturas de voltaje erróneos. Por esta razón se recomienda que se tengan identificados correctamente la fase (F o L) y el neutro (N) de la red de alimentación con el fin de que se conecte correctamente el sistema de medición y con esto poder garantizar que los valores de voltaje entregados por el sistema son correctos.



## **TRABAJOS FUTUROS**

Para trabajos futuros el presente proyecto desarrollado se podría incorporar con la domótica ya que a lo largo del tiempo ha ganado terreno, ya que adicional al sistema de medición y monitorización se podría tener 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 EERCS, 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.

Otra consideración a tomar en cuenta para trabajos futuros sería el desarrollo de una aplicación para poder realizar el monitoreo de la energía eléctrica, ya que la gran mayoría de personas cuentan con un Smartphone. Así mismo realizar un sistema de mayor seguridad para la página web y la base de datos.

La incorporación de una pantalla táctil o (touch screen) de un display TFT para 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.

---

# ANEXOS

---

## ANEXO 1

### Código de programación del Arduino

```
/*
 * LCD RS pin to digital pin 3
 * LCD Enable pin to digital pin 2
 * LCD D4 pin to digital pin 4
 * LCD D5 pin to digital pin 5
 * LCD D6 pin to digital pin 6
 * LCD D7 pin to digital pin 7
 * LCD R/W pin to ground
 * 10K resistor:
 * ends to +5V and ground
 * wiper to LCD VO pin (pin 3)
 Pines de Conexión RTC reloj
 SCL pin A05 o SCL (pin21)
 SDA pin A04 o SDA (pin20)
 */
#include <Wire.h>
#include <TimerOne.h>
#include <TimerThree.h>
#include "RTCLib.h"
#include "EmonLib.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#include <EEPROM.h>
#include <GSM_SIM9001.h>
EnergyMonitor Medicion1;
RTC_DS1307 Reloj;
LiquidCrystal lcd(2, 3, 4, 5, 6, 7);

char telefono[] = "+593983853525\>";

int Multiplicador, Multiplicador1,
Multiplicador2, Multiplicador3,
Multiplicador4, Multiplicador5,
Multiplicador6;
float VoltajeRMS, CorrienteRMS,
Corriente, PotenciaA, EnergiaActualWH,
EnergiaAnteriorWH, EnergiaActualKWH,
EnergiaAnteriorKWH, Energia;
boolean a=0, b, b1, b2, b3, b4, b5, b6;
byte EnteroE, EnteroE1, EnteroE2, EnteroE3,
EnteroE4, EnteroE5, EnteroE6;
word DecimalE, DecimalE1, DecimalE2,
DecimalE3, DecimalE4, DecimalE5,
DecimalE6;
double ValorE, DatoGuardado, ValorE1,
DatoGuardado1, ValorE2, DatoGuardado2,
ValorE3, DatoGuardado3, ValorE4,
DatoGuardado4, ValorE5, DatoGuardado5,
ValorE6, DatoGuardado6;
int mVperAmp = 165; // use 100 for 20A
Module and 66 for 30A Module

int RawValue= 0;
int ACSoffset = 2500;
double Voltage = 0;
double Amps = 0;
double
Consumo2=0, Consumo1=0, ConsumoT=0,
Consumo3=0, Consumo4=0, ConsumoTHora
=0, Consumo5=0, Consumo6=0,
ConsumoTDia =0;
double Energia1, Energia2,
EnergiaActualWH1, EnergiaActualWH2,
EnergiaAnteriorWH1, EnergiaAnteriorWH2,
EnergiaAnteriorKWH1,
EnergiaAnteriorKWH2,
EnergiaActualKWH1, EnergiaActualKWH2;
double Energia3, EnergiaActualWH3,
EnergiaAnteriorWH3, EnergiaActualKWH3,
EnergiaAnteriorKWH3, Energia4,
EnergiaActualWH4, EnergiaAnteriorWH4,
EnergiaActualKWH4,
EnergiaAnteriorKWH4;
double Energia5, EnergiaActualWH5,
EnergiaAnteriorWH5, EnergiaActualKWH5,
EnergiaAnteriorKWH5, Energia6,
EnergiaActualWH6, EnergiaAnteriorWH6,
EnergiaActualKWH6,
EnergiaAnteriorKWH6;
int Ano, Mes, Dia, Hora, Min, Seg, Semana;
String S;
float ener=0;
double Precio1 = 0.09;
double Precio2 = 0.072;
double EnergiaMes, EnergiaHora,
EnergiaDia;
double bomberos = 1.83;
double costcomer =1.414;
double alumbrado=0;
double basura=0;
double subsidio=0;
double ConsumoT1=0;

void setup()
{
  lcd.begin(20,4);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("INICIANDO...");
  Serial.begin(9600);
  Medicion1.voltage(A0, 143/sqrt(2), 1.7); //
Voltage: input pin, calibration, phase_shift
  Medicion1.current(A1, 58); // Current:
input pin, calibration.
```

```

Wire.begin(); // Inicia el puerto I2C
Reloj.begin(); // Inicia la comunicación con
el RTC
// Reloj.adjust(DateTime(__DATE__,
__TIME__)); // Establece la fecha y hora
(Coment

```

```

ini_SIM9001();
b=EEPROM.read(0);
Multiplicador=EEPROM.read(1);
EnteroE=EEPROM.read(2);
DecimalE=EEPROM.read(3);

b1=EEPROM.read(4);
Multiplicador1=EEPROM.read(5);
EnteroE1=EEPROM.read(6);
DecimalE1=EEPROM.read(7);

b2=EEPROM.read(8);
Multiplicador2=EEPROM.read(9);
EnteroE2=EEPROM.read(10);
DecimalE2=EEPROM.read(11);

b3=EEPROM.read(12);
Multiplicador3=EEPROM.read(13);
EnteroE3=EEPROM.read(14);
DecimalE3=EEPROM.read(15);

b4=EEPROM.read(16);
Multiplicador4=EEPROM.read(17);
EnteroE4=EEPROM.read(18);
DecimalE4=EEPROM.read(19);

b5=EEPROM.read(20);
Multiplicador5=EEPROM.read(21);
EnteroE5=EEPROM.read(22);
DecimalE5=EEPROM.read(23);

b6=EEPROM.read(24);
Multiplicador6=EEPROM.read(25);
EnteroE6=EEPROM.read(26);
DecimalE6=EEPROM.read(27);

ValorE=((EnteroE*100)+DecimalE);
Energia=(ValorE/100)*Multiplicador;

ValorE1=((EnteroE1*100)+DecimalE1);
Energia1=(ValorE1/100)*Multiplicador1;
ValorE2=((EnteroE2*100)+DecimalE2);
Energia2=(ValorE2/100)*Multiplicador2;
ValorE3=((EnteroE3*100)+DecimalE3);
Energia3=(ValorE3/100)*Multiplicador3;
ValorE4=((EnteroE4*100)+DecimalE4);
Energia4=(ValorE4/100)*Multiplicador4;
ValorE5=((EnteroE5*100)+DecimalE5);
Energia5=(ValorE5/100)*Multiplicador5;
ValorE6=((EnteroE6*100)+DecimalE6);
Energia6=(ValorE6/100)*Multiplicador6;
if(b==0)

```

```

{
EnergiaAnteriorWH=Energia;
EnergiaAnteriorKWH=Energia/1000;
}
if(b==1)
{
EnergiaAnteriorKWH=Energia;
EnergiaAnteriorWH=Energia*1000;
}
if(b1==0)
{
EnergiaAnteriorWH1=Energia1;
EnergiaAnteriorKWH1=Energia1/1000;
}
if(b1==1)
{
EnergiaAnteriorKWH1=Energia1;
EnergiaAnteriorWH1=Energia1*1000;
}
if(b2==0)
{
EnergiaAnteriorWH2=Energia2;
EnergiaAnteriorKWH2=Energia2/1000;
}
if(b2==1)
{
EnergiaAnteriorKWH2=Energia2;
EnergiaAnteriorWH2=Energia2*1000;
}
if(b3==0)
{
EnergiaAnteriorWH3=Energia3;
EnergiaAnteriorKWH3=Energia3/1000;
}
if(b3==1)
{
EnergiaAnteriorKWH3=Energia3;
EnergiaAnteriorWH3=Energia3*1000;
}
if(b4==0)
{
EnergiaAnteriorWH4=Energia4;
EnergiaAnteriorKWH4=Energia4/1000;
}
if(b4==1)
{
EnergiaAnteriorKWH4=Energia4;
EnergiaAnteriorWH4=Energia4*1000;
}
if(b5==0)
{
EnergiaAnteriorWH5=Energia5;
EnergiaAnteriorKWH5=Energia5/1000;
}
if(b5==1)
{
EnergiaAnteriorKWH5=Energia5;
EnergiaAnteriorWH5=Energia5*1000;
}

```

```

    }
    if(b6==0)
    {
        EnergiaAnteriorWH6=Energia6;
        EnergiaAnteriorKWH6=Energia6/1000;
    }
    if(b6==1)
    {
        EnergiaAnteriorKWH6=Energia6;
        EnergiaAnteriorWH6=Energia6*1000;
    }
    Timer1.initialize(1000000);
    Timer1.attachInterrupt(InterruptcionTMR1);
    Timer3.initialize(1800000000);
    Timer3.attachInterrupt(InterruptcionTMR3);
    // blinkLED to run every 0.15 seconds
    delay(1000);
}
void loop()
{
    Medicion1.calcVI(20,500); // Calculate
    all. No.of half wavelengths (crossings), time-
    out
    VoltajeRMS = Medicion1.Vrms;
    Corriente = Medicion1.calcIrms(1840);
    CorrienteRMS=Corriente-0.1;
    if(CorrienteRMS <= 0)
    {
        CorrienteRMS = 0;
    }
    if(VoltajeRMS <= 10)
    {
        VoltajeRMS = 0;
    }
    PotenciaA = VoltajeRMS*CorrienteRMS;
    ener =(PotenciaA/3600)/1000;

    if((EnergiaActualKWH>=1)&&(EnergiaActu
    alKWH<1020))
    {
        b=1;
    }
    if((EnergiaActualKWH>=1)&&(EnergiaActu
    alKWH<=255))
    {
        Multiplicador=1;
    }
    if((EnergiaActualKWH>255)&&(EnergiaActu
    alKWH<=510))
    {
        Multiplicador=2;
    }
    if((EnergiaActualKWH>510)&&(EnergiaActu
    alKWH<=765))
    {
        Multiplicador=3;
    }
    if((EnergiaActualKWH>765)&&(EnergiaActu
    alKWH<=255))
    {
        Multiplicador=4;
    }
}
}
}
if((EnergiaActualWH>0)&&(EnergiaActualW
H<1000))
{
    b=0;

    if((EnergiaActualWH>=1)&&(EnergiaActual
    KWH<=255))
    {
        Multiplicador=1;
    }
    if((EnergiaActualWH>255)&&(EnergiaActual
    WH<=510))
    {
        Multiplicador=2;
    }
    if((EnergiaActualWH>510)&&(EnergiaActual
    WH<=765))
    {
        Multiplicador=3;
    }
    if((EnergiaActualWH>765)&&(EnergiaActual
    WH<=1020))
    {
        Multiplicador=4;
    }
}
switch (b)
{
    case 0:
        EnteroE=(EnergiaActualWH/Multiplicador);
        ValorE=EnergiaActualWH*100;
        DecimalE=EnteroE*100;
        DecimalE=ValorE-DecimalE;
        break;
    case 1:
        EnteroE=(EnergiaActualKWH/Multiplicador);
        ValorE=EnergiaActualKWH*100;
        DecimalE=EnteroE*100;
        DecimalE=ValorE-DecimalE;
        break;
}
EEPROM.write(0,b); //0=Wh ; 1=KWh
EEPROM.write(1,Multiplicador);
//Multiplicando
EEPROM.write(2,EnteroE);
EEPROM.write(3,DecimalE);
if(Hora >=7 && Hora <22)
{
    if((EnergiaActualKWH3>=1)&&(EnergiaActu
    alKWH3<1020))
    {
        b3=1;

        if((EnergiaActualKWH3>=1)&&(EnergiaActu
    alKWH3<=255))

```

```

    {
        Multiplicador3=1;
    }

if((EnergiaActualKWH3>255)&&(EnergiaActualKWH3<=510))
    {
        Multiplicador3=2;
    }

if((EnergiaActualKWH3>510)&&(EnergiaActualKWH3<=765))
    {
        Multiplicador3=3;
    }

if((EnergiaActualKWH3>765)&&(EnergiaActualKWH3<=255))
    {
        Multiplicador3=4;
    }
}

if((EnergiaActualWH3>0)&&(EnergiaActualWH3<1000))
    {
        b3=0;
if((EnergiaActualWH3>=1)&&(EnergiaActualKWH3<=255))
    {
        Multiplicador3=1;
    }

if((EnergiaActualWH3>255)&&(EnergiaActualWH3<=510))
    {
        Multiplicador3=2;
    }

if((EnergiaActualWH3>510)&&(EnergiaActualWH3<=765))
    {
        Multiplicador3=3;
    }
}

if((EnergiaActualWH3>765)&&(EnergiaActualWH3<=1020))
    {
        Multiplicador3=4;
    }
}

switch (b3)
{
    case 0:
EnteroE3=(EnergiaActualWH3/Multiplicador3);
    ValorE3=EnergiaActualWH3*100;
    DecimalE3=EnteroE3*100;
    DecimalE3=ValorE3-DecimalE3;
    break;
    case 1:
EnteroE3=(EnergiaActualKWH3/Multiplicador3);
    ValorE3=EnergiaActualKWH3*100;
    DecimalE3=EnteroE3*100;
    DecimalE3=ValorE3-DecimalE3;
    break;
}

EEPROM.write(12,b3); //0=Wh ; 1=KWh
EEPROM.write(13,Multiplicador3);
//Multiplicando
EEPROM.write(14,EnteroE3);
EEPROM.write(15,DecimalE3);
}
if (Hora <7 || Hora >21)
{

if((EnergiaActualKWH4>=1)&&(EnergiaActualKWH4<1020))
    {
        b4=1;
if((EnergiaActualKWH4>=1)&&(EnergiaActualKWH4<=255))
    {
        Multiplicador4=1;
    }

if((EnergiaActualKWH4>255)&&(EnergiaActualKWH4<=510))
    {
        Multiplicador4=2;
    }
}

if((EnergiaActualKWH4>510)&&(EnergiaActualKWH4<=765))
    {
        Multiplicador4=3;
    }
}

if((EnergiaActualKWH4>765)&&(EnergiaActualKWH4<=255))
    {
        Multiplicador4=4;
    }
}

if((EnergiaActualWH4>0)&&(EnergiaActualWH4<1000))
    {
        b4=0;
if((EnergiaActualWH4>=1)&&(EnergiaActualKWH4<=255))
    {
        Multiplicador4=1;
    }
}

if((EnergiaActualWH4>255)&&(EnergiaActualWH4<=510))
    {
        Multiplicador4=2;
    }
}

```

```

if((EnergiaActualWH4>510)&&(EnergiaActualWH4<=765))
{
    Multiplicador4=3;
}

if((EnergiaActualWH4>765)&&(EnergiaActualWH4<=1020))
{
    Multiplicador4=4;
}
switch (b4)
{
    case 0:
EnteroE4=(EnergiaActualWH4/Multiplicador4);
    ValorE4=EnergiaActualWH4*100;
    DecimalE4=EnteroE4*100;
    DecimalE4=ValorE4-DecimalE4;
    break;
    case 1:

EnteroE4=(EnergiaActualKWH4/Multiplicador4);
    ValorE4=EnergiaActualKWH4*100;
    DecimalE4=EnteroE4*100;
    DecimalE4=ValorE4-DecimalE4;
    break;
}
EEPROM.write(16,b4); //0=Wh ; 1=KWh
EEPROM.write(17,Multiplicador4);
//Multiplicando
EEPROM.write(18,EnteroE4);
EEPROM.write(19,DecimalE4);
}
if(Hora >=7 && Hora <22)
{
if((EnergiaActualKWH5>=1)&&(EnergiaActualKWH5<1020))
{
    b5=1;
if((EnergiaActualKWH5>=1)&&(EnergiaActualKWH5<=255))
{
    Multiplicador5=1;
}
if((EnergiaActualKWH5>255)&&(EnergiaActualKWH5<=510))
{
    Multiplicador5=2;
}
if((EnergiaActualKWH5>510)&&(EnergiaActualKWH5<=765))
{
    Multiplicador5=3;
}
if((EnergiaActualKWH5>765)&&(EnergiaActualKWH5<=255))
{
    Multiplicador5=4;
}
}
if((EnergiaActualWH5>0)&&(EnergiaActualWH5<1000))
{
    b5=0;
if((EnergiaActualWH5>=1)&&(EnergiaActualKWH5<=255))
{
    Multiplicador5=1;
}

if((EnergiaActualWH3>255)&&(EnergiaActualWH3<=510))
{
    Multiplicador5=2;
}

if((EnergiaActualWH5>510)&&(EnergiaActualWH5<=765))
{
    Multiplicador5=3;
}

if((EnergiaActualWH5>765)&&(EnergiaActualWH5<=1020))
{
    Multiplicador5=4;
}
}
switch (b5)
{
    case 0:

EnteroE5=(EnergiaActualWH5/Multiplicador5);
    ValorE5=EnergiaActualWH5*100;
    DecimalE5=EnteroE5*100;
    DecimalE5=ValorE5-DecimalE5;
    break;
    case 1:

EnteroE5=(EnergiaActualKWH5/Multiplicador5);
    ValorE5=EnergiaActualKWH5*100;
    DecimalE5=EnteroE5*100;
    DecimalE5=ValorE5-DecimalE5;
    break;
}
EEPROM.write(20,b5); //0=Wh ; 1=KWh
EEPROM.write(21,Multiplicador5);
//Multiplicando
EEPROM.write(22,EnteroE5);
EEPROM.write(23,DecimalE5);
}
if (Hora <7 || Hora >21)
{
if((EnergiaActualKWH6>=1)&&(EnergiaActualKWH6<1020))
{

```

```

        b6=1;

if((EnergiaActualKWH6>=1)&&(EnergiaActualKWH6<=255))
{
    Multiplicador6=1;
}

if((EnergiaActualKWH6>255)&&(EnergiaActualKWH6<=510))
{
    Multiplicador6=2;
}

if((EnergiaActualKWH6>510)&&(EnergiaActualKWH6<=765))
{
    Multiplicador6=3;
}

if((EnergiaActualKWH6>765)&&(EnergiaActualKWH6<=255))
{
    Multiplicador6=4;
}
}

if((EnergiaActualWH6>0)&&(EnergiaActualWH6<1000))
{
    b6=0;
if((EnergiaActualWH6>=1)&&(EnergiaActualKWH6<=255))
{
    Multiplicador6=1;
}

if((EnergiaActualWH6>255)&&(EnergiaActualWH6<=510))
{
    Multiplicador6=2;
}

if((EnergiaActualWH6>510)&&(EnergiaActualWH6<=765))
{
    Multiplicador6=3;
}

if((EnergiaActualWH6>765)&&(EnergiaActualWH6<=1020))
{
    Multiplicador6=4;
}
}

switch (b6)
{
    case 0:

EnteroE6=(EnergiaActualWH6/Multiplicador6);
    ValorE6=EnergiaActualWH6*100;
    DecimalE6=EnteroE6*100;
    DecimalE6=ValorE6-DecimalE6;
    break;

        case 1:
EnteroE6=(EnergiaActualKWH6/Multiplicador6);
    ValorE6=EnergiaActualKWH6*100;
    DecimalE6=EnteroE6*100;
    DecimalE6=ValorE6-DecimalE6;
    break;
}

EEPROM.write(24,b6); //0=Wh ; 1=KWh
EEPROM.write(25,Multiplicador6);
//Multiplicando
EEPROM.write(26,EnteroE6);
EEPROM.write(27,DecimalE6);
}

DateTime now = Reloj.now(); // Obtiene la fecha y hora del RTC
Ano= (now.year());
Mes= (now.month());
Dia= (now.day());
Hora= (now.hour());
Min= (now.minute());
Seg= (now.second());
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("V:");
lcd.print(VoltajeRMS,1);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(11,0);
lcd.print("I:");
lcd.print(CorrienteRMS,2);
lcd.print("A");
lcd.setCursor(11,1);
lcd.print("P:");
lcd.print(PotenciaA);
lcd.print("W");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("E:");
lcd.print(EnergiaMes,1);
lcd.print("kWH");
lcd.setCursor(0,3);
printDigitsLCD(Hora);
lcd.print(":");
printDigitsLCD(Min);
lcd.setCursor(10,3);
printDigitsLCD(Dia);
lcd.print("");
printDigitsLCD(Mes);
lcd.print("");
lcd.print(Ano);
lcd.setCursor(0,2);
switch (b)
{
    case 0:
        lcd.print("ET:");
        lcd.print(EnergiaActualWH,2);
        lcd.print("WH");
        break;
    case 1:
        lcd.print("ET:");
        lcd.print(EnergiaActualKWH,2);

```

```

        lcd.print("kWh");
        break;
    }
    if(Hora >=7 && Hora <22)
    {
        if((EnergiaActualKWH1>=1)&&(EnergiaActualKWH1<1020))
        {
            b1=1;
            if((EnergiaActualKWH1>=1)&&(EnergiaActualKWH1<=255))
            {
                Multiplicador1=1;
            }
            if((EnergiaActualKWH1>255)&&(EnergiaActualKWH1<=510))
            {
                Multiplicador1=2;
            }
            if((EnergiaActualKWH1>510)&&(EnergiaActualKWH1<=765))
            {
                Multiplicador1=3;
            }
            if((EnergiaActualKWH1>765)&&(EnergiaActualKWH1<=255))
            {
                Multiplicador1=4;
            }
        }
        if((EnergiaActualWH1>0)&&(EnergiaActualWH1<1000))
        {
            b1=0;
            if((EnergiaActualWH1>=1)&&(EnergiaActualKWH1<=255))
            {
                Multiplicador1=1;
            }
            if((EnergiaActualWH1>255)&&(EnergiaActualWH1<=510))
            {
                Multiplicador1=2;
            }
            if((EnergiaActualWH1>510)&&(EnergiaActualWH1<=765))
            {
                Multiplicador1=3;
            }
            if((EnergiaActualWH1>765)&&(EnergiaActualWH1<=1020))
            {
                Multiplicador1=4;
            }
        }
        switch (b1)
        {
            case 0:
                EnteroE1=(EnergiaActualWH1/Multiplicador1);

```

```

        ValorE1=EnergiaActualWH1*100;
        DecimalE1=EnteroE1*100;
        DecimalE1=ValorE1-DecimalE1;
        break;
        case 1:
            EnteroE1=(EnergiaActualKWH1/Multiplicador1);
            ValorE1=EnergiaActualKWH1*100;
            DecimalE1=EnteroE1*100;
            DecimalE1=ValorE1-DecimalE1;
            break;
        }
        EEPROM.write(4,b1); //0=Wh ; 1=KWh
        EEPROM.write(5,Multiplicador1);
        //Multiplicando
        EEPROM.write(6,EnteroE1);
        EEPROM.write(7,DecimalE1);
    }
    if (Hora <7 || Hora >21)
    {
        if((EnergiaActualKWH2>=1)&&(EnergiaActualKWH2<1020))
        {
            b2=1;
            if((EnergiaActualKWH2>=1)&&(EnergiaActualKWH2<=255))
            {
                Multiplicador2=1;
            }
            if((EnergiaActualKWH2>255)&&(EnergiaActualKWH2<=510))
            {
                Multiplicador2=2;
            }
            if((EnergiaActualKWH2>510)&&(EnergiaActualKWH2<=765))
            {
                Multiplicador2=3;
            }
            if((EnergiaActualKWH2>765)&&(EnergiaActualKWH2<=255))
            {
                Multiplicador2=4;
            }
        }
        if((EnergiaActualWH2>0)&&(EnergiaActualWH2<1000))
        {
            b2=0;
            if((EnergiaActualWH2>=1)&&(EnergiaActualKWH2<=255))
            {
                Multiplicador2=1;
            }
            if((EnergiaActualWH2>255)&&(EnergiaActualWH2<=510))
            {
                Multiplicador2=2;
            }

```



```

    }
    if((EnergiaActualWH>510)&&(EnergiaActual
    WH<=765))
    {
        Multiplicador2=3;
    }
    if((EnergiaActualWH2>765)&&(EnergiaActu
    alWH2<=1020))
    {
        Multiplicador2=4;
    }
    }
    switch (b2)
    {
        case 0:
    EnteroE2=(EnergiaActualWH2/Multiplicad
    or2);
        ValorE2=EnergiaActualWH2*100;
        DecimalE2=EnteroE2*100;
        DecimalE2=ValorE2-DecimalE2;
        break;
        case 1:

    EnteroE2=(EnergiaActualKWH2/Multiplicad
    or2);
        ValorE2=EnergiaActualKWH2*100;
        DecimalE2=EnteroE2*100;
        DecimalE2=ValorE2-DecimalE2;
        break;
    }
    EEPROM.write(8,b2); //0=Wh ; 1=KWh
    EEPROM.write(9,Multiplicador2);
    //Multiplicando
    EEPROM.write(10,EnteroE2);
    EEPROM.write(11,DecimalE2);
    }
    switch (b1)
    {
        case 0:
        Consumo1 =
    EnergiaActualWH1/1000*Precio1;
        break;
        case 1:
        Consumo1 =
    EnergiaActualKWH1*Precio1;
        break;
    }
    switch (b2)
    {
        case 0:
        Consumo2 =
    EnergiaActualWH2/1000*Precio2;
        break;
        case 1:
        Consumo2 =
    EnergiaActualKWH2*Precio2;
        break;
    }
    switch (b3)
    {
        case 0:
        Consumo3 =
    EnergiaActualWH3/1000*Precio1;
        break;
        case 1:
        Consumo3 =
    EnergiaActualKWH3*Precio1;
        break;
    }
    switch (b4)
    {
        case 0:
        Consumo4 =
    EnergiaActualWH4/1000*Precio2;
        break;
        case 1:
        Consumo4 =
    EnergiaActualKWH4*Precio2;
        break;
    }
    switch (b5)
    {
        case 0:
        Consumo5 =
    EnergiaActualWH5/1000*Precio1;
        break;
        case 1:
        Consumo5 =
    EnergiaActualKWH5*Precio1;
        break;
    }
    switch (b6)
    {
        case 0:
        Consumo6 =
    EnergiaActualWH6/1000*Precio2;
        break;
        case 1:
        Consumo6 =
    EnergiaActualKWH6*Precio2;
        break;
    }
    EnergiaMes = EnergiaActualKWH2 +
    EnergiaActualKWH1;
    EnergiaDia = EnergiaActualKWH5 +
    EnergiaActualKWH6;
    EnergiaHora = EnergiaActualKWH3 +
    EnergiaActualKWH4;

    ConsumoTHora = Consumo4+Consumo3;
    ConsumoTDia = Consumo5+Consumo6;
    ConsumoT = Consumo1+Consumo2;
    if (EnergiaMes>90)
    {
        subsidio= ConsumoT*0.10;
    }
    if (EnergiaMes<90)
    {
        ConsumoT = ConsumoT*0.44;
    }

```

```

        subsidio=0;
    }
double subsidio1;
double ConsumoTDia1;

if (EnergiaDia>90)
{
    subsidio1= ConsumoTDia*0.10;
}
if (EnergiaDia<90)
{
    ConsumoTDia = ConsumoTDia*0.44;
    subsidio1=0;
}
ConsumoT1=ConsumoT+costcomer;
ConsumoTDia1 =
ConsumoTDia+costcomer;

alumbrado = ConsumoT1*0.14;
basura = ConsumoT1*0.25;

double costostotal =
ConsumoT1+bomberos+basura+subsidio+alu
mbrado;
double costostotal1 =
ConsumoTDia1+bomberos+basura+subsidio1
+alumbrado;
double otros= bomberos+basura+alumbrado;

char array1[100] = { };
if(Serial1.available() > 0)
{
    for (int i=0; i < 100 ; i++)
    {
        array1[i] = Serial1.read();
    }
    for(int i = 0; i < 100; i++)
    {
        char s = array1[i];
        S = S+s;
    }
    //Serial.println(S);
if (S.indexOf("ConsultaMes") > 0 )
{
    //Serial.println(ConsumoT);
    Serial1.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(1000);
    Serial1.print("AT + CMGS= \");
    Serial1.println(telefono);
    delay(1000);
    Serial1.print("Costo por servicio electrico:
");
    Serial1.print("$");
    Serial1.print(ConsumoT1);
    Serial1.print(", Otros: ");
    Serial1.print(otros);
    Serial1.print(", Total: ");
    Serial1.println(costostotal);
    delay(1000);
    Serial1.println((char)26);

    delay(100);
    Serial1.println();
    delay(500);
}
if (S.indexOf("ConsultaDia") > 0 )
{
    //Serial.println(ConsumoT);
    Serial1.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(1000);
    Serial1.print("AT + CMGS= \");
    Serial1.println(telefono);
    delay(1000);
    Serial1.print("Costo por servicio electrico
total del dia: ");
    Serial1.print("$");
    Serial1.print(ConsumoTDia1);
    Serial1.print(", kWh consumidos tarifa1:
");
    Serial1.print(EnergiaActualKWH5);
    Serial1.print(", kWh consumidos tarifa2:
");
    Serial1.println(EnergiaActualKWH6);
    delay(1000);
    Serial1.println((char)26);
    delay(100);
    Serial1.println();
    delay(500);
}
S="";
}
if(Dia == 1 && Hora == 0 && Min == 0
&& Seg ==0)
{
    EEPROM.write(4,0);
    EEPROM.write(5,0);
    EEPROM.write(6,0);
    EEPROM.write(7,0);
    EEPROM.write(8,0);
    EEPROM.write(9,0);
    EEPROM.write(10,0);
    EEPROM.write(11,0);
    EnergiaActualWH1 =0;
    EnergiaActualWH2 =0;
    EnergiaActualKWH1 =0;
    EnergiaActualKWH2 =0;
    EnergiaAnteriorWH1 = 0;
    EnergiaAnteriorWH2 = 0;
    EnergiaAnteriorKWH1 = 0;
    EnergiaAnteriorKWH2 = 0;
}

if(Dia >=1 && Dia <=7)
{
    Semana = 1;
}
if(Dia >=8 && Dia <=14)
{
    Semana = 2;
}
if(Dia >=15 && Dia <=21)

```

```

    {
        Semana = 3;
    }
    if(Dia >=22 && Dia <=31)
    {
        Semana = 4;
    }
}
void printDigits(int digits)
{
    if(digits < 10)
        Serial.print('0');
        Serial.print(digits);
}
void printDigitsLCD(int digits)
{
    if(digits < 10)
        lcd.print('0');
        lcd.print(digits);
}
void InterrupcionTMR1(void)
{
    EnergiaActualWH=(PotenciaA/3600);
    EnergiaActualWH=EnergiaActualWH+EnergiaAnteriorWH;
    EnergiaAnteriorWH=EnergiaActualWH;
    EnergiaActualKWH=(PotenciaA/3600)/1000;
    EnergiaActualKWH=EnergiaActualKWH+EnergiaAnteriorKWH;
    EnergiaAnteriorKWH=EnergiaActualKWH;
    if(Hora >=7 && Hora <22)
    {
        EnergiaActualWH1=(PotenciaA/3600);

EnergiaActualWH1=EnergiaActualWH1+EnergiaAnteriorWH1;
        EnergiaAnteriorWH1=EnergiaActualWH1;
        EnergiaActualKWH1=(PotenciaA/3600)/1000
;
        EnergiaActualKWH1=EnergiaActualKWH1+EnergiaAnteriorKWH1;
        EnergiaAnteriorKWH1=EnergiaActualKWH1
;
    }
    if(Hora <7 || Hora >=22)
    {
        EnergiaActualWH2=(PotenciaA/3600);
        EnergiaActualWH2=EnergiaActualWH2+EnergiaAnteriorWH2;
        EnergiaAnteriorWH2=EnergiaActualWH2;
        EnergiaActualKWH2=(PotenciaA/3600)/1000
;
        EnergiaActualKWH2=EnergiaActualKWH2+EnergiaAnteriorKWH2;
        EnergiaAnteriorKWH2=EnergiaActualKWH2
;
    }
    if(Hora >=7 && Hora <22)
    {
        EnergiaActualWH3=(PotenciaA/3600);
        EnergiaActualWH3=EnergiaActualWH3+EnergiaAnteriorWH3;
        EnergiaAnteriorWH3=EnergiaActualWH3;
        EnergiaActualKWH3=(PotenciaA/3600)/1000
;
        EnergiaActualKWH3=EnergiaActualKWH3+EnergiaAnteriorKWH3;
        EnergiaAnteriorKWH3=EnergiaActualKWH3
;
    }
    if(Hora <7 || Hora >=22)
    {
        EnergiaActualWH4=(PotenciaA/3600);

EnergiaActualWH4=EnergiaActualWH4+EnergiaAnteriorWH4;
        EnergiaAnteriorWH4=EnergiaActualWH4;
        EnergiaActualKWH4=(PotenciaA/3600)/1000
;
        EnergiaActualKWH4=EnergiaActualKWH4+EnergiaAnteriorKWH4;
        EnergiaAnteriorKWH4=EnergiaActualKWH4
;
    }
    if(Hora >=7 && Hora <22)
    {
        EnergiaActualWH5=(PotenciaA/3600);
        EnergiaActualWH5=EnergiaActualWH5+EnergiaAnteriorWH5;
        EnergiaAnteriorWH5=EnergiaActualWH5;
        EnergiaActualKWH5=(PotenciaA/3600)/1000
;
        EnergiaActualKWH5=EnergiaActualKWH5+EnergiaAnteriorKWH5;
        EnergiaAnteriorKWH5=EnergiaActualKWH5
;
    }
    if(Hora <7 || Hora >=22)
    {
        EnergiaActualWH6=(PotenciaA/3600);
        EnergiaActualWH6=EnergiaActualWH6+EnergiaAnteriorWH6;
        EnergiaAnteriorWH6=EnergiaActualWH6;

EnergiaActualKWH6=(PotenciaA/3600)/1000
;
        EnergiaActualKWH6=EnergiaActualKWH6+EnergiaAnteriorKWH6;
        EnergiaAnteriorKWH6=EnergiaActualKWH6
;
    }
    Serial.print("j");
    Serial.print(" ");
    Serial.print(VoltajeRMS);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(CorrienteRMS);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(PotenciaA);
    Serial.print(" ");
}

```

```

Serial.print(ener,6);
Serial.print(" ");
Serial.print(EnergiaMes);
Serial.print(" ");
Serial.print(EnergiaActualKWH);
Serial.print(" ");
Serial.print(ConsumoT);
Serial.print(" ");
if(Hora >=7 && Hora <22)
{
  Serial.println(0);
}
if(Hora <7 || Hora >=22)
{
  Serial.println(1);
}
// Serial.println("");
if(Min == 59 && Seg == 59)
{
  Serial.print("i");
  Serial.print(" ");
  Serial.print(Hora);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(Dia);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(Mes);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(Ano);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(Semana);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(EnergiaHora);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ConsumoTHora);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(EnergiaDia);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ConsumoTDia);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(EnergiaMes);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(ConsumoT);
  EEPROM.write(12,0);
  EEPROM.write(13,0);
  EEPROM.write(14,0);

  EEPROM.write(15,0);
  EEPROM.write(16,0);
  EEPROM.write(17,0);
  EEPROM.write(18,0);
  EEPROM.write(19,0);
  EnergiaActualWH3 =0;
  EnergiaActualKWH3 =0;
  EnergiaAnteriorWH3 = 0;
  EnergiaAnteriorKWH3 = 0;
  EnergiaActualWH4 =0;
  EnergiaActualKWH4 =0;
  EnergiaAnteriorWH4 = 0;
  EnergiaAnteriorKWH4 = 0;
}
if (Hora == 23 && Min == 59 && Seg == 59)
{
  EEPROM.write(20,0);
  EEPROM.write(21,0);
  EEPROM.write(22,0);
  EEPROM.write(23,0);
  EEPROM.write(24,0);
  EEPROM.write(25,0);
  EEPROM.write(26,0);
  EEPROM.write(27,0);
  EnergiaActualWH5 =0;
  EnergiaActualKWH5 =0;
  EnergiaAnteriorWH5 = 0;
  EnergiaAnteriorKWH5 = 0;
  EnergiaActualWH6 =0;
  EnergiaActualKWH6 =0;
  EnergiaAnteriorWH6 = 0;
  EnergiaAnteriorKWH6 = 0;
}
}
void InterrupcionTMR3(void)
{
  if(Hora >= 7 && Hora <= 21)
  {
    if (PotenciaA >= 6500)
    {
      enviar_SIM9001(telefono," Consumo de
potencia Alto puede desconectar algun equipo
para desminuir costos en la factura");
    }
  }
}

```

## ANEXO 2

Código para realizar la comunicación.

```

# -*- coding: utf-8 -*-
import serial
import MySQLdb
import time
a = serial.Serial('/dev/ttyACM0',9600)

a.open()
DB_HOST = 'localhost'
DB_USER = 'root'
DB_PASS = 'mortadela1'

```

```

DB_NAME = 'valores'
def run_query(query=""):
    dato = [DB_HOST, DB_USER, DB_PASS,
DB_NAME]
    conn = MySQLdb.connect(*dato) #
Conectar a la base de datos
    cursor = conn.cursor() # Crear un
cursor
    cursor.execute(query) # Ejecutar una
consulta
    if query.upper().startswith('SELECT'):
        data = cursor.fetchall() # Traer los
resultados de un select
    else:
        conn.commit() # Hacer efectiva
la escritura de datos
        data = None
        cursor.close() # Cerrar el cursor
        conn.close() # Cerrar la
conexiÃ³n
    return data

def run_query1(query1=""):
    dato1 = ['localhost', 'root', 'mortadela1',
'sensores']
    conn1 = MySQLdb.connect(*dato1) #
Conectar a la base de datos
    cursor1 = conn1.cursor() # Crear un
cursor
    cursor1.execute(query1) # Ejecutar
una consulta
    if query1.upper().startswith('SELECT'):
        data1 = cursor1.fetchall() # Traer los
resultados de un select
    else:
        conn1.commit() # Hacer efectiva
la escritura de datos
        data1 = None
        cursor1.close() # Cerrar el cursor
        conn1.close() # Cerrar la
conexiÃ³n
    return data1

while 1:
    stringDatos=(a.readline())
    stringDatos=stringDatos.split(" ");
    print(stringDatos);
    if stringDatos[0] == "j":
        voltaje=stringDatos[1];
        corriente=stringDatos[2];
potencia=stringDatos[3];
energiact=stringDatos[4];
energiames=stringDatos[5];
energiatotal=stringDatos[6];
costomes=stringDatos[7];
tarifa=stringDatos[8];
voltaje=string(voltaje);
corriente=string(corriente);
potencia=string(potencia);
energiact=string(energiact);
energiames=string(energiames);
energiatotal=string(energiatotal);
costomes=string(costomes);
tarifa=string(tarifa);
        query = "INSERT INTO datoseg
(Voltaje,Corriente,Potencia,Einst,Emes,Ettotal,
Costo,Tarifa) VALUES
("+voltaje+", "+corriente+", "+potencia+", "+en
ergiac+", "+energiames+", "+energiatotal+", "+
costomes+", "+tarifa+")"
        run_query(query)
        print("Datos OK SEGUNDOS");
        if stringDatos[0] == "i":
            hora=stringDatos[1];
            dia=stringDatos[2];
            mes=stringDatos[3];
            ano=stringDatos[4];
            semana=stringDatos[5];
            ehora=stringDatos[6];
            chora=stringDatos[7];
            edia=stringDatos[8];
            cdia=stringDatos[9];
            emes=stringDatos[10];
            cmes=stringDatos[11];
            hora=string(hora);
            dia=string(dia);
            mes=string(mes);
            ano=string(ano);
            semana=string(semana);
            ehora=string(ehora);
            chora=string(chora);
            edia=string(edia);
            cdia=string(cdia);
            emes=string(emes);
            cmes=string(cmes);
            query1 = "INSERT INTO valores
(Hora,Dia,Mes,Ano,Semana,Ehora,Chora,Edi
a, Cdia, Emes, Cmes) VALUES
("+hora+", "+dia+", "+mes+", "+ano+", "+seman
a+", "+ehora+", "+chora+", "+edia+", "+cdia+",
+emes+", "+cmes+")"
            run_query1(query1)
            print("Datos OK HORA");
a.close()

```

## ANEXO 3

Código desarrollado en HTML para realizar el diseño de las páginas web del servidor.

- Index

```
<!DOCTYPE HTML
<html>
<title>MIQ 1.0</title>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type"
content="text/html; charset=utf-8"/>
<center><font size="6">MONITOR DE
CONSUMO ENERGÍA%TICO</center>
</head>
<SCRIPT LANGUAGE="JavaScript">
function Login(){
var done=0;
var
username=document.login.username.value;
username=username.toLowerCase();
var
password=document.login.password.value;
password=password.toLowerCase();
if (username=="admin" &&
password=="12345") {
window.location="index1.php"; done=1; }
if (done==0) { window.location="login.php";
}
}
</SCRIPT>
```

```
<body bgcolor="C1C4BE">
<center><font size="5">MIQ 1.0</center>
<br>
<br>
<form name=login><center>
Usuario: <input type=text name=username>
<font size = 6.5 color= 'C1C4BE'>A<font size
= 5 color= 'black'>
<br>
Contraseña: <input type=password
name=password>
<br>
<input type=button value="Ingresar"
onClick="Login()">
<font size = 5 color=
'C1C4BE'>AAAAAAAAA SaAAAA<font size
= 5 color= 'black'>
</center>
</form>
<br>
<center></center>
<p ALIGN=right><font
size="2">COPYRIGHT 2016</p>
</body>
</html>
```

- Index 1

```
<!DOCTYPE HTML
<?php
$base_datos='valores';
$tabla= 'datos';
$direccion_bd='localhost';
$susu_bd='root';
$pass_bd='mortadela1';
?>
<?php
$conexion=mysql_connect($direccion_bd,
$susu_bd,$pass_bd) or die ('ERROR al
conectar con BASE DE DATOS');
?>
<?php header("Refresh:5");?>
<html>
<title>MIQ 1.0 - HOME</title>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type"
content="text/html; charset=utf-8"/>
<center><font face=
'verdana'size="5">MONITOR DE
CONSUMO ENERGÍA%TICO -
INICIO</center>
<link href="estilo.css" rel="stylesheet"
type="text/css" />
</head>
<body bgcolor="C1C4BE">
```

```
<center><font size="4">MIQ 1.0</center>
<form name="Tablas" action="tablas.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Consultas">
</form>
<form name="Graficas" action="grafica.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Gráficas">
</form>
<form name="Salir" action="index.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Salir">
</form><br>
<br>
<center><table border="10px"width ="65%">
<tr align=center>
<td colspan=5><font face= 'impact'size = 5
color= 'black'>MEDICIONES
INSTANTÁ • NEAS</font</td>
<tr>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Voltaje</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Corriente</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Potencia</font</th>
```

```

<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Energia</font></th>
</tr>
<?php
$con consulta='SELECT * FROM datoseg
ORDER BY Tiempo DESC LIMIT 1';
$resultado=mysql_db_query
($base_datos,$consulta,$conexion);
while ($registro =
mysql_fetch_array($resultado)){
echo "
    <tr align=center>
      <td width='150'><font face= 'impact'size =
4 color= 'black'>". $registro['Voltaje']. "
V</font></td>
      <td width='150'><font face= 'impact'size =
4 color= 'black'>". $registro['Corriente']. "
A</font></td>
      <td width='150'><font face= 'impact'size =
4 color= 'black'>". $registro['Potencia']. "
W</font></td>
      <td width='100'><font face= 'impact'size =
4 color= 'black'>". $registro['Einst']. "
KWh</font></td>
    </tr>
";}
?>
</table></center>
<br>
<center><table border="10px"width ="50%">
<?php
$con consulta='SELECT * FROM datoseg
ORDER BY Tiempo DESC LIMIT 1';
$resultado=mysql_db_query
($base_datos,$consulta,$conexion);
while ($registro =
mysql_fetch_array($resultado)){
$tarifa=$registro['Tarifa'];
$consumo=$registro['Emes'];
$costo=$registro['Costo'];
$total=$registro['Etotal'];
}
if($tarifa=="0"){
$star=0.09;
}
else{
$star=0.07;
}
if($consumo<"90"){
$costot=$costo*0.44;
}
else{
$costot=$costo+($costo*0.10);
}
$costot=$costo+1.41;
$alumbrado=$costot*0.14;
$basura=$costot*0.25;
$rubro=$alumbrado+$basura+1.83;
$total=$rubro+$costot;
echo "

```

```

    <tr align=center>
      <td width='150'><font face= 'verdana'size
= 4 color= 'black'>Consumo de energÃa
durante el mes de Julio: $consumo
KWh</font></td>
    </tr>
    <tr align=center>
      <td width='150'><font face= 'verdana'size
= 4 color= 'black'>Costo de energÃa
consumida durante el mes de Julio: $ $costo
</font></td>
    </tr>
    <tr align=center>
      <td width='150'><font face= 'verdana'size
= 4 color= 'black'>Tarifa actual: $
$star/KWh</font></td>
    </tr>
    <tr align=center>
      <td width='150'><font face= 'verdana'size
= 4 color= 'black'>Contador total de energÃa
consumida: $total KWh</font></td>
    </tr>
    <td colspan=5><font face= 'Comic sans
MS'size = 1 color= 'C1C4BE'>hola</font></td>
    <tr align=right>
      <td width='150'><font face= 'verdana'size =
4 color= 'black'>Costo por Servicio
ElÃctrico: $ <script>
    var mi_numero=$costot;
    mi_numero=mi_numero*100;
    mi_numero=Math.floor(mi_numero);
    mi_numero=mi_numero/100;
    document.write(mi_numero);
</script> </font></td>
    </tr>
    <tr align=right>
      <td width='150'><font face= 'verdana'size
= 4 color= 'black'>Rubros Extras: $ <script>
    var mi_numero=$rubro;
    mi_numero=mi_numero*100;
    mi_numero=Math.floor(mi_numero);
    mi_numero=mi_numero/100;
    document.write(mi_numero);
</script> </font></td>
    </tr>
    <tr align=right>
      <td width='150'><font face= 'verdana'size
= 4 color= 'black'><b>TOTAL:</b> $
<script>
    var mi_numero=$total;
    mi_numero=mi_numero*100;
    mi_numero=Math.floor(mi_numero);
    mi_numero=mi_numero/100;
    document.write(mi_numero);
</script> </font></td>
    </tr>
</table></center>
";
?>
<?php

```

```

mysql_free_result($resultado);
mysql_close($conexion);
?>
<br>

<p ALIGN=right><font size="4">Usuario:
Juan PÃ©rez Cobos <br>
ID: 0105671630 <br>
Medidor: DXS39 <br>
Tarifa: RD Residencial</p>
<center><script>
var meses = new Array
("Enero", "Febrero", "Marzo", "Abril", "Mayo",

```

```

Junio", "Julio", "Agosto", "Septiembre", "Octubr
e", "Noviembre", "Diciembre");
var diasSemana = new
Array("Domingo", "Lunes", "Martes", "MiÃ©rc
oles", "Jueves", "Viernes", "SÃ¡bado");
var f=new Date();
document.write(diasSemana[f.getDay()] + " "
+ f.getDate() + " de " + meses[f.getMonth()] +
" de " + f.getFullYear());
</script></center>
<p ALIGN=right><font
size="2">COPYRIGHT 2016</p>
</body>
</html>

```

- Tablas

```

<!DOCTYPE HTML
<?php
$base_datos='sensores';
$tabla= 'datos';
$direccion_bd='localhost';
$susu_bd='root';
$pass_bd='mortadela1';
?>
<?php
$conexion=mysql_connect($direccion_bd,
$susu_bd,$pass_bd) or die ('ERROR al
conectar con BASE DE DATOS');
?>
<html>
<title>MIQ 1.0 - Consultas</title>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type"
content="text/html; charset=utf-8"/>
<center><font face=
'verdana'size="5">MONITOR DE
CONSUMO ENÃRGETICO -
CONSULTAS</center>
</head>
<body bgcolor="C1C4BE">
<center><font size="4">MIQ 1.0</center>
<br>
<form name="Inicio" action="index1.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Inicio">
</form>
<form name="Graficas" action="grafica.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" font face=
'verdana'size="5" value="GrÃ¡ficas">
</form>
<form name="Salir" action="index.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Salir">
</form><br>
<form action="consultadia.php"
method="POST">
<p ALIGN=right>

```

```

<font size="4">Detalla el consumo de
energÃa de cada hora del dÃa.

```

```

<font size="3">DÃa:
<select name="dia">
<option value="1">01</option>
<option value="2">02</option>
<option value="3">03</option>
<option value="4">04</option>
<option value="5">05</option>
<option value="6">06</option>
<option value="7">07</option>
<option value="8">08</option>
<option value="9">09</option>
<option value="10">10</option>
<option value="11">11</option>
<option value="12">12</option>
<option value="13">13</option>
<option value="14">14</option>
<option value="15">15</option>
<option value="16">16</option>
<option value="17">17</option>
<option value="18">18</option>
<option value="19">19</option>
<option value="20">20</option>
<option value="21">21</option>
<option value="22">22</option>
<option value="23">23</option>
<option value="24">24</option>
<option value="25">25</option>
<option value="26">26</option>
<option value="27">27</option>
<option value="28">28</option>
<option value="29">29</option>
<option value="30">30</option>
<option value="31">31</option>
</select>

```

```

Mes:
<select name="mes">
<option value="1">Enero</option>
<option value="2">Febrero</option>
<option value="3">Marzo</option>
<option value="4">Abril</option>

```



```

<option value="5">Mayo</option>
<option value="6">Junio</option>
<option value="7">Julio</option>
<option value="8">Agosto</option>
<option value="9">Septiembre</option>
<option value="10">Octubre</option>
<option value="11">Noviembre</option>
<option value="12">Diciembre</option>
</select>
AÃ±o:
<select name="ano">
  <option value="2016">2016</option>
  <option value="2017">2017</option>
  <option value="2018">2018</option>
  <option value="2019">2019</option>
  <option value="2020">2020</option>
</select>
<input type="submit"
name="consulta"value="Consulta" >
</p>
</form>
<form action="consultasemana.php"
method="POST">
  <p ALIGN=right>
  <font size="4">Detalla el consumo de
energÃa de cada dÃa de la semana.
  <font size="3">Semana:
  <select name="sem">
    <option value="1">01</option>
    <option value="2">02</option>
    <option value="3">03</option>
    <option value="4">04</option>
  </select>
  Mes:
  <select name="mes">
    <option value="1">Enero</option>
    <option value="2">Febrero</option>
    <option value="3">Marzo</option>
    <option value="4">Abril</option>
    <option value="5">Mayo</option>
    <option value="6">Junio</option>
    <option value="7">Julio</option>
    <option value="8">Agosto</option>
    <option value="9">Septiembre</option>
    <option value="10">Octubre</option>
    <option value="11">Noviembre</option>
    <option value="12">Diciembre</option>
  </select>
  AÃ±o:

```

```

<select name="ano">
  <option value="2016">2016</option>
  <option value="2017">2017</option>
  <option value="2018">2018</option>
  <option value="2019">2019</option>
  <option value="2020">2020</option>
</select>
<input type="submit"
name="consulta"value="Consulta" >
</p>
</form>
<form action="consultames.php"
method="POST">
  <p ALIGN=right>
  <font size="4">Detalla el consumo de
energÃa de cada dÃa del mes.
  <font size="3">Mes:
  <select name="mes">
    <option value="1">Enero</option>
    <option value="2">Febrero</option>
    <option value="3">Marzo</option>
    <option value="4">Abril</option>
    <option value="5">Mayo</option>
    <option value="6">Junio</option>
    <option value="7">Julio</option>
    <option value="8">Agosto</option>
    <option value="9">Septiembre</option>
    <option value="10">Octubre</option>
    <option value="11">Noviembre</option>
    <option value="12">Diciembre</option>
  </select>
  Ano:
  <select name="ano">
    <option value="2016">2016</option>
    <option value="2017">2017</option>
    <option value="2018">2018</option>
    <option value="2019">2019</option>
    <option value="2020">2020</option>
  </select>
  <input type="submit"
name="consulta"value="Consulta" >
  </p>
</form>
<center></center>
<br>
<p ALIGN=right><font
size="2">COPYRIGHT 2016</p>
</body>
</html>

```

- Consumo Mes

```

<!DOCTYPE HTML
<?php
$base_datos='sensores';
$tabla= 'datos';
$direccion_bd='localhost';
$susu_bd='root';
$pass_bd='mortadela1';

```

```

?>
<?php
$conexion=mysql_connect($direccion_bd,
$susu_bd,$pass_bd) or die ('ERROR al
conectar con BASE DE DATOS');
?>
<html>

```

```

<meta http-equiv="Content-Type"
content="text/html; charset=utf-8"/>
<title>MIQ 1.0-CONSULTAS</title>
<head>
<center><font face=
'verdana'size="5">MONITOR DE
CONSUMO ENERGÍA%TICO -
CONSULTAS</center>
</head>
<body bgcolor="C1C4BE">
<center><font size="4">MIQ 1.0</center>
<br>
<form name="Dia" action="tablas.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Nueva
Consulta">
</form>
<form name="Inicio" action="index1.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Inicio">
</form>
<form name="Salir" action="index.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Salir">
</form>
<center><table border="5px"width ="50%">
<tr align=center>
<td colspan=5><font face= 'impact'size = 5
color= 'black'>TABLA DE CONSUMO
MENSUAL</font</td>
<tr>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Día</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Energía/día</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Costo/día</font</th>
</tr>
<?php
include ("/usr/share/jpgraph/jpgraph.php");
include
("/usr/share/jpgraph/jpgraph_bar.php");
$meses = $_POST ["mes"];
$anos = $_POST ["ano"];
if($meses=="1"){
    $m="Enero";
}
if($meses=="2"){
    $m="Febrero";
}
if($meses=="3"){
    $m="Marzo";
}
if($meses=="4"){
    $m="Abril";
}
if($meses=="5"){
    $m="Mayo";
}
if($meses=="6"){
    $m="Junio";
}
if($meses=="7"){
    $m="Julio";
}
if($meses=="8"){
    $m="Agosto";
}
if($meses=="9"){
    $m="Septiembre";
}
if($meses=="10"){
    $m="Octubre";
}
if($meses=="11"){
    $m="Noviembre";
}
if($meses=="12"){
    $m="Diciembre";
}
echo "Consulta correspondiente a: ". $m;
echo "-". $_POST ["ano"];
$query="SELECT * FROM valores
WHERE Hora='23' and Mes=$meses' and
Ano=$anos";
$resultado=mysql_db_query
($base_datos,$consulta,$conexion);
while ($registro =
mysql_fetch_array($resultado)){
    $ydata[]=$registro['Edia'];
    $labels[]=$registro['Hora'];
    echo "
        <tr align=center>
            <td width='150'><font face= 'Comic sans
MS'size = 4 color=
'black'>".$registro['Dia']."</font</td>
            <td width='100'><font face= 'Comic sans
MS'size = 4 color= 'black'>".$registro['Edia']."
KWh</font</td>
            <td width='150'><font face= 'Comic sans
MS'size = 4 color= 'black'>".$registro['Cdia']."
$</font</td>
        </tr> ";
    $total=$total+$registro['Edia'];
    $totald=$totald+$registro['Cdia'];
}
echo "
    <td colspan=5><font face= 'Comic sans
MS'size = 0.5 color=
'C1C4BE'>hola</font</td>
</table></center>
";
mysql_free_result($resultado);
mysql_close($conexion);
echo"
    <center><table width=5 >
        <tr><font face= 'Comic sans MS'size = 4
color= 'C1C4BE'>AAAA<font face=
'verdana'size = 4 color= 'black'>ENERGÍA • A
CONSUIDA: $total KWh</tr><br>

```

```

<tr>COSTO POR ENERGÍA • A: $totald
$</tr>
</table></center>
";
// $graph= new Graph(500,400,"auto");
// $graph->img->SetAntiAliasing();
// $graph->SetScale("textint");
// $graph->title->Set("CONSUMO/HORA");
// $graph->xaxis->title->Set("HORA");
// $graph->xaxis->SetTickLabels($labels);
// $graph->yaxis->title->Set("CONSUMO
(Wh)");

```

```

// $barplot1 =new BarPlot($ydata);
// $barplot1-
>SetFillGradient("#BE81F7","#E3CEF6",GR
AD_HOR);
// $barplot1->SetWidth(30);
// $graph->Add($barplot1);
// $graph->Stroke();
?>
<p ALIGN=right><font
size="2">COPYRIGHT 2016</p>
</body>
</html>

```

- Consulta Semana

```

<!DOCTYPE HTML
<?php
$base_datos='sensores';
$tabla='valores';
$direccion_bd='localhost';
$susu_bd='root';
$pass_bd='mortadela1';
?>
<?php
$conexion=mysql_connect($direccion_bd,
$susu_bd,$pass_bd) or die ('ERROR al
conectar con BASE DE DATOS');
?>
<html>
<title>MIQ 1.0-CONSULTAS</title>
<head>
<center><font face=
'verdana'size="5">MONITOR DE
CONSUMO ENERGÍA%TICO -
CONSULTAS</center>
</head>
<meta http-equiv="Content-Type"
content="text/html; charset=utf-8"/>
<body bgcolor="C1C4BE">
<center><font size="4">MIQ 1.0</center>
<br>
<form name="Semana" action="tablas.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Nueva
Consulta">
</form>
<form name="Inicio" action="index1.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Inicio">
</form>
<form name="Salir" action="index.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Salir">
</form>
<center><table border="5px"width="50%">
<tr align=center>
<td colspan=5><font face= 'impact'size = 5
color= 'black'>TABLA DE CONSUMO
SEMANAL</font</td>

```

```

<tr>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>DÍA</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Energía/dÍA</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Costo/dÍA</font</th>
</tr>
<?php
include ("/usr/share/jpgraph/jpgraph.php");
include
("/usr/share/jpgraph/jpgraph_bar.php");
$semana = $_POST ["sem"];
$meses = $_POST ["mes"];
$anos = $_POST ["ano"];
if($meses=="1"){
$m="Enero";
}
if($meses=="2"){
$m="Febrero";
}
if($meses=="3"){
$m="Marzo";
}
if($meses=="4"){
$m="Abril";
}
if($meses=="5"){
$m="Mayo";
}
if($meses=="6"){
$m="Junio";
}
if($meses=="7"){
$m="Julio";
}
if($meses=="8"){
$m="Agosto";
}
if($meses=="9"){
$m="Septiembre";
}
if($meses=="10"){
$m="Octubre";
}

```

```

}
if($meses=="11"){
    $m="Noviembre";
}
if($meses=="12"){
    $m="Diciembre";
}
echo "Consulta correspondiente a la Semana:
". $_POST["sem"];
echo ", ". $m;
echo "-". $_POST ["ano"];
$query="SELECT * FROM valores
WHERE Hora='23' and Semana='$semana'
and Mes='$meses' and Ano='$anos'";
$resultado=mysql_db_query
($base_datos,$consulta,$conexion);
while ($registro =
mysql_fetch_array($resultado)){
    $ydata[]=$registro['Edia'];
    $labels[]=$registro['Hora'];
    echo "
    <tr align=center>
    <td width='150'><font face= 'impact'size
= 4 color=
'black'>". $registro['Dia']. "</font</td>
    <td width='100'><font face= 'impact'size
= 4 color= 'black'>". $registro['Edia']. "
KWh</font</td>
    <td width='150'><font face= 'impact'size
= 4 color= 'black'>". $registro['Cdia']. "
$</font</td>
    </tr> ";
    $total=$total+$registro['Edia'];
    $totald=$totald+$registro['Cdia'];
}
echo "

```

```

<td colspan=5><font face= 'Comic sans
MS'size = 0.5 color=
'C1C4BE'>hola</font</td>
</table></center>
";
mysql_free_result($resultado);
mysql_close($conexion);
echo "
<center><table width=5 >
<tr><font face= 'Comic sans MS'size = 4
color= 'C1C4BE'>AAAA<font face=
'verdana'size = 4 color= 'black'>ENERGÍA • A
CONSUMIDA: $total KWh</tr><br>
<tr><font face= 'Comic sans MS'size = 4
color= 'C1C4BE'>COSTO POR ENERGÍA • A: $totald
$</tr>
</table></center>
";
// $graph= new Graph(500,400,"auto");
// $graph->img->SetAntiAliasing();
// $graph->SetScale("textint");
// $graph->title->Set("CONSUMO/HORA");
// $graph->xaxis->title->Set("HORA");
// $graph->xaxis->SetTickLabels($labels);
// $graph->yaxis->title->Set("CONSUMO
(Wh)");
// $barplot1 =new BarPlot($ydata);
// $barplot1-
>SetFillGradient("#BE81F7","#E3CEF6",GR
AD_HOR);
// $barplot1->SetWidth(30);
// $graph->Add($barplot1);
// $graph->Stroke();
?>
<p ALIGN=right><font
size="2">COPYRIGHT 2016</p>
</body>
</html>

```

- Consulta dia

```

<!DOCTYPE HTML
<?php
$base_datos='sensores';
$tabla= 'valores';
$direccion_bd='localhost';
$susu_bd='root';
$pass_bd='mortadela1';
?>
<?php
$conexion=mysql_connect($direccion_bd,
$susu_bd,$pass_bd) or die ('ERROR al
conectar con BASE DE DATOS');
?>
<html>
<title>MIQ 1.0 - CONSULTAS</title>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type"
content="text/html; charset=utf-8"/>

```

```

<center><font face=
'verdana'size="5">MONITOR DE
CONSUMO ENERGÍA%TICO -
CONSULTAS</center>
</head>
<body bgcolor="C1C4BE">
<center><font size="4">MIQ 1.0</center>
<br>
<form name="Semana" action="tablas.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Nueva
Consulta">
</form>
<form name="Inicio" action="index1.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Inicio">
</form>
<form name="Salir" action="index.php"
method="POST" style="display:inline">

```

```

<input type="submit" value="Salir">
</form>
<center><table border="5px"width =50%">
<tr align=center>
<td colspan=5><font face= 'impact'size = 5
color= 'black'>TABLA DE CONSUMO
DIARIO</font</td>
<tr>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Hora</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>EnergÃa/hora</font</th>
<th><font face= 'verdana'size = 4 color=
'black'>Costo/hora</font</th>
</tr>
<?php
include ("/usr/share/jpgraph/jpgraph.php");
include
("/usr/share/jpgraph/jpgraph_bar.php");
$dias = $_POST ["dia"];
$meses = $_POST ["mes"];
$anos = $_POST ["ano"];
if($meses=="1"){
    $m="Enero";
}
if($meses=="2"){
    $m="Febrero";
}
if($meses=="3"){
    $m="Marzo";
}
if($meses=="4"){
    $m="Abril";
}
if($meses=="5"){
    $m="Mayo";
}
if($meses=="6"){
    $m="Junio";
}
if($meses=="7"){
    $m="Julio";
}
if($meses=="8"){
    $m="Agosto";
}
if($meses=="9"){
    $m="Septiembre";
}
if($meses=="10"){
    $m="Octubre";
}
if($meses=="11"){
    $m="Noviembre";
}
if($meses=="12"){
    $m="Diciembre";
}
echo "Consulta correspondiente a: ".
$_POST["dia"];

```

```

echo "-". $m;
echo "-". $_POST ["ano"];
$consulta="SELECT * FROM valores
WHERE Dia='$dias' and Mes='$meses' and
Ano='$anos'";
$resultado=mysql_db_query
($base_datos,$consulta,$conexion);
while ($registro =
mysql_fetch_array($resultado)){
    $hora[]=$registro['Ehora'];
    $chora[]=$registro['Chora'];
    echo "
    <tr align=center>
        <td width='150'><font face= 'impact'size
= 4 color=
'black'>". $registro['Hora']. "</font</td>
        <td width='100'><font face= 'impact'size
= 4 color= 'black'>". $registro['Ehora']. "
KWh</font</td>
        <td width='150'><font face= 'impact'size
= 4 color= 'black'>". $registro['Chora']. "
$</font</td>
    </tr> ";
    $total=$total+$registro['Ehora'];
    $totald=$totald+$registro['Chora'];
}
echo "
    <td colspan=5><font face= 'Comic sans
MS'size = 0.5 color=
'C1C4BE'>hola</font</td>
</table></center>
";
mysql_free_result($resultado);
mysql_close($conexion);
echo"
    <center><table width=5 >
        <tr><font face= 'Comic sans MS'size = 4
color= 'C1C4BE'>AAA<font face=
'verdana'size = 4 color= 'black'>ENERGÃ • A
CONSUMIMDA: $total KWh</tr><br>
        <tr>COSTO POR ENERGÃ • A: $totald
$</tr>
    </table></center>
";
//$graph= new Graph(500,400,"auto");
//$graph->img->SetAntiAliasing();
//$graph->SetScale("textint");
//$graph->title->Set("CONSUMO/HORA");
//$graph->xaxis->title->Set("HORA");
//$graph->xaxis->SetTickLabels($labels);
//$graph->yaxis->title->Set("CONSUMO
(Wh)");
//$barplot1 =new BarPlot($ydata);
//$barplot1-
>SetFillGradient("#BE81F7","#E3CEF6",GR
AD_HOR);
//$barplot1->SetWidth(30);
//$graph->Add($barplot1);
//$graph->Stroke();
?>

```

```
<p ALIGN=right><font
size="2">COPYRIGHT 2016</p>
```

```
</body>
</html>
```

- Grafica

```
<!DOCTYPE HTML
<?php header("Refresh:30");?>
<html>
<title>MIQ 1.0</title>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type"
content="text/html; charset=utf-8"/>
<center><font face=
'verdana'size="5">MONITOR DE
CONSUMO ENERGÍA%TICO -
GRÃ • FICAS</center>
</head>
<body bgcolor='C1C4BE'>
<center><font size="4">MIQ 1.0</center>
<form name="Inicio" action="index1.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Inicio">
</form>
<form name="Tablas" action="tablas.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Consultas">
</form>
```

```
<form name="Salir" action="index.php"
method="POST" style="display:inline">
<input type="submit" value="Salir">
</form>
<br>
<center><table border="1px"width ="61%">
<th><font face= 'verdana'size="4" size = 4
color= 'black'>GRÃ • FICAS</font></th>
<tr align =center>
<td><img src='graconsumo.php' alt=""
border="0"></td>
</tr><tr aling ="center">
</td>
<tr align =center>
<td><img src='gracosto.php' alt=""
border="0"></td>
</tr><tr aling ="center">
</td>
</table></center>
</html>
```

- Grafica Costo

```
<?php
include ("/usr/share/jpgraph/jpgraph.php");
include
("/usr/share/jpgraph/jpgraph_line.php");
// Some data
mysql_connect("localhost", "root",
"mortadela1");
mysql_select_db("valores");
$sql="SELECT * FROM datoseg ORDER
BY Tiempo DESC LIMIT 30";
$res=mysql_query($sql);
while($row=mysql_fetch_array($res))
{
$ydata[]=$row['Costo'];
$ydata1[]=$row['Potencia'];
//$labels[]=$row['ID'];
}
// Create the graph. These two calls are always
required
$graph = new Graph(800,300,"auto");
$graph->SetScale("textlin");
//COLOR FONDO
$graph->SetColor("black");
//COLOR MARGEN
$graph->SetMarginColor("black");
$graph->img->SetMargin(45,10,5,60);
$graph->img->SetAntiAliasing();
```

```
$graph->xaxis-
>SetFont(FF_FONT1,FS_BOLD);
$graph->xaxis->SetColor("white");
$graph->xaxis->title->Set("TIEMPO");
$graph->xaxis->title->SetColor("white");
//$graph->xaxis->SetTickLabels($labels);
$graph->xaxis->SetLabelAngle(90);
$graph->yaxis->title->Set("COSTO ($)");
$graph->yaxis->title->SetColor("green");
$graph->yaxis->SetColor("white");
//TITULO
$graph->title->Set('COSTO');
// Create the linear plot
$lineplot=new LinePlot($ydata);
$lineplot->SetColor("green");
$lineplot->SetWeight(1);
$lineplot->SetLegend("COSTO");
$lineplot1=new LinePlot($ydata1);
$lineplot1->SetColor("red");
$lineplot1->SetWeight(1);
$lineplot1->SetLegend("Potencia Actual");
// Add the plot to the graph
$graph->Add($lineplot);
//$graph->Add($lineplot1);
$graph->legend->Pos(0.2,0.88,"center");
// Display the graph
$graph->Stroke();
```

?>

- Grafica de consumo

```
<?php
include ("/usr/share/jpgraph/jpgraph.php");
include
("/usr/share/jpgraph/jpgraph_line.php");
// Some data
mysql_connect("localhost", "root",
"mortadela1");
mysql_select_db("valores");
$sql="SELECT * FROM datoseg ORDER
BY Tiempo DESC LIMIT 30";
$res=mysql_query($sql);
while($row=mysql_fetch_array($res))
{
$ydata[]=$row['Voltaje'];
$ydata1[]=$row['Einst'];
//$labels[]=$row['ID'];
}

// Create the graph. These two calls are always
required
$graph = new Graph(800,300,"auto");
$graph->SetScale("textlin");

//COLOR FONDO
$graph->SetColor("black");
//COLOR MARGEN
$graph->SetMarginColor("black");
$graph->img->SetMargin(45,10,5,60);
$graph->img->SetAntiAliasing();

$graph->xaxis-
>SetFont(FF_FONT1,FS_BOLD);
$graph->xaxis->SetColor("white");
$graph->xaxis->title->Set("TIEMPO");
$graph->xaxis->title->SetColor("white");
$graph->xaxis->SetTickLabels($labels);
$graph->xaxis->SetLabelAngle(90);
$graph->yaxis->title->Set("ENERGIA
(kWh)");
$graph->yaxis->title->SetColor("red");
$graph->yaxis->SetColor("white");
//TITULO
$graph->title->Set("ENERGIA
CONSUMIDA");
// Create the linear plot
$lineplot=new LinePlot($ydata);
$lineplot->SetColor("green");
$lineplot->SetWeight(1);
$lineplot->SetLegend("ENERGIA");
$lineplot1=new LinePlot($ydata1);
$lineplot1->SetColor("red");
$lineplot1->SetWeight(1);
$lineplot1->SetLegend("ENERGIA");
// Add the plot to the graph
//$graph->Add($lineplot);
$graph->Add($lineplot1);
$graph->legend->Pos(0.2,0.88,"center");
// Display the graph
$graph->Stroke();
?>
```

---

# REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

- [1] Energía Eléctrica - Joaquín Recio Miñarro. [Online]. Disponible en: [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/electrica.htm](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/electrica.htm)
- [2] Montaje y reparación de automatismos eléctricos: montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas de baja tensión (UF0889) - Rodríguez Hernández, Antonio - IC Editorial – Año de edición Enero 2012
- [3] Instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios de viviendas: segunda edición – Emilio Carrasco Sánchez – Año de edición 2008.
- [4] Ministerio de electricidad y energía renovable - Centrales eléctricas del Ecuador [online]. Disponible en: <http://www.energia.gob.ec/>
- [5] Lectura del contador de electricidad [online]. Disponible en: <http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/mi-factura/electricidad/lectura-del-contador-de-electricidad>
- [6] Medidor o contador mecánico [online]. Disponible en: <http://www.losandes.com.ar/files/image/2011/6/1/389483.jpg>
- [7] Medidor o contador electrónico [online]. Disponible en: <http://www.afinidadelctrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=118>
- [8] Pliego tarifario para las empresas electricas. Servicio público de energía eléctrica. Periodo Enero – Diciembre 2016. Agencia de Regulación y control de electricidad – ARCONEL
- [9] Empresa Eléctrica Regional Centrosur – Facturación y Pagos. Disponible en: <http://www.centrosur.com.ec/?q=node/5>
- [10] Electrotecnia: Fundamentos de Ingeniería Eléctrica – Francisco Julián Chacón de Antonio – Colección 16 – Madrid 2013.
- [11] Introducción al análisis de circuitos. Décima edición - Robert L. Boylestad – edición 2014.
- [12] Figura Valor eficaz o RMS [Online]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/eet484componentes/valores-ca>
- [13] Sensores de Medida. Media Tensión [online]. Disponible en: <http://www.artech.com/es/productos-y-soluciones/categoria/sensores-de-medida-media-tension/sensores-de-tension>



- [14] Desarrollo e implementación de un sistema de medición, monitoreo y control de carga para aplicaciones domésticas, Marco Fabricio Contreras Morocho, universidad politécnica salesiana, 2015-142 páginas.
- [15] Sensor de efecto hall [online]. Disponible en <http://www.diverteka.com/?p=1966>
- [16] Arduino mega2560 [online]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>
- [17] Raspberry PI [online]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/help/faqs/>
- [18] Raspberry PI 2 características [online]. Disponible en: <http://www.xatakahome.com/trucos-y-bricolaje-smart/probamos-la-nueva-raspberry-pi-2-a-fondo>
- [19] Raspberry PI 2 [online]. Disponible en: <http://www.omicrono.com/2015/02/raspberry-pi-2/>
- [20] Introducción a los sistemas de bases de datos – Dr. Felipe López Gamino – Séptima edición – C.J. Date.
- [21] UF1271: Instalación y configuración del software de servidor Web – José Luis Villada Romero – Primera edición – ic editorial 2014.
- [22] Comunicación serial capítulo 3. Interfaz Gráfica para el medidor de nivel [online] Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/morales\\_h\\_oe/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/morales_h_oe/capitulo3.pdf)
- [23] Desarrollo Profesional de Aplicaciones Web con ASP.NET – Fernando Berzal, Francisco José Cortijo, Juan Carlos Cubero.
- [24] Puerto serial RS-232 Microcontroladores - M G. Carlos E. Canto Quintal. [Online]. Disponible en: [http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/microcontroladores/SLIDES\\_8051\\_PDF/EL\\_RS232.PDF](http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/microcontroladores/SLIDES_8051_PDF/EL_RS232.PDF)
- [25] Puerto serial imagen [Online]. Disponible en: <https://txoriberri.wordpress.com/2012/09/27/>
- [26] Reloj de tiempo real serial 64x8 [Online]. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf>
- [27] Modulo GSM / GPRS Shield v1.0 [online]. Disponible en: [http://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=GPRS/GSM\\_Shield\\_v1.0](http://www.elecrow.com/wiki/index.php?title=GPRS/GSM_Shield_v1.0)

- [28] Teleinformática Para Ingenieros En Sistemas de Información I – Antonio Ricardo Castro Lechtaler – Editorial Reverte 2006 – 396 páginas.
- [29] Diseño y desarrollo de actuadores de iluminación para una red ZigBee con un servidor web montado en Raspberry PI, Paul Esteban Arpi Coellar, Martin Vinicio Urgilés Fernández, Universidad Politécnica Salesiana, 2015 - 105 páginas.
- [30] Python 3: Los Fundamentos del Lenguaje - Sébastien CHAZALLET – Editorial ENI 2015 – 860 páginas.
- [31] Diseño páginas web. El lenguaje HTML – Accerto – Grupo Editorial Planeta 2012 – 346 Páginas
- [32] Productos Fluke [Online]. Disponible en: <http://www.fluke.com/fluke/eces/products/>
- [33] D.C. Baird. Experimentación: una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos, 2a ed. Prentice - Hall, Mex. 1991.
- [34] Simulador de préstamos Cooperativa Jep <https://www.coopjep.fin.ec/productos-servicios/creditos/simulador-de-credito>
- [35] Los Proyectos De Inversión: Evaluación Financiera Primera Edición – Saúl Fernández Espinoza – Editorial costa de Rica 2007 – 130 Página.
- [36] Ingeniería Económica Primera Edición - Francisco Jiménez Boulanger, Carlos Luis Espinoza Gutiérrez, Leonel Fonseca Retana – Editorial costa de Rica 2007 – 81 Página.
- [37] Los Emprendedores Y La Creación De Empresas Primera Edición – Juan Carlos Leiva - Editorial costa de Rica 2007 – 105 Página.
- [38] Finanzas Corporativas En La Práctica Primera Edición – Inmaculada Aguilar, Nueves L. Días, Yaiza García, Manuela Hernández, Ma Victoria Ruiz, Domingo J. Santana, Ma Concepción Verona – Editorial Pol. Ind. La Fuensanta Móstoles (Madrid). Esp – 5 Página.