



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Edwin Romero Gaibor¹, José Guerra Salazar², Isidoro Tapia Segarra³, José Morales Gordon⁴

Edwin Javier Ramírez Chinli⁵

1. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, edwin_romerog@hotmail.com
2. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, j_guerra@esPOCH.edu.ec
3. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, itapia@esPOCH.edu.ec
4. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, jose.morales@esPOCH.edu.ec
5. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ramirezjavier092@gmail.com

RESUMEN

Se desarrolló un prototipo electrónico inteligente de medición del consumo eléctrico a través de módulos de adquisición y procesamiento de voltaje, corriente, potencia y energía (APVCP&E), tiene la capacidad de detectar pérdidas no técnicas por hurto de energía eléctrica en las acometidas. El prototipo se implementó con un Arduino MEGA 2560 y una pantalla de cristal líquido (LCD) que permite visualizar información de voltaje, corriente RMS, potencia activa y el valor a pagar por consumo de energía, este último con la finalidad de incentivar al usuario en ahorro energético. El medidor inteligente permite la comunicación bidireccional vía internet entre la empresa proveedora de energía y el medidor, suministra información en tiempo real del consumo efectuado y si se está accediendo al servicio en forma legal. De forma remota la empresa puede conectar y desconectar el servicio a través de un *software* de control. Como resultado de las pruebas se concluye que el sistema puede medir valores RMS reales de voltaje con un error de ± 0.1 V y errores en corriente de ± 0.3 A, presentando una sensibilidad para corrientes AC despreciables. Se determinó que el prototipo puede sensar a distancias variables de hasta 30 m sin presentar alteración en sus medidas lo que asegura una detección correcta de las pérdidas no técnicas ocasionadas por hurto de energía. Se recomienda diseñar una página web para administrar en base de datos la información que recopila el prototipo, que permita evaluar el consumo histórico del cliente y originar respuestas inmediatas frente a problemáticas que se presenten.

Palabras Claves: Arduino, consumo de energía eléctrica, medidor de energía eléctrica, hurto de energía.



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

ABSTRACT

A smart electronic prototype to measure the electric consumption by acquisition modules and voltage processing, current, power and electric energy (APVCP&E) has been developed. It can detect non-technical loss when the electrical energy is being stolen in the supply connections. The prototype was implemented with an Arduino MEGA 2560 and a Liquid Crystal Display (LCD) which let us see voltage information, RMS (Root-mean-square) current, active power and the value to be paid by energy consumption. The last element is to encourage user to save energy. The smart meter offers bidirectional communication by internet between provider enterprise and the meter, supplies information in real time of the consumption and if it is legal. In a distant way, the enterprise can connect and disconnect the service by a controlling software. As a result, we concluded that the system can measure real RMS values of voltage with an error of ± 0.1 V and errors in current of ± 0.3 A, with a sensitivity for AC (alternating current) insignificant the prototype can detect to variable distance measures. It is a correct detection of not recommend to design ant currents. It is determined that s up to 30m without alteration in the echnic losses by energy theft. We n a web page to manage on a data basis the information rototype in order to evaluate the historical consumption of the client and give immediate replies to the problem.

Keywords: Arduino, electric power consumption, electric energy meter, energy theft.



1 INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía eléctrica a nivel mundial ocasiona que se busquen nuevas fuentes de energía y se planifiquen nuevos proyectos energéticos pero una vez en funcionamiento se presenta altos índices de pérdidas de energía eléctrica por diversos factores, llegando a nivel mundial a bordear los 290 TWh por año. En América Latina y el Caribe las pérdidas de energía en el año 2012 fueron de 100 TWh y se estima que para el año 2030 alcanzarán los 180 TWh. [1]. En el país las pérdidas se presentan debido a la arbitrariedad en los servicios básicos al buscar evadir su facturación y pago, especialmente de la luz eléctrica por la facilidad de conexión clandestina a la red. Estas son consideradas pérdidas no técnicas por hurto de energía eléctrica, que desembocan en graves pérdidas económicas para las empresas distribuidoras y al país, ya que se calculan que ascienden a millones de dólares anuales. En la ciudad de Riobamba no existe un sistema que prevea o controle al acceso clandestino al servicio de energía eléctrica [2] y cuya práctica presenta a quienes la realizan un riesgo de accidentes por manipulaciones inapropiadas de los equipos de medición o de las redes de baja tensión. Un problema adicional identificado al iniciar la investigación reveló que los usuarios desconocen el sistema de medición, la información suministrada por los medidores es cuantificada en KW/h, datos difíciles de relacionar con el valor a pagar por su consumo.

Se conoce que en el mercado mundial se ofertan medidores digitales, denominados *Smart-Meters* [4], que suministran y transmiten información eléctrica por diversos medios inalámbricos, a las empresas proveedoras de energía. A nivel del país se evidencia investigaciones y proyectos desarrollados que buscan reducir en algo el índice de las pérdidas de energía, pero que aún está sobre los límites permitidos [3]. Existen diversos estudios sobre la implementación de redes eléctricas inteligentes con dispositivos de medición automáticos que se comunican bidireccionalmente con la empresa suministradora. Muchos de estos ofrecen múltiples beneficios a clientes y empresas, pero se desconoce de dispositivos o investigaciones desarrolladas que detecten el fraude o hurto de energía en acometidas.

Por tal motivo esta investigación busca implementar un prototipo de medidor inteligente de energía eléctrica residencial que considere las pérdidas por conexiones clandestinas entre la toma de energía y en el medidor. El prototipo desarrollado pretende constituirse en una herramienta de ayuda para que las empresas eléctricas analicen los alcances y estudien la posibilidad de implementar nuevos medidores con estas características en pro de evitar el robo de energía, facilitar la supervisión y control en línea de sus abonados. La investigación desarrollada pretende ser el antecedente para impulsar trabajos futuros que



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

propongan soluciones prácticas a esta problemática que afecta directamente a la económica de la sociedad.

MÉTODOS

Se basa en un análisis histórico bibliográfico de datos relacionados con la problemática para establecer requerimientos funcionales *hardware* y *software*, con lo cual se planteó una concepción general del diseño acompañado del análisis detallado de cada parte que lo integra, del esquema electrónico y algorítmico que permiten la implementación final. Para la obtención y análisis de resultados se emplearon pruebas estadísticas, a continuación, se detalla el procedimiento seguido.

2 DESARROLLO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Del estudio se determinó que el prototipo de Medidor Inteligente de Energía Eléctrica Residencial (MIEER) debe satisfacer requerimientos como: bajo costo, fácil instalación, soportar condiciones ambientales severas, proporcionar mediciones exactas de corriente, voltaje y potencia. Detectar la manipulación en el medidor de energía, comunicar y facturar el fraude o hurto de energía en la acometida. Medir, acumular y visualizar en valores monetarios el consumo de energía eléctrica; suspender y reconectar el suministro en forma remota.

2.1 CONCEPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO MIEER

En la figura 1 se presenta la concepción general propuesta para el MIEER, en donde se aprecia la metodología para detección del hurto y cada una de las etapas que lo conforman.



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

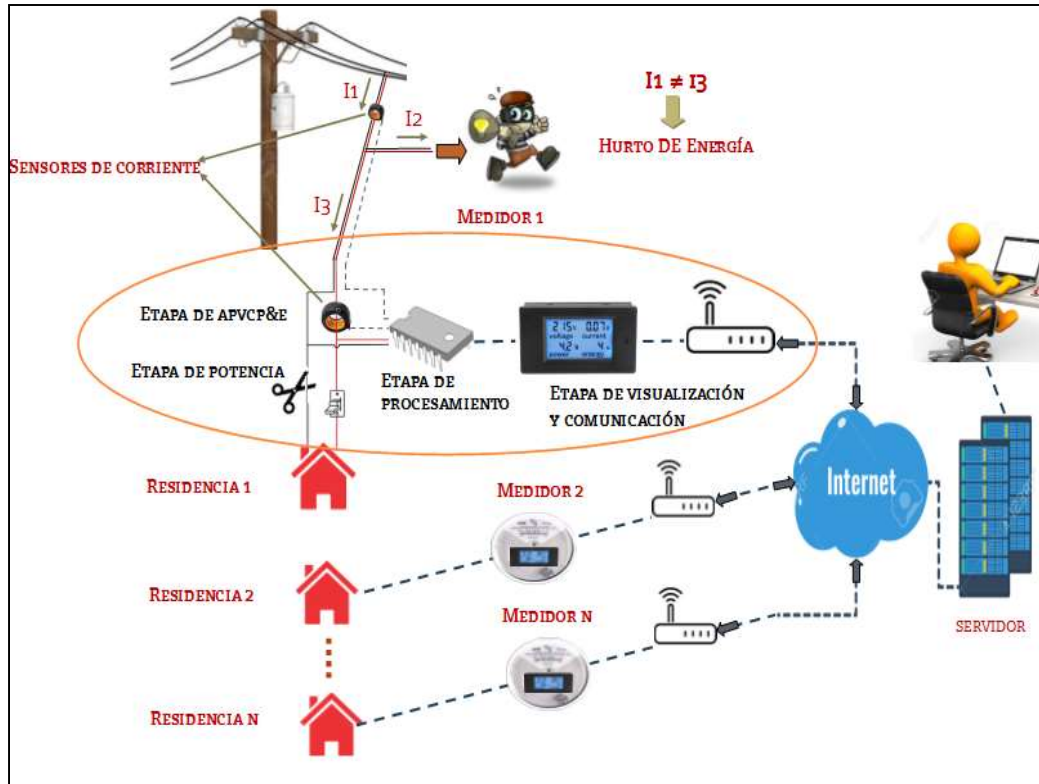


Figura. 1. Diagrama de la concepción universal del prototipo

Fuente: grupo de investigación

La primera etapa constituye la adquisición y procesamiento de señales de voltaje, corriente potencia y energía. La segunda etapa procesa toda la información adquirida por la etapa anterior por medio de la placa Arduino y controla a la etapa de visualización, comunicación y potencia. Para la detección de las Pérdidas no técnicas por hurto de energía (PNTHE) se requiere de dos sensores de corriente que delimitan la zona de vulnerabilidad. El procesador compara la corriente en la toma de energía cercana al poste y la corriente que llega al medidor. Si hay desigualdad se debe a una tercera corriente que es tomada ilegalmente en alguna parte del tramo de la comitada de energía. La etapa de visualización incluye una pantalla LCD que muestra los parámetros medidos, los errores suscitados y el estado actual del medidor, mientras que el piloto luminoso indica si existe pérdidas no técnicas por hurto de energía. El módulo Ethernet permite tener comunicación bidireccional entre el medidor y la empresa eléctrica. En último lugar se encuentra la etapa de potencia encargada de cortar y reconectar el suministro de energía eléctrica, así como de proteger de sobrecargas y cortocircuitos.



2.2 HARDWARE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

El MIEER está Basado en la tarjeta de desarrollo Arduino MEGA [5] y utiliza para la medición de parámetros eléctricos un circuito integrado SD3004 [6], encargado de la adquisición, procesamiento y medición de parámetros eléctricos. El sistema incluye una tarjeta electrónica procesadora PZEM-004T [7], y un sensor externo de corriente, para establecer la comunicación con internet se utiliza la Shield de Ethernet de la plataforma Arduino [8].

Una comunicación bidireccional permite enviar los parámetros de consumo, hurto de energía y recibir órdenes de corte o reconexión de suministro de energía eléctrica. Para la comunicación con el usuario el MIEER utiliza una pantalla cristal líquido (LCD) de 20x4 caracteres, la pantalla es controlada por medio del Arduino a través de la interfaz serial I2C [9], finalmente para indicar presencia de hurto de energía se activa un LED piloto de luz roja. Se controla el suministro de energía al domicilio mediante el procesador Arduino cuya señal es amplificada por un módulo de relés [10], que controlará la activación de un contactor bifásico que se encuentra en paralelo con un breaker monofásico unipolar cuya función es de proteger el domicilio de sobrecorrientes y de cortocircuitos. La alimentación del MIEER se establece mediante un conversor AC-DC de 5 voltios de salida [11], específicamente usa un adaptador de voltaje para celulares de la marca Apple cuyos diseños producen una alimentación de alta calidad y cuidadosamente filtrada para reducir las interferencias electromagnéticas. Además, incluye un circuito de desconexión por sobretensión. En la figura 2 se presenta el esquema de conexión electrónico del prototipo y en la figura 3 el esquema de conexión eléctrica.



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

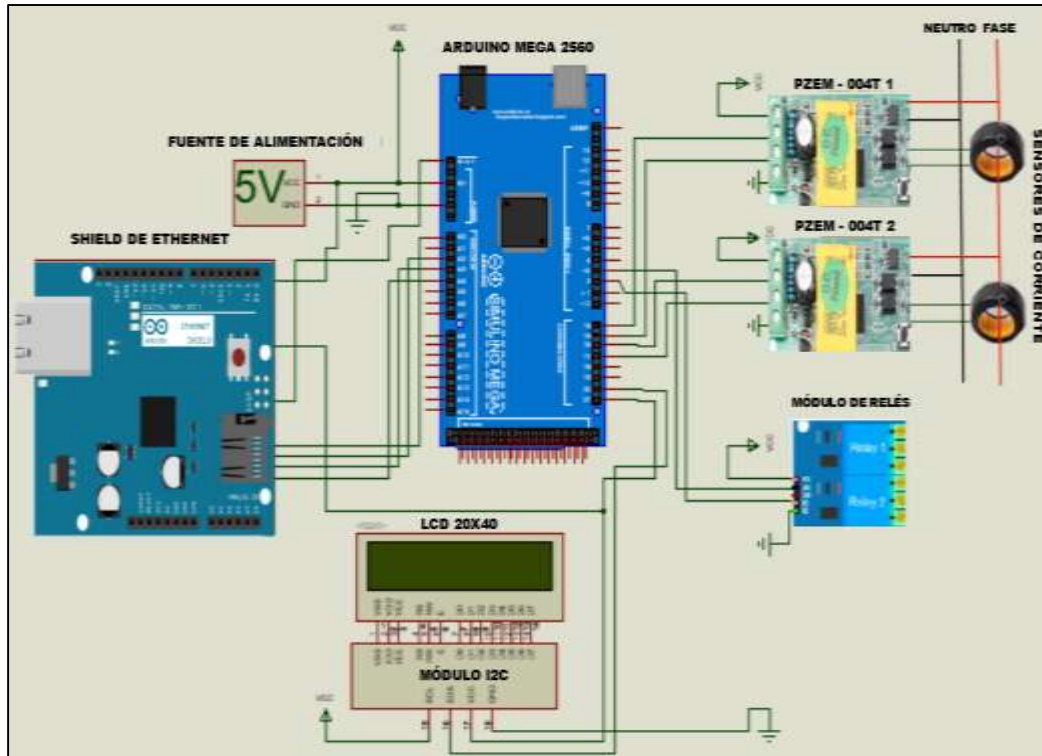


Figura. 2. Esquema de conexión electrónica del prototipo

Fuente: grupo de investigación

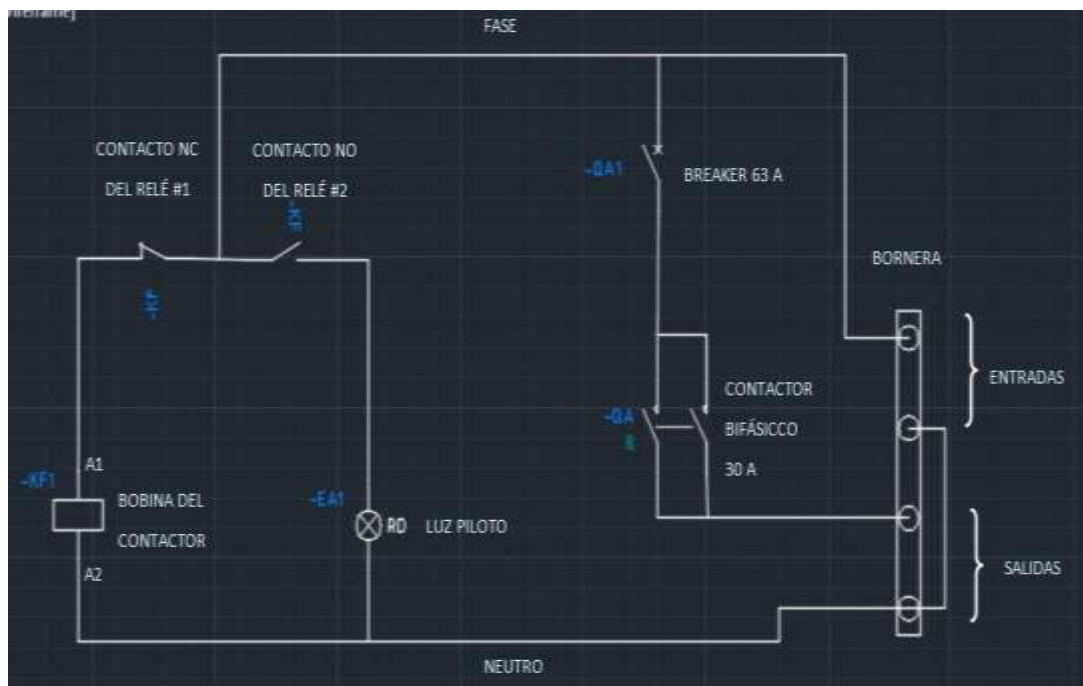


Figura. 3. Esquema de conexión eléctrica.

Fuente: grupo de investigación



2.3 SOFTWARE DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

El *software* se desarrolló con el IDE de la plataforma Arduino, que es basado en C++ y ofrece librerías para realizar operaciones específicas. Para la programación de la comunicación Ethernet se utilizó código HTML. El *software* del dispositivo se lo dividió en cuatro algoritmos dependiendo de cada etapa que compone y de los requerimientos del MIEER, como son: para la lectura de voltaje, corriente, potencia y energía; para la detección de PNTHE; para la visualización de información; para la comunicación bidireccional y control de la etapa de potencia, que en conjunto permiten:

- Adquirir datos de voltaje, corriente, potencia y energía a través del puerto serial de Arduino.
- Realizar un análisis de corrientes de ambos sensores para detectar hurto de energía y activa el indicador luminoso de hurto, se debe emitir señales de alerta en caso de fallo de algún sensor.
- Programar en un LCD la visualización de: voltaje, corriente y mostrar el cálculo de consumo de energía en valores monetarios.
- Establecer una comunicación bidireccional mediante la Shield de Ethernet que permita conocer a la ESEER el consumo actual de energía y el estado del fraude, y que active/desactive el corte del suministro de energía.

En la figura 4 se indica el diagrama de flujo de *software* para utilizar el protocolo Ethernet mediante la Shield de Arduino y el manejo de la etapa de potencia.

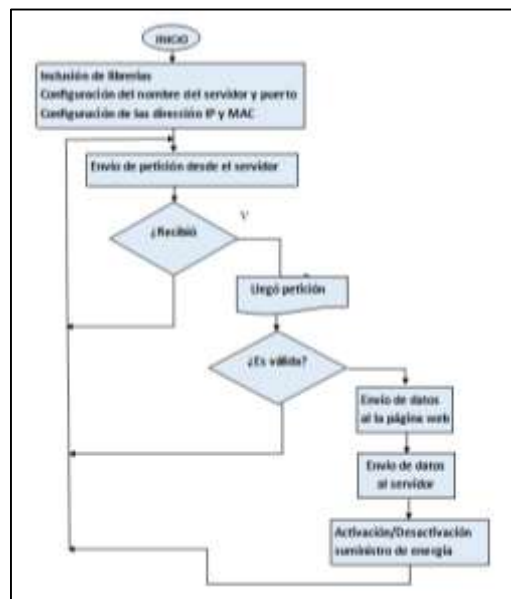


Figura. 4. Diagrama de flujo para la comunicación bidireccional y control de la etapa de potencia

Fuente: grupo de investigación



En la figura 6 se aprecia el prototipo del MIEER implementado para las pruebas de *software*



Figura. 6. Prototipo del MIEER implementado para las pruebas del *software*

Fuente: grupo de investigación

3 RESULTADOS

El prototipo implementado se muestra en la figura 5, el mismo que fue sometido a siete tipos de pruebas para validar su funcionamiento, las mismas que se detallan a continuación:



Figura. 5. Prototipo implementado: vista interna (figura izquierda) y externa (figura derecha)

Fuente: grupo de investigación



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

Comparación de mediciones de parámetros eléctricos. - Esta prueba determina la exactitud de las mediciones de voltaje y corriente. Se comparó con las medidas de un multímetro “True RMS UNIT-T UT204”, que muestra los valores de voltaje con una resolución de hasta un decimal, con un error de $\pm 10\text{mV}$. Y en mediciones de corriente presenta una resolución de 0.01 A en la escala de 0 a 40 A y de 0.1 A de 40 a 400 A con un error de $\pm 2\text{mA}$. Para las pruebas se tomaron 15 lecturas del prototipo implementado sometido a variación ascendentes de voltaje AC e igual número de medidas aplicando al prototipo cargas variables con valores que van de 0.05 A hasta 60 A que le permite la protección. En la figura 6 se muestra la medición obtenida en una prueba.

Como resultado de las pruebas se verificó que el prototipo puede medir valores de voltaje con errores absolutos máximos de $\pm 100\text{mV}$ y de corriente de ± 0.3 A. Es sensible incluso para corrientes AC despreciables para el objetivo que persigue el prototipo implementado.



Figura. 6. Prueba de Mediciones de voltaje

Fuente: grupo de investigación

Comprobación de igualdad de mediciones entre módulos de APVCP&E.- La prueba consiste en verificar que las mediciones de consumo son iguales en los módulos de APVCP&E, para ello se conectaron a la misma fuente de energía y cargas idénticas a sus sensores, consecuentemente se tomaron datos de voltaje, corriente, potencia y energía de forma simultánea. Los resultados obtenidos de determinan errores máximos de 0.4 V, 0,3 A, 9 W y 0 Wh respectivamente. Se determinó que los errores absolutos de corriente y potencia incrementan proporcionalmente a la cantidad de carga conectada



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

mientras que no existe error absoluto para las mediciones de consumo de energía con lo que se concluye que las mediciones en ambos módulos son iguales. En la figura 7 se muestran los datos obtenidos al supervisar el puerto serial de prototipo.

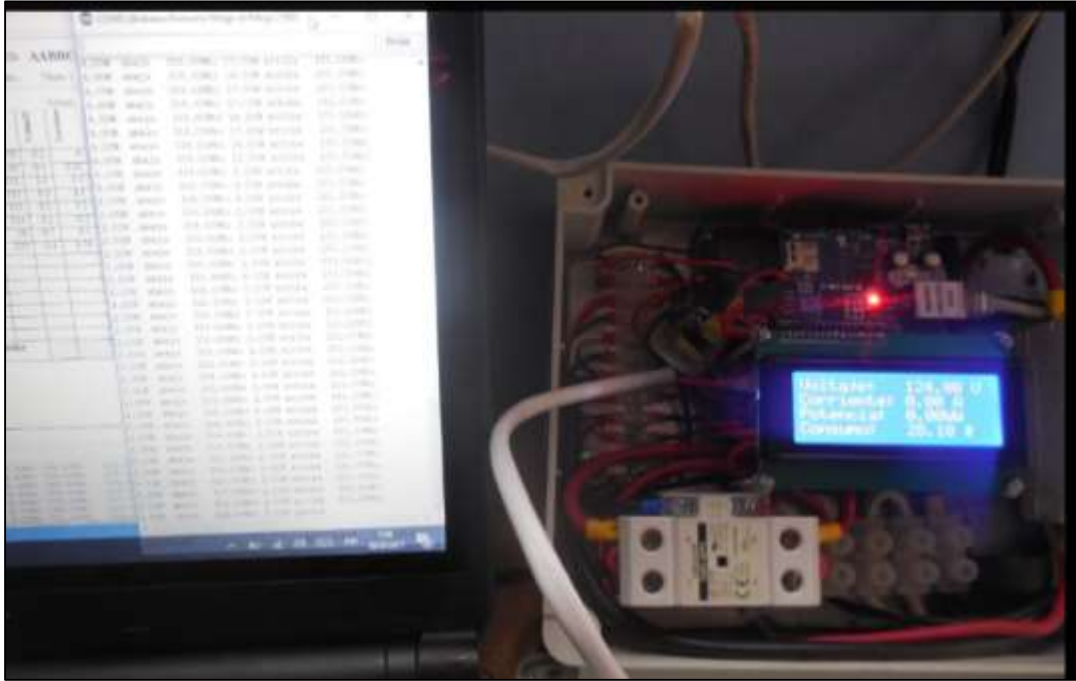


Figura. 7. Datos obtenidos al supervisar el puerto serial del prototipo.

Fuente: grupo de investigación

Prueba de repetitividad de datos. - Busca determinar la estabilidad de equipo, para esto se tomaron 10 lecturas de voltaje, corriente, potencia y energía con un intervalo de tiempo de tres segundos ante una carga constante de 2 W. Con la ayuda del Software CalCasioFx9860, se calculó la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación en cada uno de los parámetros eléctricos. De su análisis estadístico se determinó que coeficiente de variación máximo es de 0.24%. Lo que permite concluir que el prototipo implementado se encuentra dentro de los niveles de estabilidad [12].

Verificación de mediciones tomando en cuenta la longitud de la acometida. -El objetivo de esta prueba fue determinar que no existe variación en las mediciones de los sensores de corriente al situarlos a diferentes longitudes, para lo cual se tomaron 10 muestras de corriente ubicando al sensor a distancias variables de acometida. En esta prueba se ubica el sensor a 0, 5, 10, 20 y 30 metros de distancia haciendo circular una corriente de 0.06 A y 50A a través del conductor de la acometida. Se obtiene el coeficiente de variación de 1.8% para la corriente de 0.06 A y de 0.14% para la de 50 A lo muestra que no se presenta atenuación de la señal enviada por los sensores en distancias de hasta 30 m. [12].



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

Prueba de detección de hurto de energía. - El objetivo de esta prueba fue determinar si el MIEER detecta hurto de energía, para esta prueba el prototipo fue sometido a diferentes formas de acceso ilegal de energía en la zona vulnerable al colocar conductores que permitan tomar energía, o realizando un *bypass* entre la entrada y salida de la fase dentro del medidor. Se realizó 10 ensayos colocando cargas variables en la zona vulnerable y se verificó el estado del piloto indicador de hurto de acuerdo a la diferencia en las mediciones de potencia. De las pruebas se concluye que el equipo detecta el hurto de energía cometido dentro de la zona vulnerable.

Comparación del prototipo implementado con el medidor tradicional. - El objetivo de esta prueba es comparar la eficiencia en medición de consumo del MIEER con el medidor tradicional de la EERSA. Para este análisis se comparó 15 medidas diarias de consumo eléctrico en kW/h del prototipo MIEER y las de un medidor tradicional que se llevó a cabo en una residencia con consumo moderado. Para calcular el consumo diario se obtiene la diferencia del consumo actual menos el consumo anterior en ambos medidores. Las pruebas se las realizaron durante 15 días y los resultados se muestran en la tabla I. Del día 1 al 6 se determina un error mínimo de -0.2 y máximo de 0.5 kWh a partir del día no presenta error absoluto en las mediciones. El prototipo mide el consumo en Wh hasta 9.99 kWh a partir de los 10 se utilizan las unidades de kW/H, por ello las primeras mediciones son más exactas en comparación con el medidor tradicional. Después de los 10 kWh el error absoluto es 0 kW es decir el prototipo mide el mismo consumo que el medidor tradicional. Se concluye que de esta prueba realizada el MIEER no tiene porcentaje de error en las mediciones de energía mayores a 10 kW en relación al medidor tradicional.

TABLA I.- COMPARACIÓN DE MEDICIONES DE CONSUMO DE ENERGÍA MIEER CON EL MEDIDOR TRADICIONAL

Día	Medidor tradicional (kW/H)	MIEER (kW/H)	Error Absoluto (kWh)
------------	-----------------------------------	---------------------	-----------------------------



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

1	1072	0	0	0	0
2	1074	2	2.201	2.201	-0.201
3	1076	2	4.299	2.098	-0.198
4	1079	3	7.491	3.192	-0.192
5	1082	3	9.949	2.458	0.542
6	1085	3	13	3.151	-0.151
7	1088	3	16	3	0
8	1090	2	18	2	0
9	1093	3	21	3	0
10	1096	3	24	3	0
11	1101	5	29	5	0
12	1105	4	33	4	0
13	1109	4	37	4	0
14	1112	3	40	3	0
15	1116	4	44	4	0

Fuente: grupo de investigación

Pruebas de comunicación entre MIEER y el INTERNET. Para ello se elaboró una página web de prueba programada mediante lenguaje HTML que al no ser parte de los requerimientos permitirá controlar remotamente el suministro de energía y la visualización de la misma. Se conectó el MIEER y un computador a una red LAN y se ingresó a la página programada, inmediatamente el valor de consumo de energía y el estado de hurto se visualizó en la página, también desde la página se controló el la activación/desactivación del suministro de energía pulsando los botones de la página que se muestra en la figura 8-3, concluyéndose que el medidor puede comunicarse bidireccionalmente con una Empresa Suministradora de Energía Eléctrica de la región (EESER) a través de una página web que trabaje con los protocolos de comunicación ETHERNET.



Figura. 8. Pruebas de comunicación bidireccional a través de Internet

Fuente: grupo de investigación

Prueba de cálculo de consumo de energía en valores monetarios. La prueba consiste en comparar el valor de consumo generado por el prototipo y el valor calculado de forma manual para lo cual se utilizó 15 lecturas de energía, acumuladas cada 24 horas, los resultados de esta prueba se muestran en la tabla II, El error absoluto aparece en cinco valores y se debe al error de redondeo del prototipo que establece un valor de \$ 0.01 dólares menos en el 25% de los cálculos.

TABLA II. Prueba de cálculo de consumo en valores monetario

kWh	Cálculo prototipo (\$)	Cálculo manual (\$)	Error Absoluto (\$)
1072	113.43	113.43	0
1074	113.64	113.64	0
1076	113.85	113.85	0
1079	114.16	114.17	-0.01
1082	114.47	114.48	-0.01
1085	114.79	114.79	0



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

1088	115.10	115.11	-0.01
1090	115.31	115.32	-0.01
1093	115.62	115.63	-0.01
1096	115.94	115.94	0
1101	116.46	116.46	0
1105	116.88	116.88	0
1109	117.30	117.30	0
1116	118.03	118.03	0
1120	118.45	118.45	0

Fuente: grupo de investigación

Prueba de almacenamiento de datos.- El objetivo de esta prueba es comprobar que el valor almacenado de consumo no varíe ante cortes de energía eléctrica, para ello se procedió a verificar previamente el valor del consumo. Se sometió al dispositivo a varios cortes del suministro de energía eléctrica en periodos de tiempo de 15, 30, 45 min y por 24 horas. De las pruebas se comprobó que el prototipo implementado tiene la capacidad de mantener los valores frente a la pérdida de energía.

4 CONCLUSIONES

- Se implementó un medidor inteligente de energía eléctrica capaz de reconocer fraude o hurto de energía tanto en la acometida como dentro del medidor, utiliza tecnología Ethernet como medio de comunicación con la EESER y permite visualizar voltaje, corriente, potencia y consumo de energía en valores monetarios.
- Se comprobó que el sistema puede medir valores reales RMS de voltaje con un error de ± 0.1 V y de corriente con un error de ± 0.3 A cuando las cargas son altas y es sensible incluso para corrientes AC despreciables similares a la de un cargador de celular. Se pueden medir cargas de hasta 100 A, aunque el breaker solo limita a un consumo de 63 A; y voltajes de hasta 260 V, pero con igualdad de cargas en ambas fases.
- Se determinó que el prototipo implementado puede medir el consumo en Wh hasta 9.99 kWh a partir de los 10 se utilizan las unidades de kW/H, no presenta un porcentaje de error en las mediciones de energía mayores a 10 kW al ser comparado con el medidor tradicional.



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

- Se demostró que el prototipo implementado puede tomar pueden tomar lecturas de corriente en distancias variables de hasta 30 m sin presentar alteración en sus medidas y tiene la capacidad de mantener los valores registrados frente a la pérdida de energía.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jimenez, r., Serebrisky, t. & Mercado, j. “*Electricidad Perdida*”. [En línea]. Banco Interamericano de Desarrollo Disponible en: www.iadb.org/intal/intalcdi-/PE/2016/15969es.pdf
- [2] Ruiz, J.,. Análisis de pérdidas no técnicas en la Empresa Eléctrica Riobamba SA. [Entrevista] (15 junio 2017).
- [3] Tama, A. “*Las pérdidas de energía eléctrica*”. [En línea]. Revista *CRIEEL* 2014. [Consulta: 08 de octubre del 2016]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/albertama/las-prdididas-de-energa-elctrica>. pp. 14-16.
- [4] Jaramillo, N. “Una aproximación a la adopción de medidores inteligentes en el mercado eléctrico colombiano y su influencia en la demanda”. (Tesis de Magíster). Universidad Nacional de Colombia. Medellín.2013.
- [5] Guerra, J. “Diseño e implementación de un sistema inalámbrico para el monitoreo en línea del microclima de invernaderos Artesanales”. (Tesis). (Maestría). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana, Cuba. 2015. p 21
- [6] Changhe, R. *SD3004* [En línea] Hangzhou SDIC Microelectronics Co., Ltd. [Consultado el 25 de junio del 2017]. Disponible en: <http://www.sdicmicro.com/products.html?ic=SD3004>
- [7] Pacefair, “AC digital display Multifunction Meter Product Type: PZEM-004T”. [En línea] [Consulta: 18 de noviembre del 2016]. Disponible en: <https://www.circuitspecialists.com/content/189799/ac004.pdf>
- [8] Chamba, J. “Diseño e implementación de un sistema de medición de energía eléctrica inteligente para uso doméstico”. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja. Loja 2014. p 27.
- [9] Giltesa, “*Pantalla LCD por comunicación I2C para Arduino*” [blog]. 2014]. [Consulta: 18 de marzo del 2017]. Disponible en: <https://giltesa.com/2014/02/18/pantalla-lcd-por-comunicacion-i2c-para-arduino#comments>
- [10] Etolocka, “*Módulo de 4 relés para Arduino* “ [blog]. [Consulta: 12 de marzo del 2017]Disponible en: <http://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/>



Implementación de un prototipo de medidor de energía eléctrica residencial considerando la reducción de pérdidas no técnicas por hurto

Revista Publicando, 5 No 15. (1). 2018, 66-82. ISSN 1390-9304

- [11] Shirriffs, K. “Apple iPhone charger teardown: quality in a tiny expensive package”. [blog]. [Consulta: 28 de abril del 2017]. Disponible en: <http://www.righto.com/2012/05/apple-iphone-charger-teardown-quality.html>
- [12] Armitage, p. & berry, G. Estadística para la Investigación Biomédica. Tercera Edición ed. 1997 Madrid, España: Harcourt Brace, p 85.