

# AVANCES EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL RELEVAMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL USANDO TECNOLOGÍA GSM/GPRS <sup>1</sup>

Guillermo A. Fernández <sup>2</sup>; Luis A. Urbani <sup>3</sup>; Claudio D. Kruberto <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trabajo de desarrollo tecnológico, convocatoria Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo 2014 (Res SPU 3546), Facultad de Ingeniería, UNaM.

<sup>2</sup> Director, Ingeniero Electrónico, [fernandez@fio.unam.edu.ar](mailto:fernandez@fio.unam.edu.ar)

<sup>3</sup> Integrante, Estudiante Ingeniería Electrónica, [ctt.urbani@gmail.com](mailto:ctt.urbani@gmail.com); [claudiokruberto@yahoo.com](mailto:claudiokruberto@yahoo.com)

## Resumen

En su mayoría las empresas prestadoras del servicio eléctrico de nuestra región, efectúan la facturación de la energía consumida en las residencias, tomando el estado mensual del medidor de cada usuario. Esta tarea es realizada por personal de la empresa que recorre una vez al mes todos los domicilios registrando los valores medidos de energía consumida. Para realizar esta actividad, las empresas afectan a su personal técnico a dicha tarea. Esto no solo implica costos adicionales para la facturación, sino también un mal aprovechamiento del recurso humano. Estos inconvenientes pueden reducirse a través de la medición automatizada del estado de cada medidor. Atendiendo a esto, el presente trabajo propone la implementación de un sistema para el relevamiento del consumo de energía eléctrica residencial, empleando tecnología GSM/GPRS. El sistema propuesto posee un emisor por cada usuario y un receptor en la estación central donde es facturada la energía eléctrica consumida. Cada emisor periódicamente envía un mensaje de texto, que contiene el estado del medidor del usuario. De esta forma el receptor registra el consumo de cada residencia. A continuación se presentan los avances en el desarrollo de un prototipo para el sistema mencionado. Se muestran los resultados de las etapas de diseño y construcción del mismo y las experiencias de operación en condiciones controladas de laboratorio.

**Palabras Clave:** *Energía eléctrica – Tecnología GSM/GPRS – Consumo de energía.*

## Introducción

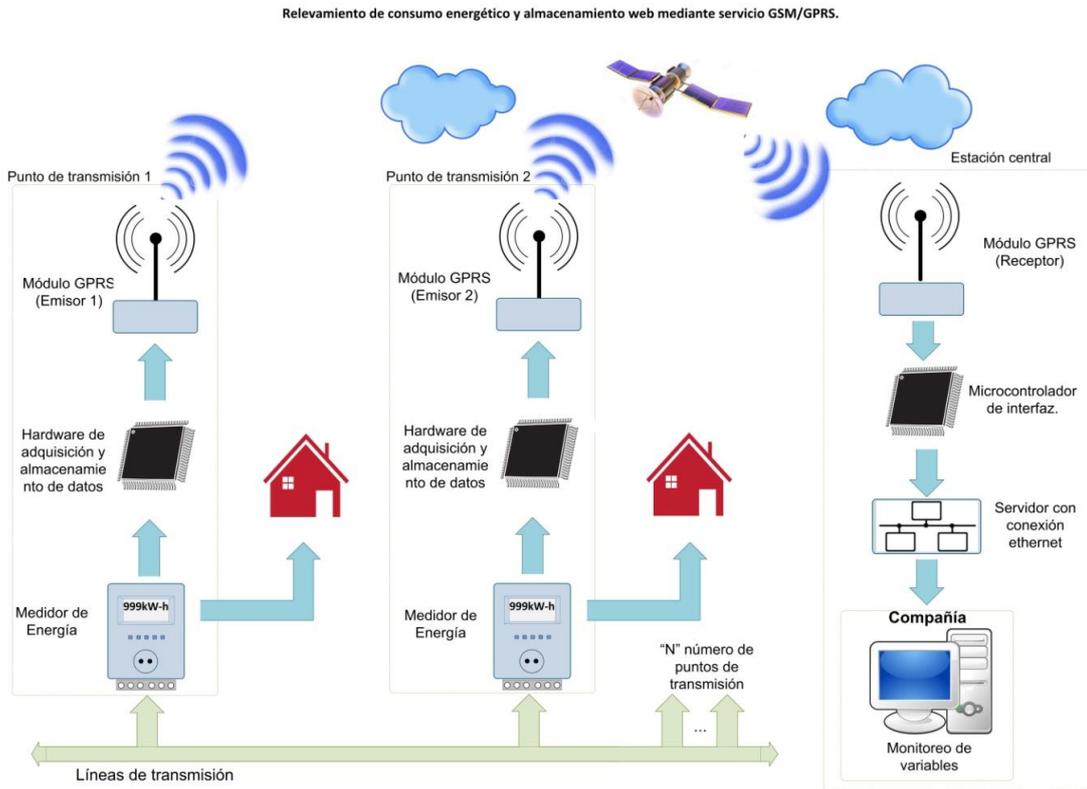
Desde que la energía eléctrica es comercializable, las empresas prestadoras del servicio eléctrico han implementado distintas formas de medir la cantidad que el usuario utiliza. En nuestra región es común el uso de medidores electromecánicos y más recientemente de medidores electrónicos. Para saber el consumo mensual de energía, la compañía proveedora del servicio dispone de empleados que recorren los domicilios cada cierto tiempo tomando la lectura de cada medidor. Este mecanismo de recolección de datos no es práctico, ya que implica el desaprovechamiento de recursos humanos y gastos en la movilización de personal. En países más desarrollados, el creciente interés por las redes inteligentes los ha llevado a implementar sistemas en los cuales los medidores son capaces de comunicar en forma autónoma sus mediciones a una estación central remota, donde se procede a la facturación del consumo (DECC, 2015). Si bien estos medidores modernos presentan un costo inicial mayor que los medidores convencionales, la empresa prestadora del servicio eléctrico puede aprovechar mejor su personal y disminuir los costos para efectuar la facturación del consumo (Weranga et al, 2014).

Atendiendo a esto, el presente trabajo tiene por objetivo el desarrollo del prototipo de un sistema de medición automática del consumo de energía eléctrica residencial usando tecnología GSM/GPRS. Este trabajo constituye un avance que podrá tomarse como

referencia a futuro, para el diseño de un producto comercial que pueda ser fabricado con componentes económicos y de fácil adquisición en el mercado local. A continuación se describe las partes constitutivas, la operación del sistema propuesto y los ensayos de laboratorio efectuados.

## Metodología

El sistema propuesto se encuentra constituido por un emisor en cada usuario y un receptor central que adquiere las mediciones. Esto puede observarse en la Figura 1.



**Figura 1: Esquema del sistema de relevamiento del consumo de energía eléctrica residencial.**

El hardware de adquisición y almacenamiento indicado en la Figura 1, se encarga de registrar periódicamente las lecturas del medidor. Cuando se hayan obtenido un cierto número de lecturas, las mismas son enviadas a la estación central mediante el módulo GPRS. De esta forma, el servidor de la compañía almacena en una base de datos los registros de consumo de todos sus usuarios.

Cabe mencionar que hasta el momento, el prototipo desarrollado cubre el punto de transmisión del sistema indicado en la Figura 1. Para el mismo se ha desarrollado un circuito destinado a la medición de tensión y corriente, y un algoritmo para el cálculo de la tensión y corriente eficaz. Dentro de los ensayos realizados se ha comprobado el funcionamiento del circuito, observando mediante el osciloscopio digital las formas de onda de la tensión y corriente medidas. En el caso del algoritmo de cálculo de tensión y corriente eficaz, se han comparado los valores proporcionados por el prototipo con los indicados por un multímetro digital. Para esta experiencia, la tensión a medir se varió con un autotransformador y las mediciones efectuadas por el prototipo se visualizaron mediante una computadora conectada a su interfaz serie.

En cuanto a la transmisión de datos a través del módulo GPRS, se desarrolló un algoritmo capaz de enviar valores arbitrarios que simulaban ser las mediciones de energía efectuadas.

El resultado de la comunicación fue comprobado a través del mensaje recibido en un teléfono celular particular.

## Resultados y Discusión

En el prototipo desarrollado, cada punto de transmisión de la Figura 1, está constituido por un microcontrolador conectado a una placa de sensado y a un módulo de comunicación GPRS. El microcontrolador escogido es un ATmega 2560, fabricado por la firma Atmel (Atmel, 2014). Este dispositivo se encuentra montado en una plataforma digital, comercializada con el nombre de Arduino MEGA. Se ha seleccionado esta plataforma debido a la facilidad y rapidez con que pueden desarrollarse prototipos de sistemas electrónicos programables, como el que se presenta en este trabajo. En cada punto de transmisión, el Arduino realiza las operaciones de cálculo de tensión y corriente eficaz, potencia activa y energía consumida. Esto se efectúa a través de una placa de sensado, la cual mide y adquiere periódicamente los valores de tensión de red y de corriente. Estos valores son demandados por el Arduino, para efectuar los cálculos mencionados. La operación de la placa de sensado, es gobernada por un microcontrolador PIC12F675 de la firma Microchip (Microchip, 2010). Las cantidades adquiridas por este dispositivo, son convertidas a un número digital que se transmite al Arduino mediante una interfaz de comunicación serie asincrónica aislada eléctricamente con optoacopladores, a los efectos de proteger al Arduino ante eventuales daños en la placa de sensado. Para realizar la adecuación de las magnitudes de tensión y corriente en cada punto de transmisión, se emplea un transformador reductor y un sensor de efecto Hall integrado modelo ACS712 (fabricado por la firma Allegro) respectivamente. El acondicionamiento de la señal de tensión se logra con un amplificador de instrumentación armado con componentes discretos. El sensor de corriente posee una etapa de acondicionamiento interna, la cual entrega una señal de salida compatible con el conversor analógico digital del PIC12F675.

El módulo de comunicación que posee cada punto de transmisión, es una placa prefabricada basada en el modem GSM SIM900. El Arduino comanda la operación de la misma, a través de comandos AT enviados por una interfaz de comunicación serie (SIMCom, 2013). Los comandos utilizados permiten que el Arduino consulte la hora del modem y envíe mensajes de texto a la estación central que también está provista de un módulo GSM como lo muestra la Figura 1.

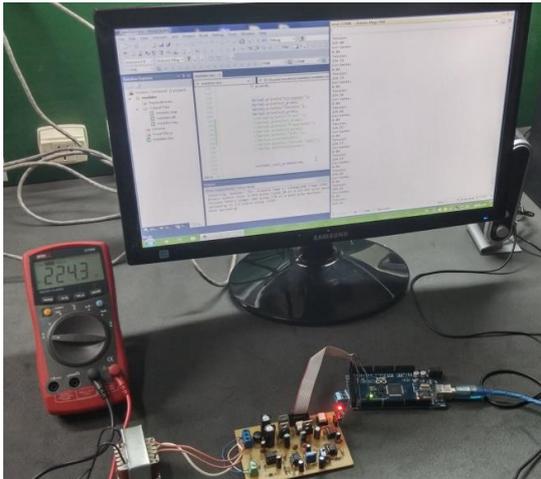
La operación del sistema propuesto, se puede describir como sigue: el Arduino pide cierta cantidad de valores instantáneos de tensión y corriente a la placa de sensado. La frecuencia con la que se requieren estas muestras es tal que tienen 16 puntos por cada periodo de la onda de 50 Hz de la tensión de red o la corriente de carga. El periodo de muestreo de estas variables resulta ser de 1,25 ms. Cada vez que el Arduino recibe una muestra (tensión o corriente), la eleva al cuadrado y acumula el resultado. Cuando se tienen 128 acumulaciones, este número se divide por 128 y su raíz cuadrada resulta ser una aproximación del valor eficaz de la señal muestreada, como se muestra en la ec. (1).

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{128} \sum_{n=1}^{128} (v_n)^2} \quad ; \quad I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{128} \sum_{n=1}^{128} (i_n)^2} \quad (1)$$

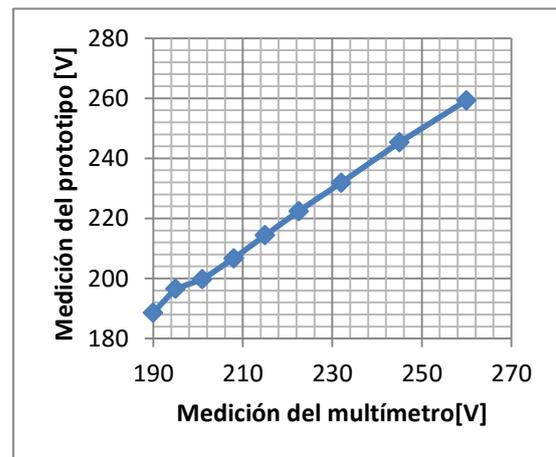
La potencia activa se calcula almacenando el producto de la muestra de la tensión  $v_n$  por la muestra de corriente  $i_n$ . Luego de 128 acumulaciones, el promedio de este valor es la potencia activa calculada con la ec. (2).

$$P = \frac{1}{128} \sum_{n=1}^{128} (v_n \times i_n) \quad (2)$$

El ensayo para la evaluación del algoritmo de cálculo de tensión eficaz, se observa en la Figura 2. Los resultados obtenidos, que fueron comparados con las mediciones registradas por un multímetro, se muestran en la Figura 3. Como puede observarse en la misma, dentro del rango de tensiones consideradas normales para el sistema eléctrico, las mediciones realizadas por el prototipo, son muy similares a las obtenidas con el multímetro. La placa de sensado desarrollada para efectuar las mediciones de corriente y tensión con el prototipo propuesto, se muestra en la Figura 4.



**Figura 2: Evaluación de algoritmo de medición.**



**Figura 3: Resultados de la evaluación del algoritmo de medición.**

Para el cálculo de energía consumida, el algoritmo desarrollado para el Arduino, acumula el valor de potencia activa. Siendo que este valor está expresado en Watts, acumularlo cada segundo equivale a contar la energía consumida en Joules.

En cada punto de transmisión, el consumo de energía actual, la potencia activa, la tensión y corriente eficaz se almacenan en la memoria del Arduino dentro de unas bandas horarias prefijadas. Esto se hace para contar con un registro diario del estado de consumo de energía. Para efectuar esto, el Arduino consulta el horario al módulo GPRS, aproximadamente cada 50 minutos. Si la hora actual se encuentra dentro de alguna de las bandas prefijadas, se guardan las lecturas. Si la hora actual está dentro de la última banda, se envía a la estación central un mensaje de texto con los registros de todo el día. Luego, el registro de mediciones en el Arduino se borra, dejando espacio a nuevas mediciones.

Los mensajes son recibidos por un módulo GPRS en la estación central, manejado por una computadora que oficia de servidor. Los programas que corren en el servidor, le permiten recuperar las mediciones contenidas en los mensajes y almacenarlos en una base de datos. Esta información puede recuperarse para realizar la facturación de la energía correspondiente. En la Figura 5 se puede apreciar una prueba del módulo de GPRS enviando un mensaje a un teléfono celular.



Figura 4: Placa de sensado.



Figura 5: Prueba del modulo de comunicaci3n.

## Conclusiones

En base a los resultados obtenidos durante los ensayos descritos, se puede concluir que el prototipo construido tiene el potencial para convertirse en un dise1o de referencia para un medidor comercial. La integraci3n del sistema de comunicaci3n le confiere al medidor la capacidad de reportar sus registros de forma aut3noma, ahorrando costos para la compa1a prestadora del servicio. Adem1s al tener mediciones con m1s frecuencia, pueden adoptarse cuadros tarifarios dependientes de la banda horaria, promoviendo un uso m1s racional de la energ1a el3ctrica. El registro de la potencia activa, tensi3n y corriente permite realizar el c1lculo del factor de potencia para un momento dado. Este conocimiento permitir1a adoptar medidas para la compensaci3n del factor de potencia en consumos domiciliarios.

En s1ntesis, el trabajo propuesto es una contribuci3n para el futuro desarrollo de redes inteligentes en nuestro pa1s.

## Referencias

- Atmel Corporation. (2014). *ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561/V-Datasheet*. [http://www.atmel.com/images/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/images/atmel-2549-8-bit-avr-microcontroller-atmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf). Consultado en Marzo de 2015.
- Department of Energy & Climate Change. (2015). *Smart Metering Early Learning Project: Synthesis report*. Research conducted for DECC by the Environmental Change Institute, Oxford, the University of Ulster, and the Tavistock Institute.
- Microchip Technology Inc.. (2010). *PIC12F629/675 Data Sheet*. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41190G.pdf>. Consultado en Marzo de 2015.
- SIMCom. (2013). *SIM900 AT Command Manual*. [http://www.simcom.ee/documents/gsm-gprs/sim900/SIM900\\_AT%20Command%20Manual\\_V1.09.pdf](http://www.simcom.ee/documents/gsm-gprs/sim900/SIM900_AT%20Command%20Manual_V1.09.pdf). Consultado en Marzo de 2015.
- Weranga K., Kumarawadu S. & handima D. (2014). *Smart Metering Design and Applications*. Singapur: Springer.