

# Medición de corriente eléctrica de casa habitación con tecnología optoelectrónica

## Electrical current measurement of room house with optoelectronic technology

Jorge Luis Camas Anzueto (1),  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México  
[jcamas@ittg.edu.mx](mailto:jcamas@ittg.edu.mx).

Sergio Mendoza Vázquez (2), Universidad Autónoma de Chiapas, [smendoza@unach.mx](mailto:smendoza@unach.mx).

Rubén Grajales Coutiño (3), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[rubngc@hotmail.com](mailto:rubngc@hotmail.com).

Héctor Ricardo Hernández de León (4), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[hhernandezd@ittg.edu.mx](mailto:hhernandezd@ittg.edu.mx).

Vicente León Orozco (5), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[vleon@ittg.edu.mx](mailto:vleon@ittg.edu.mx).

Joel Gómez Pérez (6), Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez-Tecnológico Nacional de México,  
[jgomezp@ittg.edu.mx](mailto:jgomezp@ittg.edu.mx).

**Artículo recibido en noviembre 05, 2016; aceptado en diciembre 02, 2016.**

### Resumen.

*En este artículo se presenta un diseño optoelectrónico de un medidor digital de corriente eléctrica en casas habitación que utilizan medidores de disco. Se describe paso a paso el procedimiento con el cual el circuito funciona, a través de un diagrama a bloques. Se analiza la ventaja ante los medidores convencionales que CFE (Comisión Federal de Electricidad) tiene instalados en una casa-habitación en México. En el diseño propuesto se destaca la importancia de las aplicaciones de los microcontroladores en su momento, ya que toda la información es manejada o controlada por un microcontrolador PIC16F877. Este microcontrolador consta de un cristal externo como oscilador con una frecuencia de 4Mhz. El diseño presenta la información en una pantalla de cristal líquido (Liquid Crystal Display, LCD). Además, se utiliza una interrupción de luz como contador para cuantificar la corriente eléctrica de la casa-habitación.*

**Palabras clave:** corriente eléctrica, medidor digital, tecnología optoelectrónica.

### Abstract.

*This work, presents an optoelectronic digital meter of electrical current. The development of this design is described step by step with diagram to blocks. The advantage over conventional meters of CFE (Comisión Federal de electricidad) and the design proposed are analyzed. Information in the optoelectronic design is controlled by Microcontroller PIC16F877. This Microcontroller uses an external crystal as an oscillator with a 4 MHz frequency. The information is shown in a LCD (Liquid Crystal Display). In addition, to quantify the electrical current was necessary an interruption of light.*

**Keywords:** electrical current, digital meter, optoelectronic technology.

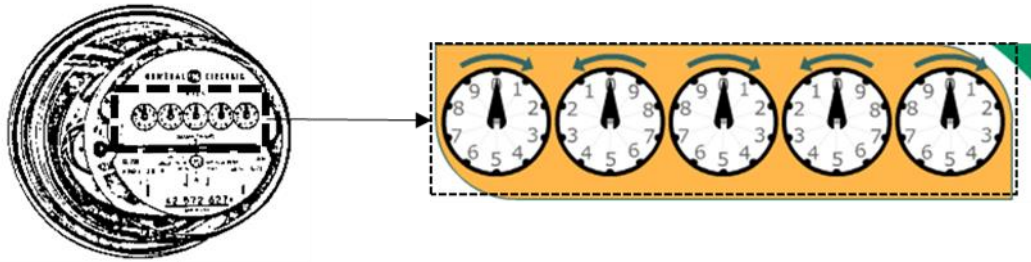
## 1. Introducción.

Un medidor o wathorímetro es un pequeño motor de inducción diseñado para medir energía eléctrica. El par en el medidor es producido por un electroimán llamado estator, el cual tiene dos juegos de devanados. Un devanado, llamado bobina de potencial, el otro devanado llamado bobina de corriente.

Estas dos bobinas, están arregladas de tal manera que sus campos magnéticos producen una fuerza en el disco del medidor la cual es directamente proporcional a la potencia de la carga conectada. El número de waththoras medido por cada revolución del disco se le conoce como constante del medidor o Kh. Las revoluciones del disco son contadas y presentadas a través de engranajes apropiados como kilowaththoras en el registro de waththorímetro (Angoa, 2012). La fórmula fundamental del waththorímetro puede escribirse como: Waththoras = Revoluciones del disco x Kh.

Existen medidores monofásicos y polifásicos (bifásicos y trifásicos). De acuerdo al consumo de potencia de las casas-habitación los waththorímetros usados en ellas son los de tipo monofásico y bifásico. Regla de la mano derecha, ley de los polos magnéticos y ley de inducción de Faraday.

Los medidores tienen una estructura en la cual se indica el consumo de kilowatts de manera mecánica mediante engranes que mueven manecillas similares a las de un reloj (fig. 1), sabemos que en la actualidad el ser humano ha comenzado a digitalizar su entorno, por lo que es necesario establecer sistemas de control e instrumentación que vayan a la par de la tecnología que se demanda hoy en día, es por ello que en este trabajo se da una alternativa para cambiar la presentación del consumo de corriente a una forma digital, además de incrementar la información presentada, como lo es el pago por los KWh y el consumo de aparatos específicos.



**Figura 1.** Manecillas del medidor común.

En este trabajo se presenta un medidor digital de corriente que proporciona una lectura a una persona con mayor facilidad que un medidor que CFE tiene en cada casa-habitación (figura 1). En este diseño se cuenta con un microcontrolador que utiliza un sistema digital, y con una programación adecuada es capaz de realizar diferentes actividades que requiera un sistema digital y de control. Para la presentación de la información se dispone del LCD, el cual es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos y se pueden representar 256 caracteres diferentes (Angulo et al., 2003; Hill & Peterson, 2007; Tohkheim, 1994). Dentro de los sistemas de medición que utilizan tecnología optoelectrónica se han reportado diferentes métodos, los cuales utilizan MEMS, Magnetoresistance, Magneto-optic entre otros (Camas et al., 2013; Son et al., 2016; Dabek et al., 2016; Huang et al., 2016; García et al., 2016).

La confiabilidad de este diseño es considerablemente fiable presentando información de consumo en KW-HR (Kilo-Watts-Hora), manejable y entendible para cualquier usuario, desarrollando un sistema de procesamiento de datos de entrada y teniendo un control para visualizar la información de interés.

## 2. Desarrollo.

El diseño de este proyecto consiste en calcular el consumo de los Kilowatts-Hora a partir del número de vueltas del disco del medidor de CFE. Teniendo en cuenta que éste puede ser Monofásico o Bifásico. En principio, para detectar el giro del disco se utiliza un diodo emisor infrarrojo y un fototransistor.

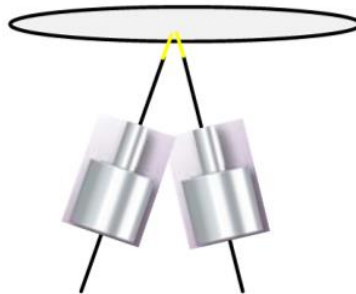
La fórmula fundamental del wathorímetro puede escribirse como:  $Watt\text{horas} = \text{Revoluciones del disco} \times \text{Kh}$  o  $Watts \times \text{Tiempo} = \text{Revoluciones del disco} \times \text{Kh}$ .

La cual se escribe normalmente en la ecuación (1):

$$Watts = \frac{3,600 \times \text{Revoluciones del disco} \times \text{Kh}}{\text{Tiempo en segundos}}$$

$$Watts = 60 \times \text{R.P.M.} \times \text{Kh} \tag{1}$$

Sabemos que para desarrollar un proyecto se necesita una gran recopilación de información, actividad que se realizó con búsqueda en páginas web, libros y directamente con el personal de Comisión Federal de Electricidad (CFE). Partiendo de la información obtenida, se procedió a analizar y con ello ir determinando las actividades a realizar. Al analizar la información, se optó por calcular el consumo de los Kilowatts-Hora partiendo del número de vueltas del disco del medidor, considerando también el tipo de este. (Monofásico o Bifásico), ya que para determinar el consumo se utiliza una formula en donde intervienen los giros y una constante de dicho medidor. Se determinaron dos opciones para detectar la vuelta del disco: 1.- En principio, se pretende utilizar un par de fibras ópticas con el fin de obtener una lectura del medidor convencional, dichas fibras se alinearán de tal manera que entre ellas exista un ángulo ( $\Theta$ ) que permitirá la reflexión perfecta de la luz desde una de ellas hacia la otra (figura 2), pudiendo así tener el conteo de cada giro del medidor del hogar. La decisión de utilizar a la fibra Óptica, va a depender de la factibilidad de alineación mecánica en función de la transmisión y recepción de luz. 2.- Utilizar un diodo emisor infrarrojo y un fototransistor alineados uno frente al otro, haciendo un pequeño orificio en el disco para dejar pasar la luz en cada giro. La opción que se eligió fue la de utilizar los infrarrojos, debido a la facilidad de su uso en la práctica y su valor económico accesible.



**Figura 2.** Esquema de dos fibras, enviando y recibiendo señal.

Para una exactitud de 100%, el disco del wathorímetro debe de dar una revolución completa en un tiempo predeterminado si una carga constante (watts) es aplicada. Esto indica que un medidor puede ser probado con un cronómetro bajo condiciones de carga constante. La luz enviada hacia al disco es reflejada por el mismo hacia el fototransistor. El disco cuenta con una línea oscura de aproximadamente 2mm de espesor. El fototransistor debe estar al mismo ángulo de inclinación a la cual se encuentra el emisor para que haya una buena recepción (ley de Reflexión). Cada vez que el disco gira, la línea oscura no reflejará luz y en ese momento habrá un conteo de revoluciones a la cual el disco gira. Teniendo cuantificadas el número de vueltas del disco en un lapso de tiempo se procede a determinar el consumo y pago a realizar, lo anterior lo determina un microcontrolador previamente

programado, al mismo tiempo un segundo microcontrolador se encarga de cuantificar el consumo de corriente de dispositivos comunes en una casa habitación. Los resultados se despliegan en una pantalla LCD. En la figura 3, se muestra un diagrama del diseño propuesto, indicando la etapa optoelectrónica, la cual proporciona la señal de entrada para los dos microcontroladores. También se muestra cada controlador y sus respectivas entradas y salidas, así como los dispositivos de visualización LCD.

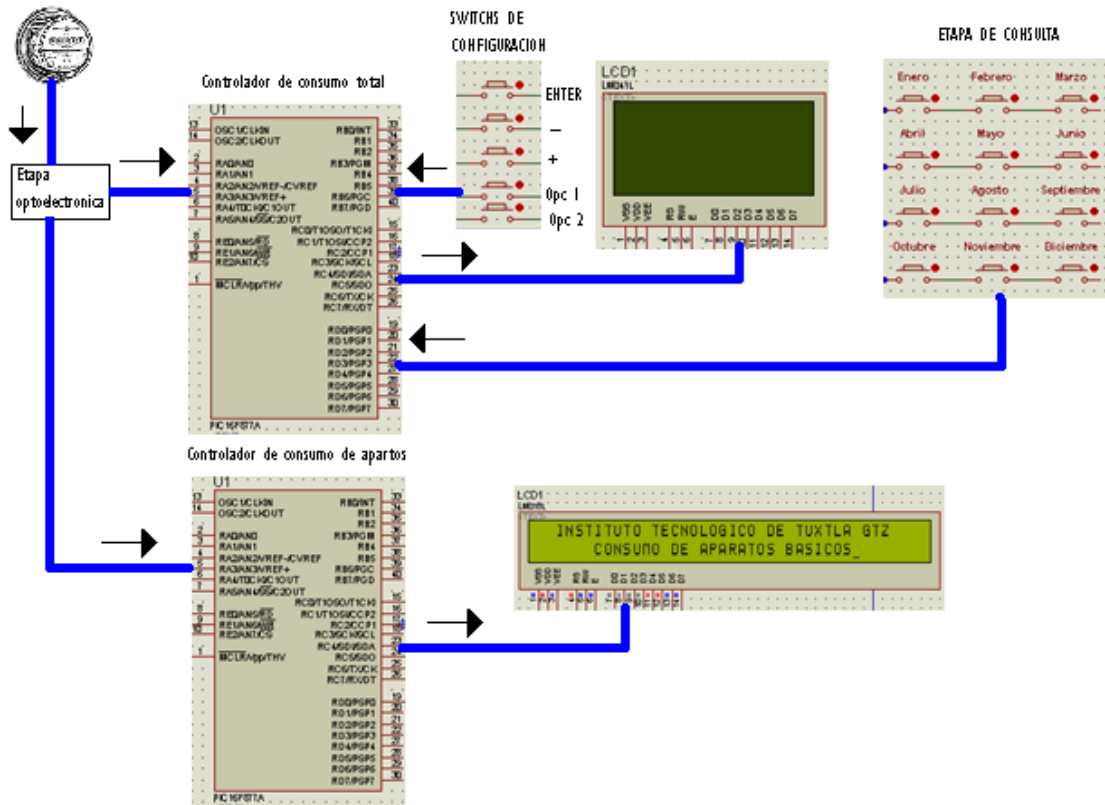


Figura 3. Esquema del diseño Optoelectrónico propuesto.

### 2.1 Control del sistema.

Como en todo sistema, es necesario tener un control de cada una de las entradas y salidas. En el diseño propuesto, el control lo hacen un par de microcontroladores PIC16F877, ya que este PIC tiene una variedad de puertos, además, soporta hasta 20 mhz de frecuencia máxima. Internamente contiene una memoria RAM y EEprom. Cada uno de ellos realiza diferentes acciones en el sistema, el primero se encarga de presentar el consumo total de la casa-habitación y el segundo nos muestra el consumo de corriente de manera individual de cada dispositivo electrónico común que se utiliza en una casa-habitación.

#### 2.1.1 Controlador de consumo total.

En la Figura 4, parte A se muestra el primer controlador que es el encargado de contar vía software el número de vueltas que el disco del medidor realiza a través de la activación de una de sus terminales provocada por la señal emitida desde la etapa optoelectrónica, con éste conteo se realizan operaciones matemáticas para determinar el consumo en Kilowatts – Hora y la cuota que se deberá de cubrir, imprimiendo los resultados cada hora en un LCD de 4 x 16 (Fila x Columna) que se observa en la Figura 2C. Al término de cada mes, tiene la tarea de almacenar los datos dentro de la memoria interna EEprom, por ultimo realiza la función de consulta, la cual se puede realizar en el momento que se desee.

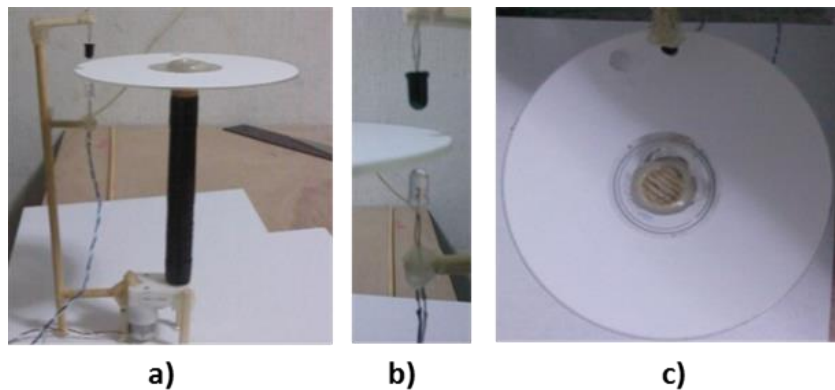
Cabe mencionar que antes de iniciar con el proceso antes mencionado, se entra a un menú de configuración, en donde la primer parte consta de la actualización de la fecha y hora de instalación. En forma de submenú se encuentra el apartado para seleccionar el tipo de medidor (Monofásico o Bifásico), posteriormente se entra al programa principal, en donde se visualiza el consumo de KWH y cuota descritos en el primer párrafo.

### 2.1.2 Controlador de consumo de aparatos.

En la figura 4, parte B se encuentra el segundo controlador que es el encargado de determinar el consumo de los aparatos básicos en una casa habitación (refrigerador, plancha, televisor, lavadora, computadora), a través de la medición del tiempo que tarda el disco del medidor en dar una vuelta. En base a una serie de datos almacenados en el microcontrolador, se puede relacionar el tiempo transcurrido por vuelta y así determinar el consumo del o los aparatos. Mandando los datos obtenidos en KWH a un LCD de 2 x 40 (Fila x Columna).

## 3. Resultados.

Para poder realizar experimentos acorde a la etapa optoelectrónica independiente del medidor de CFE, se diseñó un prototipo que simula las vueltas del medidor original (figura 4) en el cual se encuentra el diodo emisor infrarrojo y un fototransistor alineado de tal forma que en el disco existe un orificio en el cual la luz pasa hacia el fotodetector. Cada vez que la luz llega al fotodetector, se genera una fotocorriente logrando que se genere un voltaje positivo. Este voltaje es enviado al PIC16f877 como un pulso para su procesamiento interpretándolo como un conteo de una vuelta.



**Figura 4.** Prototipo que simula al disco giratorio de un medidor convencional de CFE.

El sistema se inicializa con un menú principal (figura 5). Seleccionando la opción deseada a partir de los botones de opc1 u opc2 (Figura 3, etapa Switch de configuración). Al seleccionar la opción 2, todos los datos y variables del programa se inicializarán.



Figura 5. Menú de inicio.

Al seleccionar la opción 1 de inicio, se tiene acceso a la parte de configuración de fecha y hora de instalación (figura 6), utilizando los botones de incremento y decremento se pueden establecer los valores exactos, pasando de un rubro a otro con el botón “enter”.

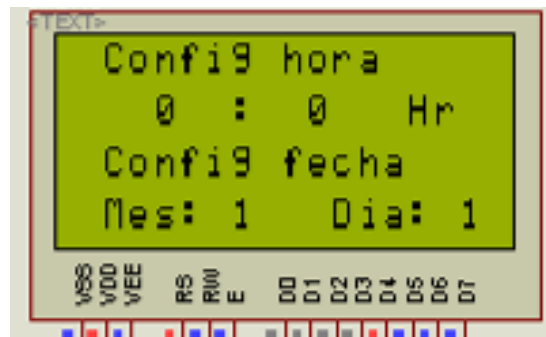


Figura 6. Configuración de fecha.

Al finalizar a configuración y pulsar el botón “enter”, se tiene acceso a otro menú (figura 7), en el cual se configura el tipo de medidor que la casa habitación tiene instalado, utilizando los botones de opción 1 ó 2.

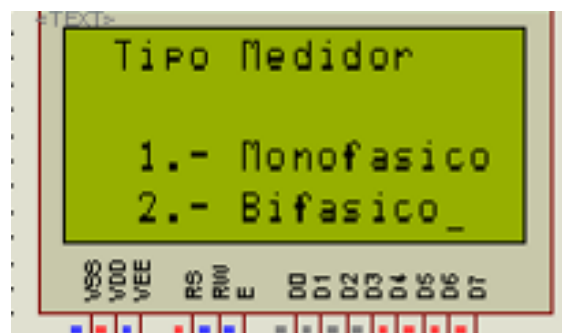
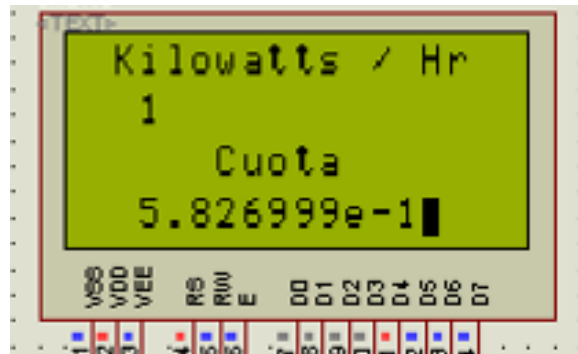


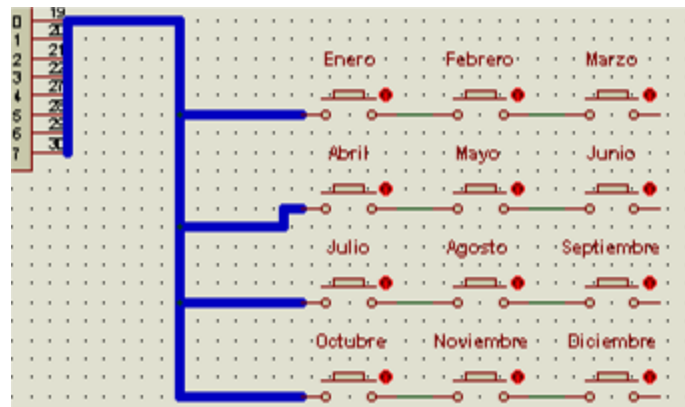
Figura 7. Seleccionar tipo de medidor.

Después de que se ha elegido el tipo de medidor, automáticamente se entra al programa principal (figura 7), en el cual se ilustra el consumo en Kilowatt – hora y la cuota a cubrir. La actualización de los datos en LCD se realizan cada lapso de 1 hr y al término de cada mes. El sistema almacena el consumo total en una memoria EEprom que se encuentra integrada al microcontrolador y las variables con los valores se inicializan.



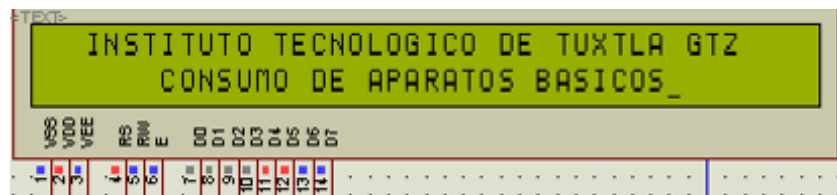
**Figura 8.** Consumo Kilowatt-hora.

Lo anterior se ejecuta mientras se seleccione la opción “Medidor” con el switch de modo. Cuando el switch se activa en la opción “lectura”, el sistema se detiene y espera que se seleccione el mes que se desea consultar, utilizando los botones que indican el mes (figura 9) e imprimiendo en la LCD el valor almacenado en la memoria interna EEprom. Al término de la consulta deberá de seleccionarse nuevamente la opción “Medidor”, para seguir con el funcionamiento principal.



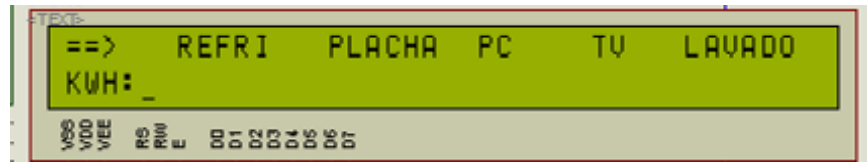
**Figura 9.** Tablero que selecciona el mes de consulta.

La etapa del segundo controlador, inicia con una referencia del proyecto en la pantalla LCD durante 5 seg. (figura 10).



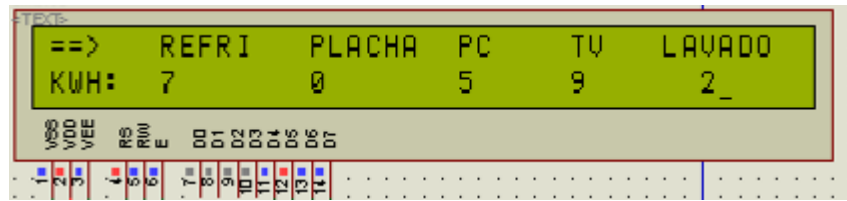
**Figura 10.** LCD mostrando la aplicación.

Después de dicho tiempo se imprimen los dispositivos electrónicos que el medidor cuantificará individualmente (figura 11).



**Figura 11.** Dispositivos electrónicos que cuantificará el medidor digital.

Cada vez que se detecta una vuelta, se incrementa un contador vía software, y al detectar otro giro, el controlador determina el tiempo que el disco demora en realizar la vuelta, dependiendo de los tiempos, se imprime en LCD el consumo de los aparatos (figura 11).



**Figura 12.** LCD mostrando ya el consumo de cada dispositivo electrónico en uso.x.

## Conclusiones.

Se ha diseñado un dispositivo digital optoelectrónico, en el cual la lectura del consumo de corriente eléctrica de una casa-habitación es mucho más rápida y fácil de obtener por un usuario, teniendo consigo ventaja sobre los medidores convencionales de CFE. En este medidor, un usuario puede tener el control del consumo de corriente eléctrica consume mensualmente y el costo de la misma, y así controlar el consumo de energía eléctrica de manera adecuada. La parte de control de consumo total es aplicable a cualquier casa-habitación que se desee. Cabe mencionar que el control de consumo de aparatos eléctricos se ve afectado dependiendo del tipo de centro de carga que se utilice en la casa-habitación. El problema se resuelve llevando a cabo un estudio del comportamiento del centro de carga y reprogramando el microcontrolador. En general este diseño puede ser de gran utilidad en el ahorro de energía eléctrica.

## Créditos.

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por financiamiento parcial de éste proyecto, con número 5906.16-P y proyecto interno 2016.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen a la carrera de Ingeniería Electrónica y a la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por el apoyo otorgado en la realización de éste proyecto.

## Referencias Bibliográficas.

**Fernando Angoa Hernández.** (2012). Generalidades y Calibración de wathhorímetros Digitales F12H. FIME, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.



- Fredrick J. Hill & Gerald R. Peterson.** (2007). “Digital Logic and Microprocessors”, Ed. Wiley. USA. ISBN: 04-710-8539-1
- J.L. Camas-Anzueto, J.B. Roblero-Galdámez, R. Vázquez-Sánchez, C. García-Lara, G. Anzueto-Sánchez, M. Pérez-Patricio, S. Mendoza-Vázquez, A. Medina-Santiago.** (2013) Novel approach to indirect measurements of alternating current based on the interrogation of an all-fiber laser, *Measurement* 46, 4108–4113.
- Jong-Duk Son, Byung-Hyun Ahn, Jeong-Min Ha, Byeong-Keun Choi.** (2016). An availability of MEMS-based accelerometers and current sensors in machinery fault diagnosis, *Measurement, Volume 94, December, 680-691.*
- Jose Ma. Angulo Usategui, Susana Romero Yesa, Ignacio Angulo Martínez.** (2003). “Microcontroladores PIC: Diseño Práctico de Aplicaciones”, Ed. MC GrawHill. España. ISBN: 84-481-3788-4.
- Michał Dąbek, Piotr Wiśniowski, Paweł Kalabiński, Jerzy Wrona, Anastasiia Moskaltsova, Susana Cardoso, Paulo P. Freitas.** (2016). Tunneling magnetoresistance sensors for high fidelity current waveforms monitoring, *Sensors and Actuators A: Physical, Volume 251, 1 November. 142-147.*
- R. García, E. Blanco, M. Domínguez.** (2016). Development of a magneto-optical sensor prototype to measure current by means of the induced magnetic field, *Sensors and Actuators A: Physical, Volume 249, 1 October, 231-241.*
- Roger L. Tohkheim.** (1994). “Electrónica Digital”, Ed. Reverte S. A. España. ISBN:84-291-3453-0
- Zhangting Huang, Hao Zhang, Junzhen Jiang, Yishen Qiu, Gaoming Li, Yu Zhang, Weijun Li.** (2016). A quasi-distributed all-fiber current sensor based on series structureOriginal, *Optical Fiber Technology, Volume 32, December 2016, Pages 1-5.*

### Información de los autores.



**Jorge Luis Camas Anzueto** es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, Miembro honorífico del Sistema Estatal de Investigadores. Actualmente docente-investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y de la carrera en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Sensores ópticos, sensores de fibra óptica, optoelectrónica y optomecatrónica.



**Sergio Mendoza Vázquez** graduado como Ingeniero en Electrónica 1996 por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, graduado como Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias con la Especialidad en Óptica y subespecialidad Optoelectrónica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). En 2006 Investigador de la Benemerita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Actualmente docente-investigador en la Licenciatura en Física y Matemáticas en el CEFyMAP de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Su área de interés es optoelectrónica, fibras ópticas, comunicaciones y óptica no lineal.



**Rubén Grajales Coutiño** tiene la Licenciatura en Ingeniería en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), Maestría y Doctorado en Ciencias con especialidad en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Posteriormente, realizó una estancia Posdoctoral (2 años) en el Centro de Investigaciones en Óptica (CIO), es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1, ha publicado 12 artículos de riguroso arbitraje a nivel internacional, más de 20 congresos internacionales. Sus investigaciones están dirigidas en el estudio teórico, numérico y experimental de nuevas arquitecturas de switches ópticos de fibra, en particular interferómetros de Sagnac para el procesamiento digital todo-óptico, la caracterización de trenes de pulsos ópticos ultracortos y el amarre de modos pasivo y desarrollo de láseres de fibra dopada continuos y pulsados ajustables y a múltiples longitudes de onda. Actualmente imparte clases en la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Héctor Ricardo Hernández de León** es graduado como Ingeniero en Electrónica por el Instituto Politécnico Nacional, Doctorado en Ciencias en Sistemas Automatizados por el Instituto de Ciencias Aplicadas INSA-Toulouse-Francia. Actualmente investigador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica y la Carrera de Ingeniería Electrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Su área de interés es Control Inteligente y diagnóstico de fallas en plantas de agua potable.



**Vicente León Orozco** es graduado como Ingeniero Eléctrico Por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Diplomado en Telecomunicaciones por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, y Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Toluca. Actualmente presidente de la Academia de Electrónica y Docente de la carrera en Ingeniería Electrónica. Su área de interés es desarrollo de sistemas optoelectrónicos, sistemas de comunicaciones y fibras ópticas.



**Joel Gómez Pérez** es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2005 y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en 2013. Ha colaborado con la Universidad Politécnica de Chiapas en el área de Ingeniería Mecatrónica. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010 y colaborador de la Universidad del Valle de México desde 2013. Es miembro del Sistema Estatal de Investigadores desde 2011.

