



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electrónica y Telecomunicaciones”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Título del Proyecto:

“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LA TELE-GESTIÓN DE MEDIDORES ELÉCTRICOS BASADO EN PLT”

AUTOR:

**CARABALÍ NAZARENO JOHN PAUL
MONTES NAZARENO JUAN CARLOS**

DIRECTOR:

ING. GIOVANNY CUZCO

Riobamba – Ecuador

AÑO 2016

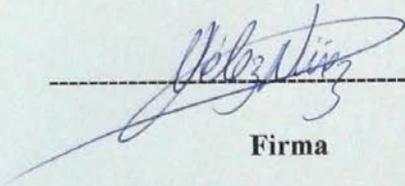
Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LA TELE-GESTIÓN DE MEDIDORES ELÉCTRICOS BASADO EN PLT** presentado por: Carabalí Nazareno John Paul y Montes Nazareno Juan Carlos, dirigida por: Ing. Giovanni Cuzco.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Paulina Vélez

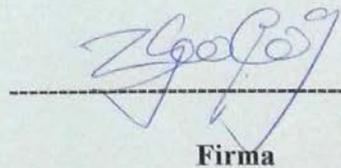
Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Giovanni Cuzco

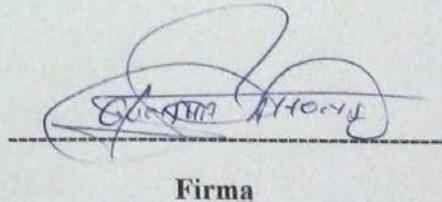
Director del Proyecto



Firma

Ing. Alfonso Gunsha

Miembro de Tribunal

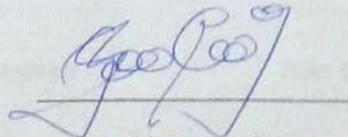


Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del grado de Ingeniero en ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES. Con el tema: **“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LA TELE-GESTIÓN DE MEDIDORES ELÉCTRICOS BASADO EN PLT”** ha sido elaborado por el estudiante **Paul Carabalí y Carlos Montes**, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor por lo que se encuentran aptos para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor de la verdad.

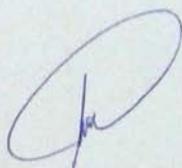


Ing. Giovanni Cuzco

C.I. 180284071-8

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: Carabalí Nazareno John Paul, Montes Nazareno Juan Carlos y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.”



John Paul Carabalí Nazareno

C.I. 080308203-1



Juan Carlos Montes Nazareno

C.I. 171846867-9

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, hermanas y demás familiares cuyo sustento incondicional han logrado llevarnos hasta el lugar donde estamos ahora, con su actuar son ejemplo de superación, de esfuerzo y de trabajo, también nos honra agradecer a nuestro tutor Giovanni Cuzco quien nos guió de la manera más apropiada con su conocimiento para la finalización de este trabajo.

DEDICATORIA

*Este presente trabajo está dedicado a ti,
quien fuiste pilar fundamental de todo
esto.*

Paul Carabalí Nazareno

DEDICATORIA

*Este presente trabajo está dedicado a
la Mersunguita y Don Mo, gracias por
su apoyo incondicional, sus
motivaciones y consejos, si no es por
ustedes todo esto no fuera posible.*

Juan Carlos Montes Nazareno

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	xii
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
1.1. Energía Eléctrica	3
1.2. Medidor de energía eléctrica	4
1.2.1. Clasificación de los medidores de energía eléctrica.....	5
1.3. Medidor monofásico de dos hilos DDS26B STAR.....	7
1.4. Tarjeta programable de desarrollo PLC CY3274.....	10
1.4.1. Dispositivo CY8CPLC20	11
1.4.2. Módem FSK	12
1.5. Comunicación Serial	12
1.6. Circuito de acoplamiento	14
1.6.1. Acoplamiento de alto voltaje	14
1.6.2. Filtro de transmisión y amplificación	16
1.6.3. Filtro de recepción.....	17
1.7. Software de desarrollo PSOC Designer.....	17
1.8. Software de desarrollo PSoC Programmer.....	18
1.9. Software de desarrollo LabVIEW	19
CAPITULO II	20
2. METODOLOGÍA	20
2.1 Tipo de estudio.....	20
2.2 Descriptivo	20
2.3 Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	20
2.4 Hipótesis	21
2.5 Operacionalización de las variables.....	21
2.6 Procedimiento y análisis.....	23
2.6.1. Instalación del software necesario para el desarrollo del proyecto. 23	
2.6.2. Programación de las tarjetas CY3274.	26
2.6.3. Detector de impulsos ópticos del medidor eléctrico.	33

2.6.4. Entorno visual para el control y monitoreo del sistema.	37
2.6.4.1. Configuración de software en LabVIEW	38
2.6.4.2. Herramienta de desarrollo Web Publishing.....	41
CAPITULO III	43
3. RESULTADOS	43
3.1 Limitaciones	43
3.2 Análisis de calidad de la energía en la red eléctrica durante el proceso de comunicación PLT.....	46
3.3 Conversor de impulsos ópticos.....	49
3.4 Plataforma virtual web desarrollada para la tele-gestión.	49
CAPITULO IV	52
4. Discusión	52
CAPITULO V	53
5. Conclusiones y Recomendaciones	53
5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones.....	53
CAPITULO VI	54
6. PROPUESTA	54
6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA	54
6.2 INTRODUCCIÓN.....	54
6.3 Objetivos.....	55
6.4 Fundamentación Científico-Técnico.....	56
6.5 Descripción de la propuesta.....	56
6.6 Diseño organizacional	56
6.7 Monitoreo y evaluación de la propuesta.....	57
CAPITULO VII	58
7. BIBLIOGRAFÍA	58
CAPITULO VIII	59
8. ANEXOS	59

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-1 Fases de distribución de la energía eléctrica</i>	<i>3</i>
<i>Figura 1-2 Esquema de conexiones de un medidor monofásico de dos hilos</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1-3 Medidor modelo DDS26B</i>	<i>8</i>
<i>Figura 1-4 Diagrama fundamental del medidor DDS26B</i>	<i>8</i>
<i>Figura 1-5 Diagrama de bloques funcional del SCE7755</i>	<i>9</i>
<i>Figura 1-6 Vista superior de la tarjeta CY3274</i>	<i>10</i>
<i>Figura 1-7 Diagrama funcional del microprocesador CY8CPLC20</i>	<i>11</i>
<i>Figura 1-8 Funcionamiento del módem FSK</i>	<i>12</i>
<i>Figura 1-9 Configuración de pines del conector RS-232</i>	<i>13</i>
<i>Figura 1-10 Circuito de acoplamiento de alto voltaje</i>	<i>14</i>
<i>Figura 1-11 Diagrama de la tarjeta CY3274</i>	<i>15</i>
<i>Figura 1-12 Respuesta del filtro transmisor de la tarjeta CY3274</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1-13 Respuesta del filtro receptor de la tarjeta CY3274</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1-14 Interfaz gráfica del PSoC Designer</i>	<i>18</i>
<i>Figura 1-15 Interfaz gráfica del PSoC Programmer</i>	<i>18</i>
<i>Figura 1-16 LabVIEW versión 2014</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2-1 Desarrollo en PSoC Programmer</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2-2 Módulos de usuario PSoC</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2-3 Ventana multi selección para el módulo PLT</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2-4 Asistente de configuración del módulo de usuario PLT</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2-5 Bloques UART PSoC</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2-6 Ventana de configuración de parámetros del módulo de usuario UART</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2-7 Ventana de configuración del módulo PWM8_UART</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2-8 Puerto COM RS-232</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2-9 Configuración de hardware tarjeta CY3274 maestra</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2-10 Circuito electrónico detector de pulsos ópticos</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2-11 Fotorresistencia</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2-12 Módulo Keyes_SRIY</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2-13 Circuito eléctrico básico de una LDR</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2-14 Configuración de hardware de la tarjeta esclavo</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2-15 Interfaz gráfica del proyecto en LabVIEW</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2-16 Parámetros para la configuración del módulo VISA</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2-17 LabVIEW Obtención de pulsos eléctricos</i>	<i>39</i>
<i>Figura 2-18 LabVIEW incremento actual</i>	<i>39</i>
<i>Figura 2-19 LabVIEW módulos de graficación</i>	<i>40</i>
<i>Figura 2-20 Web Publishing Tool</i>	<i>42</i>
<i>Figura 2-21 Página web creada con la aplicación</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3-1 Medición de ruido con Panel Control (sin carga)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 3-2 Medición de ruido con Panel Control (con carga)</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3-3 Relación señal a ruido versus la tasa de error de paquetes</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3-4 Comunicación a 300 metros entre tarjeta maestra y esclava</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3-5 Analizador de calidad de energía eléctrica Fluke 435 II</i>	<i>46</i>
<i>Figura 3-6 Armónicos (sin carga)</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3-7 Armónicos (Con carga)</i>	<i>47</i>
<i>Figura 3-8 Diagrama fasorial de voltaje</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3-9 Diagrama fasorial de corriente</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3-10 Potencia y energía de la red eléctrica</i>	<i>49</i>

<i>Figura 3-11</i> Conversor de pulsos ópticos a eléctricos	49
<i>Figura 3-12</i> Interfaz gráfica en LabVIEW	50
<i>Figura 3-13</i> Curva de nivel de impulsos	50
<i>Figura 3-14</i> Curva de nivel de potencia	51
<i>Figura 3-15</i> Barra de incremento de KWh	51

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2-1 Variable dependiente</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2-2 Variable independiente</i>	<i>21</i>

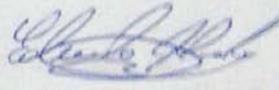
RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño de un sistema electrónico, el cual es capaz de convertir los impulsos ópticos generados por un medidor de energía eléctrica, y transformarlos en información, con la finalidad de ser interpretados por la plataforma de desarrollo que incorpora capacidades de comunicación por PLT. Esta tarjeta cuenta con el microprocesador CY8CPLC20 el cual permite la comunicación por las líneas de potencia. Una vez obtenida esta información por el módulo esclavo, es transmitida hacia el módulo maestro, la PC recibe esta información a través del puerto serial utilizando el protocolo de comunicación RS-232. La PC tendrá la capacidad tanto de administrar los datos obtenidos, como de controlar la conectividad o no a la red eléctrica transmitiendo una instrucción desde el módulo maestro hacia el esclavo, este comando interactúa con un circuito electrónico el cual permite o no el acceso del usuario a la red de potencia eléctrica. Los datos obtenidos por la PC son visualizados en una página web en forma de curvas de consumo generadas en tiempo real. En este proyecto se presenta el estudio de limitaciones presentadas en una comunicación PLT. Permite realizar actualizaciones de software y hardware para la implementación de nivel corporativo a futuro.

SUMMARY

This research presents the design of an electronic system, which is capable of converting the optical pulses generated by the electric power measurer, and to transform them into information, in order to be interpreted by the development platform that incorporates communication capabilities PLT. This card has CY8CPLC20 microprocessor which allows communication by power lines. Once this information is obtained by the slave module, they are transmitted towards the master module; the PC can to receive this information via the serial port using the RS-232 protocol communication. The PC will have the ability to manage the data, as well as to either control the connectivity or not to the electricity network transmitting an instruction from the master module to the slave, this command interacts with an electronic circuit which allows or not the user access to the power network. The data obtained by the PC are displayed on a web page as consumption curves generated in real time. In this project the study presented limitations presented in a communication PLT. It allows software updates and hardware to implement future corporate level.




Lic. Eduardo Heredia

INTRODUCCIÓN

En el país actualmente se encuentra implementado un sistema para la medición del consumo eléctrico que consiste en instalar un medidor de energía en una ubicación específica, esto permite visualizar el consumo medido en KWh ya sea de manera mecánica o digital. Una o varias personas se encargan de adquirir los datos generados por el medidor eléctrico, para luego ser interpretados por la empresa encargada de la distribución de energía.

Múltiples factores pueden afectar la correcta adquisición de los datos visualizados en el medidor eléctrico, como por ejemplo:

- ✓ sectores restringidos
- ✓ áreas de difícil acceso

Esto conlleva a que los datos obtenidos sean distintos a los datos reales. Esto puede generar problemas entre el usuario del medidor y la empresa de distribución eléctrica, así como pérdidas económicas a la propia empresa.

Este proyecto está desarrollado para automatizar el sistema de adquisición de datos generados por los medidores de consumo eléctrico, el cual consiste en comunicar el medidor con un servidor para permitir al operador monitorear y controlar el sistema de medición desde una central.

El sistema de tele-gestión está compuesto de cuatro etapas fundamentales las cuales son:

- La adquisición del valor de energía consumida por el usuario en KWh haciendo uso de un sensor de luz que interactúa con los impulsos ópticos generados por el LED de consumo eléctrico del medidor electrónico.
- La recepción de los pulsos ópticos por la tarjeta CY3274 esclava para su posterior transmisión hacia la tarjeta CY3274 maestra, utilizando el sistema de comunicación basado en PLT. Este sistema de comunicación realiza la transmisión de la información por la línea de alta tensión.

- Comunicación de la tarjeta maestra con la PC utilizando el protocolo de comunicación RS-232 en conjunto con el software LabVIEW para la recolección de los datos adquiridos de los medidores de energía.
- Visualización de curvas de potencia en una página web creada con herramientas de programación existentes en el software LabVIEW, lo que permite al administrador de la red utilizar una plataforma virtual destinada a gestionar el consumo eléctrico del medidor de energía de forma remota desde internet.

CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Energía Eléctrica

La energía eléctrica es una forma de energía que se obtiene por la presencia de una diferencia de potencial entre dos nodos, lo que genera una corriente eléctrica entre estos nodos cuando hay contacto entre ellos.

La industria de la energía eléctrica generalmente se la divide en cuatro fases definidas así como se muestra en la figura 1-1, estas son:

- Generación de energía eléctrica.
- Transmisión a los centros de consumo.
- Distribución a los diferentes consumidores.
- Comercialización de la energía eléctrica al consumidor final.

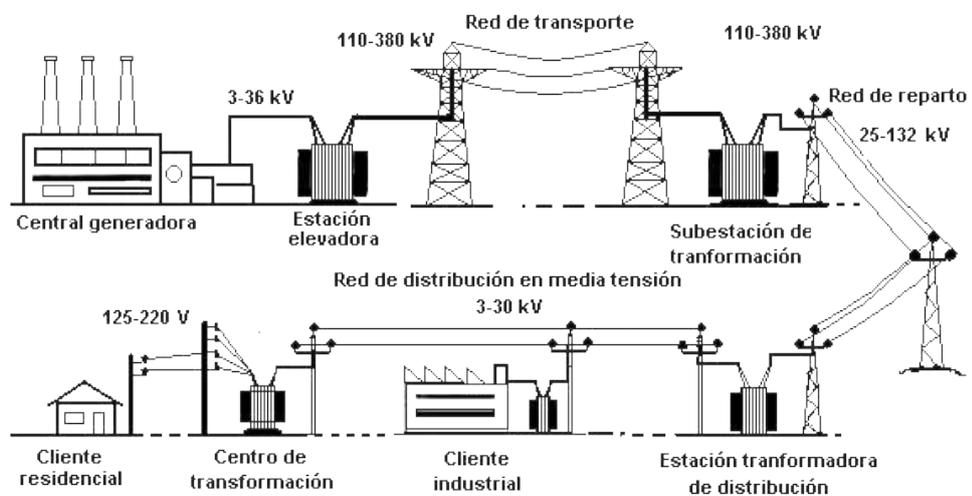


Figura 1-1 Fases de distribución de la energía eléctrica

Fuente: electroferre

La fase de Comercialización básicamente consiste en:

- Aplicar la tarifa y el voltaje de transmisión a los usuarios.
- Medir la energía consumida por los usuarios.
- Registrar y cobrar el consumo de energía eléctrica.
- Comercialización hacia los consumidores.

Es en esta etapa en donde la energía se transforma en valores económicos, indispensables para el funcionamiento y posterior desarrollo de la empresa. La medición de la energía consumida es un proceso importante dentro de la etapa de comercialización, debido a esto merecen atención especial la correcta selección, operación y mantenimiento de los medidores para prevenir errores que se convertirán en pérdidas de energía con perjuicios para la empresa de distribución.

1.2. Medidor de energía eléctrica

El vatímetro, también conocido como contador, es un dispositivo utilizado para medir la energía eléctrica abastecida a los usuarios. El organismo Regulador ARCONEL asigna una tarifa, que permite a la empresa distribuidora facturar la energía consumida por los usuarios.

Este dispositivo es capaz de medir la energía consumida por los usuarios en KWh, para su posterior interpretación utilizando la relación:

$$E = P \times T$$

Donde:

- P es la potencia medida en watts
- T es el tiempo promedio de medida (hora).

1.2.1. Clasificación de los medidores de energía eléctrica.

Existen varios criterios para clasificar los medidores de energía, los más importantes se describen brevemente a continuación.

Un medidor puede ser clasificado considerando varios criterios, y estos son:

- ✓ Por su constitución
 - ✓ Por la energía que miden
 - ✓ Por el servicio que brindan
- Por su constitución

Estos pueden ser de inducción o electrónicos.

- DE INDUCCIÓN:

Analógico o electromecánico, está compuesto por un núcleo de chapa magnética junto a dos bobinas, una en serie con el conductor llamada bobina de intensidad por la cual circula la corriente principal, y otra designada como bobina de tensión, en derivación sobre ambos conductores. Los flujos magnéticos que se producen en ambas bobinas se encuentran desfasados 90° e intervienen sobre un disco de aluminio. Estos flujos provocan pares de giros, que generan un movimiento de rotación del disco de aluminio a una velocidad angular proporcional a la potencia consumida (Rios, 2007).

- ELECTRÓNICO:

Permiten obtener múltiples parámetros que son de suma importancia para la facturación de la tarifa. Un factor importante en los contadores electrónicos es, la capacidad de proporcionar datos digitales, los que pueden ser utilizados para la lectura de medición remota.

Está constituido por elementos de estado sólido que interactúan con el voltaje y la corriente, para provocar pulsos de salida, cuya frecuencia es proporcional a los kilovatios-hora (KWh)

➤ Por el tipo de energía que miden

Tienen la capacidad de medir la energía activa como la reactiva.

- **CONTADOR DE ENERGÍA ACTIVA:**

Mide el consumo de energía activa en kilovatios – hora (KWh).

- **CONTADOR DE ENERGÍA REACTIVA:**

Mide el consumo de energía reactiva en kilovares – hora (KVARh).

➤ Por el tipo de servicio

Se caracterizan por el número de fases y de conductores que posea, y son:

- **MEDIDOR MONOFÁSICO DOS HILOS:**

Es aquel que se alimenta desde un transformador monofásico con un voltaje nominal de 120 ó 127 voltios. En la figura 1-2 se muestra el diagrama de conexiones internas de un medidor monofásico de dos hilos.

- **MEDIDOR MONOFÁSICO TRES HILOS:**

Emplea tres conductores, dos activos o fases y un neutro.

- **MEDIDOR BIFÁSICO TRES HILOS:**

Se alimenta de un transformador trifásico, o de tres transformadores monofásicos conectados en estrella, y cuenta con tres conductores, dos de fase y un neutro, proporcionando un voltaje nominal de 120-208 ó 127-208 voltios.

- MEDIDOR TRIFÁSICO DE CUATRO HILOS

Se suministra desde dos o tres transformadores monofásicos conectados en delta, y emplea cuatro conductores, donde tres son fase y uno es neutro, proporcionando un voltaje nominal de 120/208 ó 127/220 Voltios.

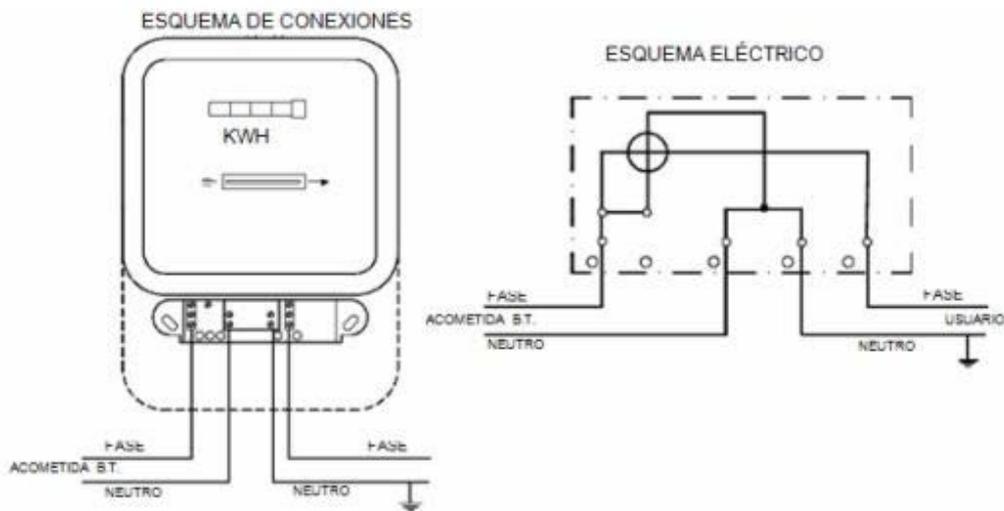


Figura 1-2 Esquema de conexiones de un medidor monofásico de dos hilos

Fuente: micodensa

1.3. Medidor monofásico de dos hilos DDS26B STAR

El medidor electrónico de energía modelo DDS26B (Figura 1-3), es un producto diseñado con un circuito integrado de gran eficacia, y tecnología. El diseño del circuito y sus componentes son seleccionados en función a la tolerancia máxima, para asegurar el funcionamiento eficaz y duradero del medidor. Ofrece una larga vida útil de servicio, alta exactitud, alta confiabilidad, alta capacidad de sobrecarga, bajo consumo propio, tamaño pequeño y peso ligero (Manual-de-Operaciones-DDS26B, 2014). Se utiliza para medir la potencia activa en CA con frecuencia de 60Hz y un rango de tensión 110V, cumpliendo con los requisitos técnicos de un medidor con Clase 1.



Figura 1-3 Medidor modelo DDS26B

Fuente: star instruments

El diagrama fundamental del funcionamiento del medidor DDS26B Star se muestra en la figura 1-4:

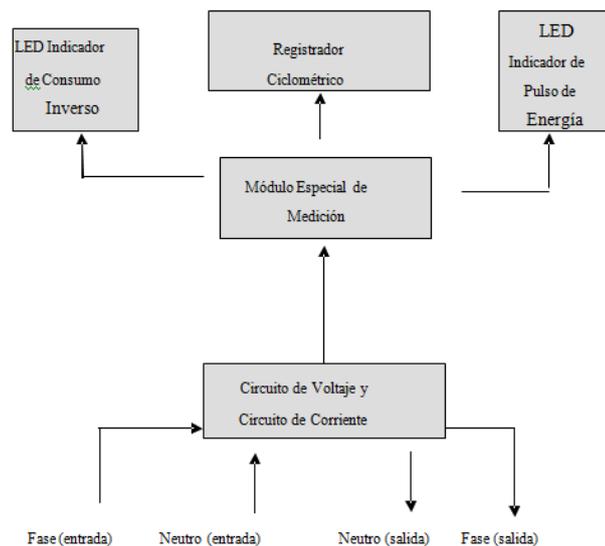


Figura 1-4 Diagrama fundamental del medidor DDS26B

Fuente: star instruments

Este medidor electrónico cuenta con un microprocesador integrado capaz de interactuar eficazmente con la red eléctrica llamado SCE7755, sus principales características son:

- Alta exactitud de la medición soportando 50/60 Hz.
- Bajo costo.
- Salida de pulsos de frecuencia en el pin CF, proporcional a la potencia activa.

El SCE7755 es un medidor de energía eléctrica que cuenta con un circuito de monitoreo de fuente de potencia en el pin AVDD, además es compatible con el integrado AD7755, diferenciándose por poseer un pin CF de salida de pulsos.

Presenta un estado de reseteo cuando el voltaje en el pin AVDD es menor a 4V.

El SCE7755 posee un canal para la corriente (V1P y V1N) y uno para el voltaje (V2P y V2N), también cuenta con dos conversores ADC de 16 bits para cada canal, y toda la parte de procesamiento de la señal para medir la energía eléctrica activa (SCE7755, 2009).

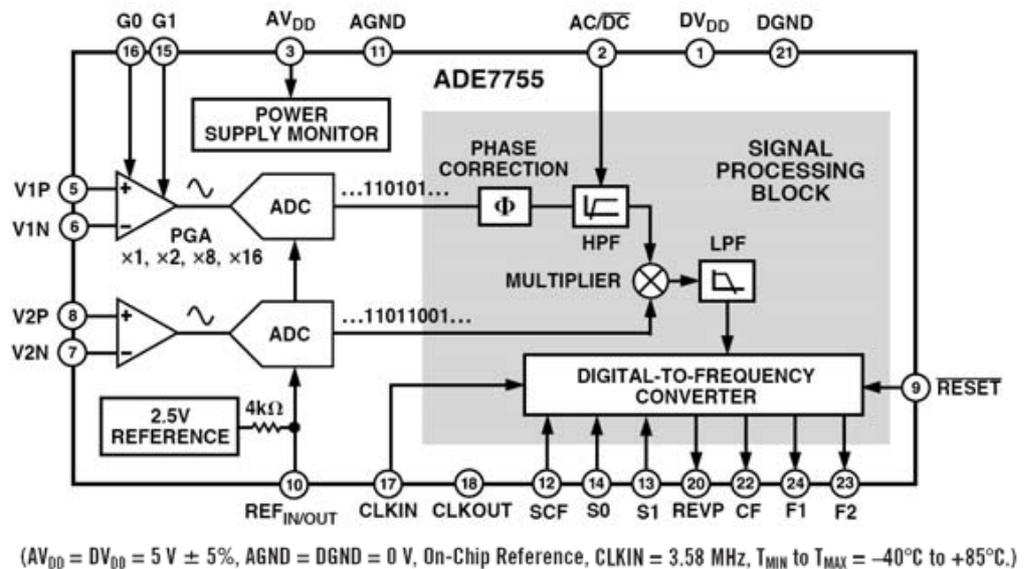


Figura 1-5 Diagrama de bloques funcional del SCE7755

Fuente: star instruments

1.4. Tarjeta programable de desarrollo PLC CY3274

La tarjeta de desarrollo PLC CY3274 está desarrollada como una plataforma de diseño de productos para las comunicaciones por la línea eléctrica con un ancho de banda de 2400 bps.

La aplicación en ejecución en el chip CY8CPLC20 se encarga de generar los datos. En el núcleo PLC se empaquetan los datos para la red PLC. El módem FSK modula este paquete, y luego el circuito de acoplamiento añade la forma de onda sinusoidal resultante a la forma de onda existente en la línea de alta tensión (Cypress, 2014).

La figura 1-6 proporciona una vista superior con la descripción de los componentes de la tarjeta.

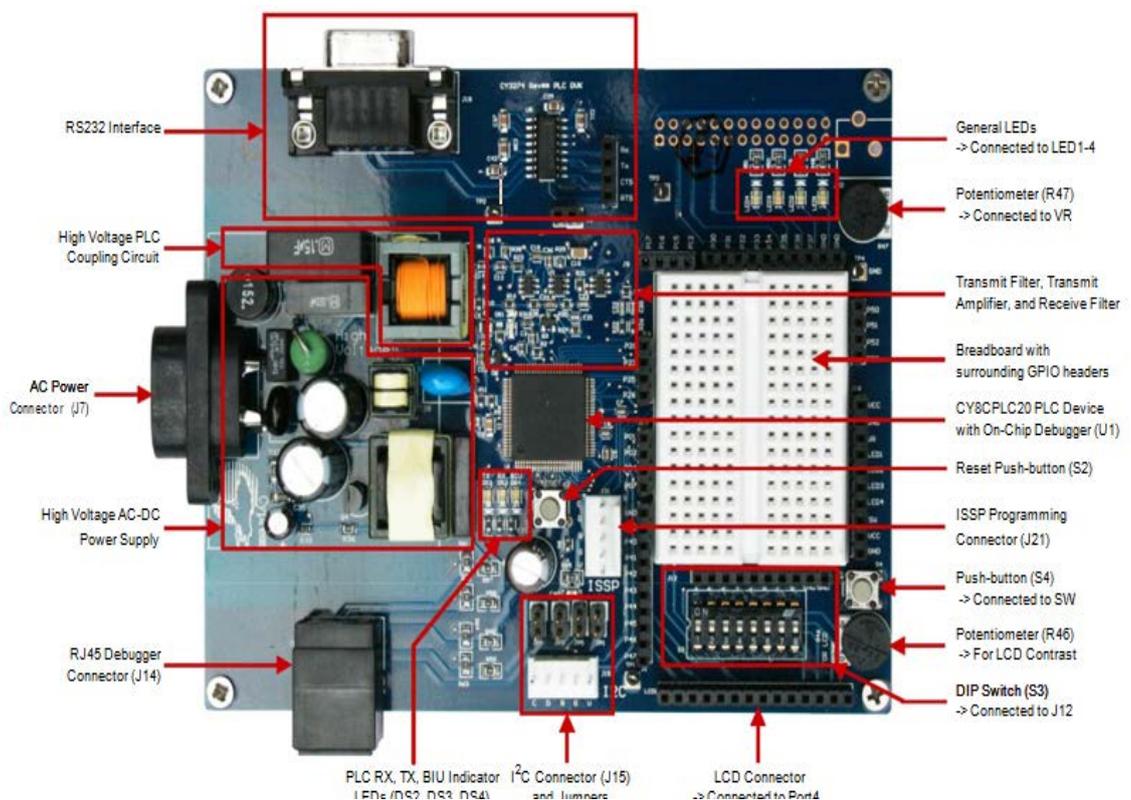


Figura 1-6 Vista superior de la tarjeta CY3274

Fuente: Cypress Semiconductor

Para ver los esquemas de la tarjeta PLC CY3274 ir al anexo 1 página 55.

1.4.1. Dispositivo CY8CPLC20

Es un microprocesador que está diseñado para permitir la comunicación segura, fiable, y robusta sobre las líneas eléctricas.

Entre las características principales del dispositivo CY8CPLC20 de Cypress para la comunicación PLC se encuentran un módem FSK de línea eléctrica de capa física dotado de filtros y amplificadores que trabajan con rigurosas líneas eléctricas de alta y baja tensión. Protocolo de red sobre la línea eléctrica con capacidad para soporta la comunicación bidireccional. Uso de verificación por redundancia cíclica (CRC) de paquetes de 8 bits para la detección de errores y paquete de datos de retransmisión. Además trabaja con acceso múltiple por escucha de portadora (CSMA) esquema que reduce al mínimo las colisiones entre paquetes de transmisiones en la línea eléctrica.

En la figura 1-7 se muestra el diagrama de bloques funcional del dispositivo CY8CPLC20 PLC.

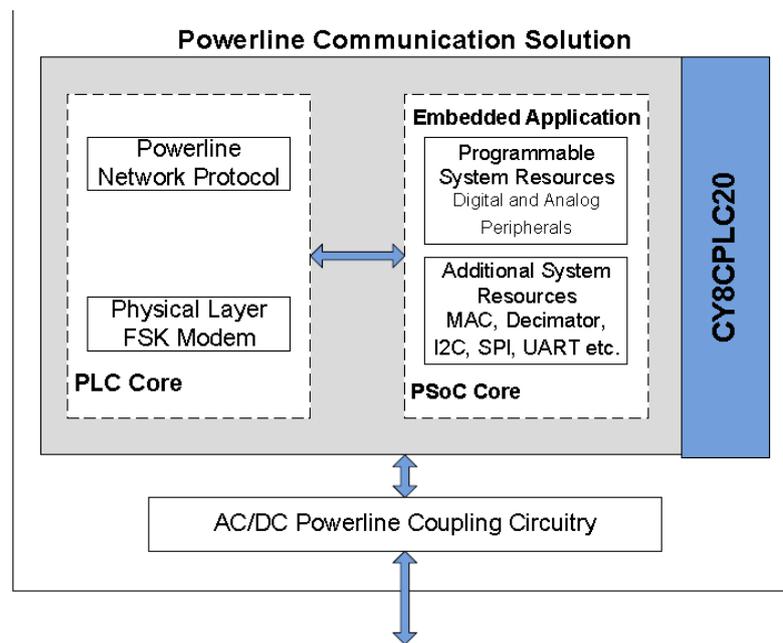


Figura 1-7 Diagrama funcional del microprocesador CY8CPLC20

Fuente: Cypress Semiconductor

1.4.2. Módem FSK

El núcleo del dispositivo CY8CPLC20 es el módem por desplazamiento de frecuencia (FSK). El modulador FSK envía datos digitales a través de dos frecuencias; una frecuencia representa un 1 digital (133.3 KHz) y la otra representa un 0 digital (131.5 KHz) como se muestra en la figura 1-8. El demodulador FSK debe recibir la señal analógica transmitida y demodularla para determinar la correcta secuencia de unos y ceros. (Cypress, 2014).

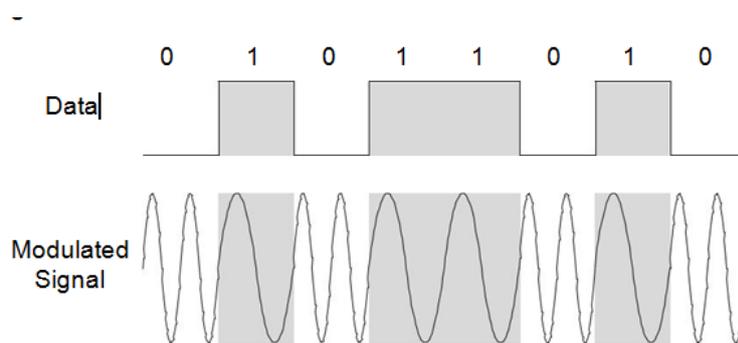


Figura 1-8 Funcionamiento del módem FSK

Fuente: Cypress Semiconductor

1.5. Comunicación Serial

La comunicación serial es un protocolo de comunicación (no hay que confundirlo con el Bus Serial de Comunicación, o USB) para la comunicación entre dispositivos incluido en prácticamente cualquier computadora. La comunicación serial es también un protocolo utilizado para la instrumentación. Además, la comunicación serial se puede utilizar para la adquisición de datos si se usa con un dispositivo remoto de muestreo.

Normalmente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para efectuar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmitir, (3) Recibir.

Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las siguientes características sean iguales:

- a. Velocidad de transmisión (baud rate): Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (bauds).
- b. Bits de datos: Se refiere a la cantidad de bits en la transmisión.
- c. Bits de parada: Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete
- d. Paridad: Es una forma de verificar si hay errores en la transmisión serial.

➤ RS-232

RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232) es un conector serial, el cual puede ser utilizado para instrumentación industrial. El conector RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la computadora. El hardware de RS-232 permite realizar comunicaciones seriales en distancias de hasta 50 pies (15,24 metros).

En la figura 1-9 se puede observar la distribución de pines en un conector RS-232:

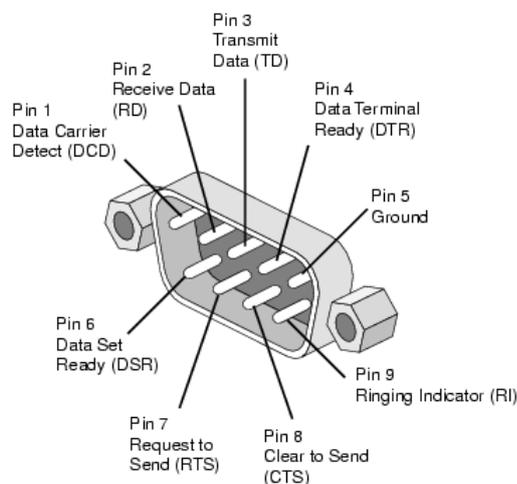


Figura 1-9 Configuración de pines del conector RS-232

Fuente: *cyclingengineer*

1.6. Circuito de acoplamiento

Esta sección es una parte fundamental del diseño, y correcto funcionamiento de la tarjeta CY3274 y cuenta con tres etapas fundamentales, las cuales son:

- Acoplamiento de alto voltaje
- Filtro de transmisión y amplificación
- Filtro de recepción

En la figura 1-11 se puede observar el diseño electrónico de las tres etapas anteriormente definidas.

1.6.1. Acoplamiento de alto voltaje

La señal transmitida desde el amplificador de potencia es transportada en la línea eléctrica por medio del transformador de aislamiento T1. El capacitor C14 proporciona aislamiento DC para el transmisor en el dispositivo alado, y C9 proporciona aislamiento de frecuencia en el otro lado de la línea [diagramas tarje].

Así como se puede observar en la figura 1-10:

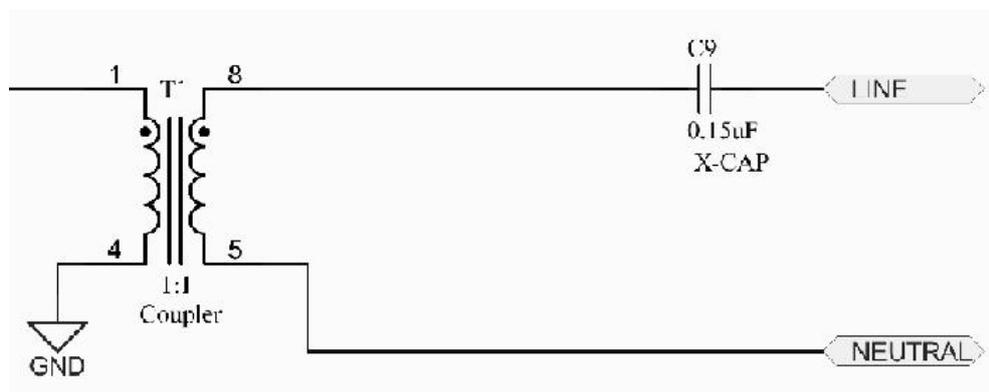


Figura 1-10 Circuito de acoplamiento de alto voltaje

Fuente: Cypress Semiconductor

Este circuito acopla la señal de la tarjeta en la línea de tensión. En el lado del receptor, el mismo circuito acopla la portadora en la línea de tensión dentro de la tarjeta, al tiempo que rechaza la tensión de 50 ó 60 Hz. Un transformador de aislamiento es necesario en el circuito por seguridad.

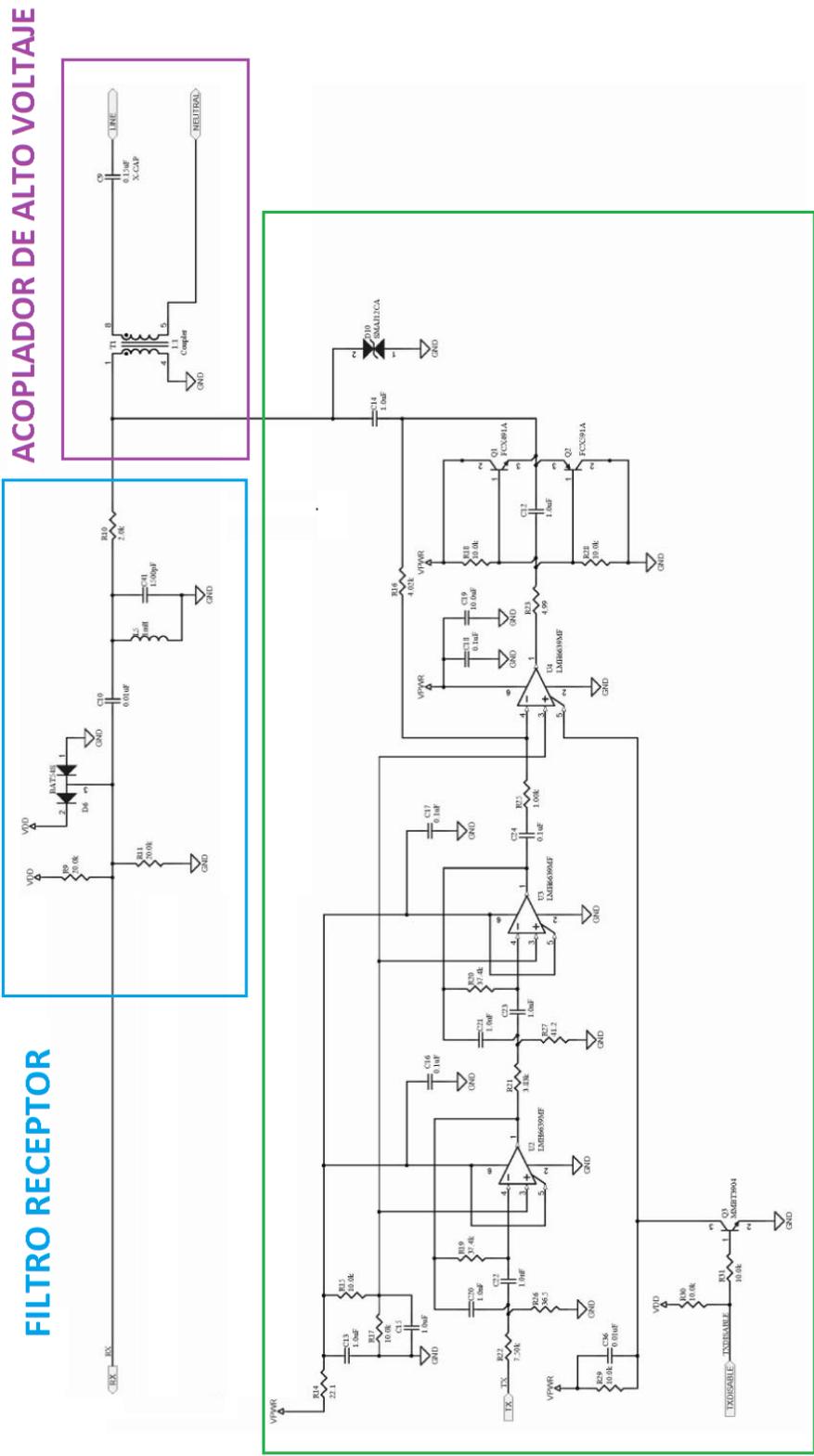


Figura 1-11 Diagrama de la tarjeta CY3274

Fuente: Los autores

1.6.2. Filtro de transmisión y amplificación

Filtro de transmisión

La señal FSK transmitida TX se genera en el pin FSK_OUT del dispositivo PLC con una amplitud baja (~125 mVp-p), con una señal sin filtrar. Esta señal es aplicada a la entrada de un bloque externo de filtrado de transmisión formado por dos opamps U2 y U3, y sus componentes pasivos relacionados. El filtro de transmisión es un filtro pasa banda Chebyshev de 4° orden, diseñado para el paso de una onda con un máximo de 1.5 dB de ancho de banda. Este provee 16.5 dB de ganancia a la frecuencia central de 133 kHz. La respuesta del filtro transmisor se muestra gráficamente en la figura 1-12 a continuación:

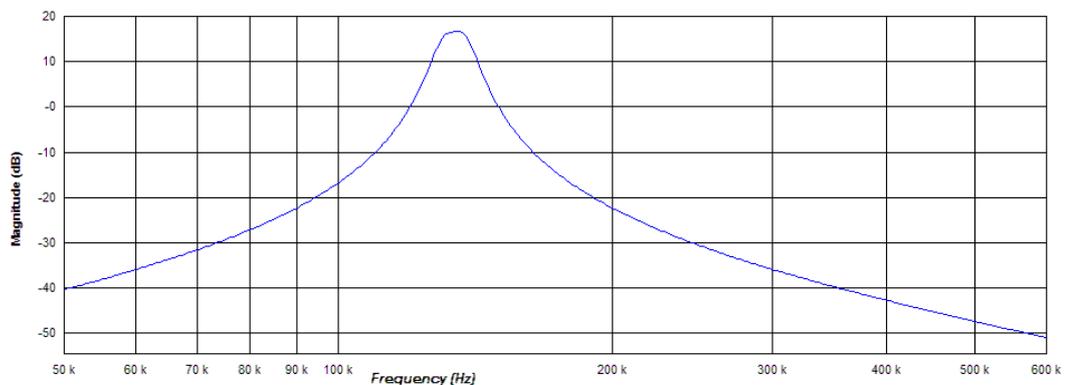


Figura 1-12 Respuesta del filtro transmisor de la tarjeta CY3274

Fuente: Cypress Semiconductor

Amplificación de la transmisión

La señal de información transmitida es filtrada y aplicada al amplificador de potencia, el cual consiste de un opamp U4, dos transistores Q1 y Q2, y los componentes pasivos asociados. El amplificador de potencia proporciona una ganancia de voltaje adicional de 12 dB, y es capaz de conducir cargas con baja impedancia presentadas por la línea eléctrica.

1.6.3. Filtro de recepción

El capacitor C10 proporciona aislamiento DC. La resistencia R10 proporciona una impedancia de entrada a la señal para el receptor. Esta resistencia, en combinación con el diodo D6, proporciona limitación a la señal para proteger el circuito receptor de señales transmitidas con gran amplitud o de alguna fuerte señal acoplada desde la línea. El filtro receptor compuesto de la bobina L5 y el capacitor C41, en combinación con la resistencia R10, proporciona algo de protección de interferencias, tales como señales de radiodifusión AM, esta interferencia puede ser acoplada desde la línea lo que dañaría el circuito receptor interno del dispositivo PLC. La respuesta del filtro receptor se muestra en la figura 1-13. Las resistencias R9 y R11 establecen la caída de tensión $VCC/2$ necesario en el pin receptor del dispositivo PLC.

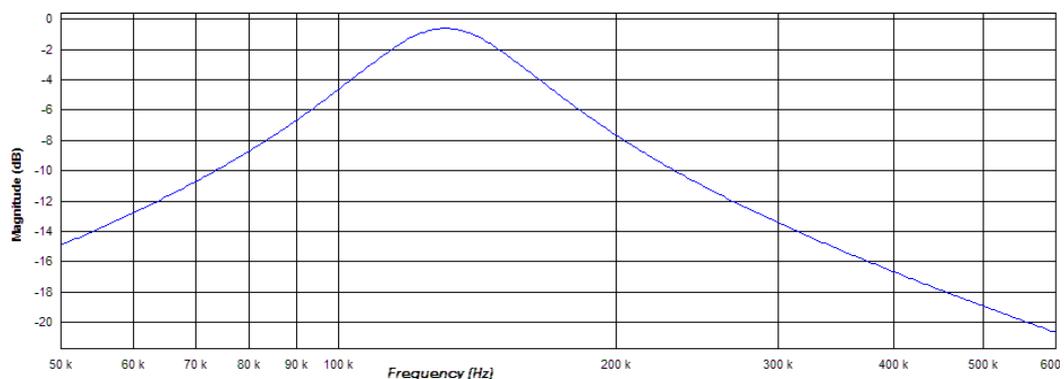


Figura 1-13 Respuesta del filtro receptor de la tarjeta CY3274

Fuente: Cypress Semiconductor

1.7. Software de desarrollo PSoC Designer

PSoC Designer es la interfaz de diseño integrado (IDE) que se utiliza para personalizar PSoC y reúne las necesidades específicas para cada aplicación. El software PSoC Designer contiene una biblioteca de periféricos analógicos y digitales precargados en un entorno de diseño de arrastrar y soltar que ayuda a desarrollar aplicaciones. Utiliza las librerías de código para personalizar sus diseños, incluyendo emulación de circuitos y características estándar de depuración de software (Cypress Semiconductor, 2014).

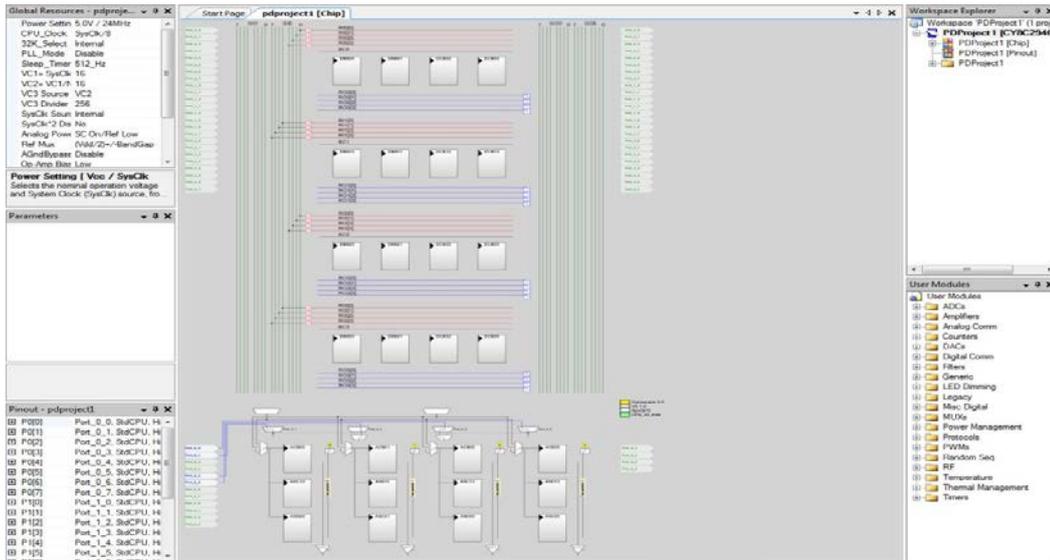


Figura 1-14 Interfaz gráfica del PSoC Designer

Fuente: Cypress Semiconductor

1.8. Software de desarrollo PSoC Programmer

PSoC Programmer es una herramienta independiente flexible para la programación de dispositivos PSoC. Se utiliza tanto con PSoC Designer y PSoC Creator, PSoC Programmer ofrece una interfaz gráfica (figura 1-15) que conecta al hardware con la programación.

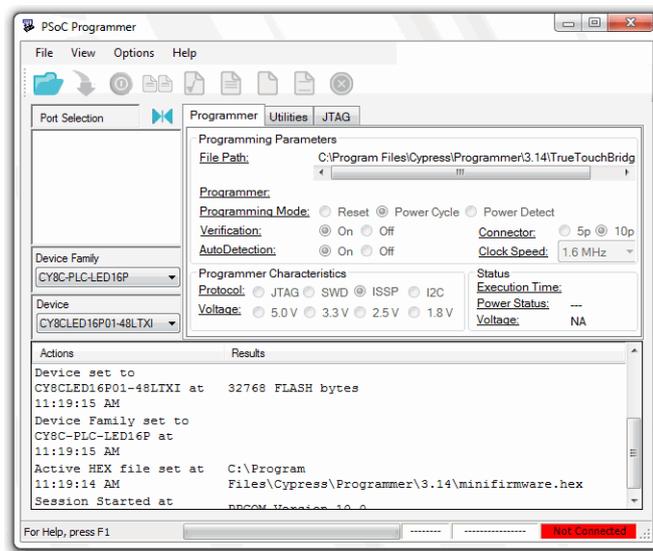


Figura 1-15 Interfaz gráfica del PSoC Programmer

Fuente: Cypress Semiconductor

1.9. Software de desarrollo LabVIEW

LabVIEW es un lenguaje de programación que utiliza iconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones, a diferencia de la programación basada en lenguaje de texto, donde las instrucciones determinan la ejecución del programa. LabVIEW utiliza la programación de flujo de datos, donde el flujo de datos determina la ejecución.

En LabVIEW se construye una interfaz de usuario con un conjunto de herramientas y objetos. La interfaz de usuario se conoce como Front Panel. A continuación, se agregan líneas código usando representaciones esquemáticas de funciones para el control de los objetos del Front Panel.

El diagrama de bloques contiene este código y se asemeja a un diagrama de flujo.



Figura 1-16 LabVIEW versión 2014

Fuente: National Instruments

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de estudio

2.2 Descriptivo

POR EL LUGAR: donde se ejecutaría la investigación, la presente se caracteriza por ser una investigación de campo.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO: porque la misma se realizará en un lugar específico en donde se instalarían los dispositivos para la realización del proyecto.

2.3 Métodos, Técnicas e Instrumentos

➤ Métodos

EXPERIMENTAL

- POR EL OBJETIVO: se espera alcanzar la investigación, que se caracteriza por ser de este tipo.
- EXPERIMENTAL: una vez que exista un estudio a fondo se realizará un análisis minucioso y se procederá al desarrollo del sistema planteado.

➤ Técnicas

➤ Población y muestra

No se cuantifica la población exacta y muestra, debido a que la implementación del sistema es de carácter empresarial.

2.4 Hipótesis

El estudio e implementación de un sistema basado en PLT permitirá realizar la tele-gestión de los medidores eléctricos.

2.5 Operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA
Sistema Basado en PLT	<ul style="list-style-type: none"> Red Eléctrica Transmisión de datos 	<ul style="list-style-type: none"> Red de baja tensión Powerline Network Protocolo Baud Rate: <ul style="list-style-type: none"> ➤ 2400 bps FSK Bandwidth: <ul style="list-style-type: none"> ➤ 3 kHz Soporte para 8 bits de paquetes CRC y 4 bits de cabecera CRC, para la detección de errores. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación

Tabla 2-1 Variable dependiente

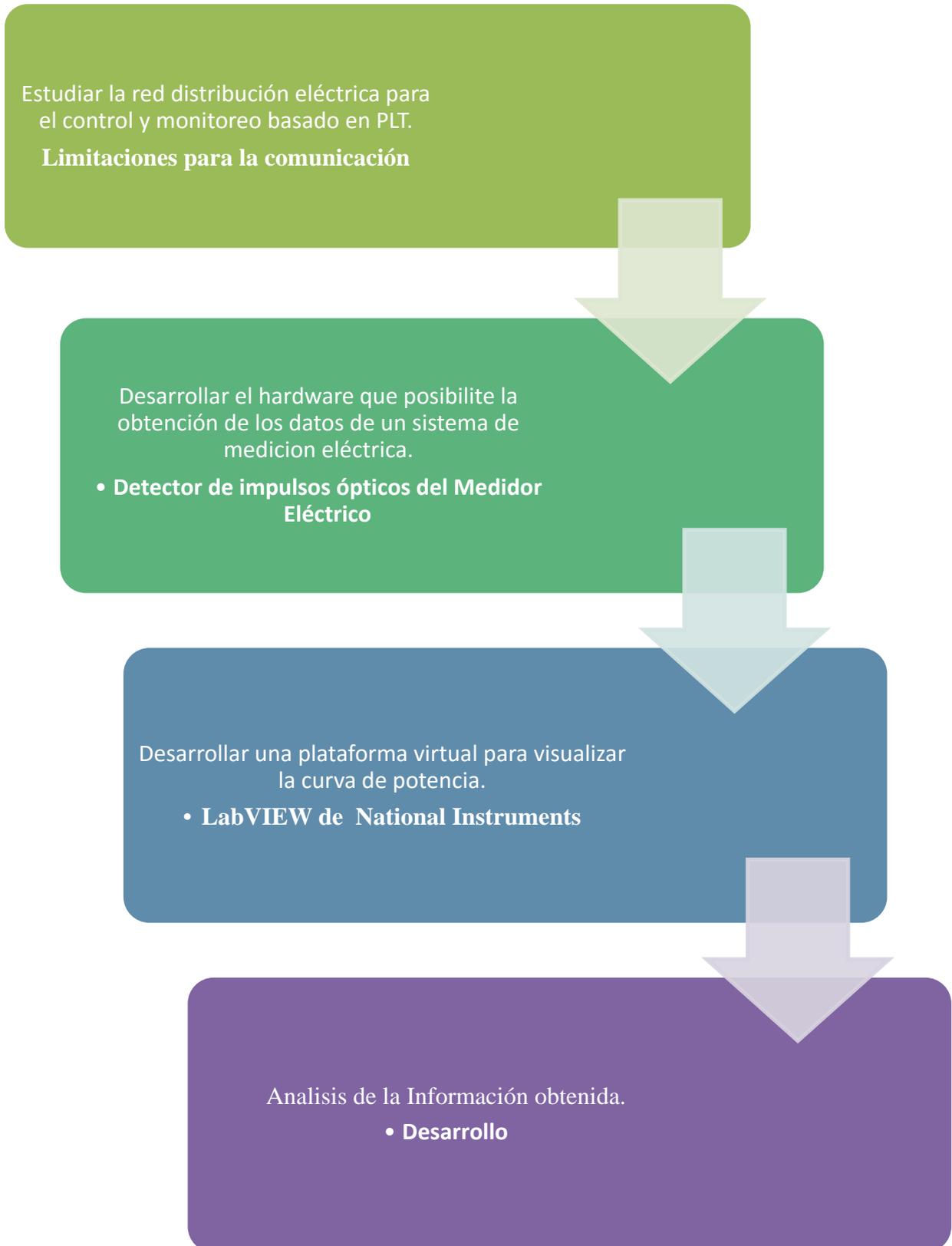
Fuente: Los autores

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA
Tele-Gestión de Medidores Eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo y control a larga distancia de los medidores eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo del servicio eléctrico. Habilitar y deshabilitar el medidor eléctrico. Base de datos para los medidores eléctricos. Interfaz web, tanto para el administrador como para el cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación Lista de cotejo

Tabla 2-2 Variable independiente

Fuente: Los autores

Procedimientos



2.6 Procedimiento y análisis

2.6.1. Instalación del software necesario para el desarrollo del proyecto.

En la primera fase del desarrollo del proyecto, se necesita de una plataforma que contenga todos los requisitos necesarios para poder instalar los respectivos programas, y así poder ejecutar las aplicaciones necesarias para iniciar con la programación del dispositivo CY8CPLC20 para el diseño del sistema de comunicación basado en PLT.

Uno de los requisitos indispensables para el desarrollo de la programación es el software Windows Installer, el cual solo puede ser ejecutado desde un sistema operativo como Windows XP o sus antecesores. Esto garantiza el funcionamiento del software para el desarrollo de este proyecto, tanto el PSoC Programmer como el PSoC Designer.

➤ PSoC Programmer

Esta herramienta es muy importante en el desarrollo de aplicaciones diseñadas en este lenguaje de programación, lo que permite hacer esta herramienta es programar el microprocesador CY8CPLC20 de los dispositivos, específicamente de la empresa Cypress Semiconductor.

Durante el desarrollo se realizaron una gran cantidad de pruebas que conllevaban a utilizar el PSoC Programmer configurado como se muestra en la figura 2-1.

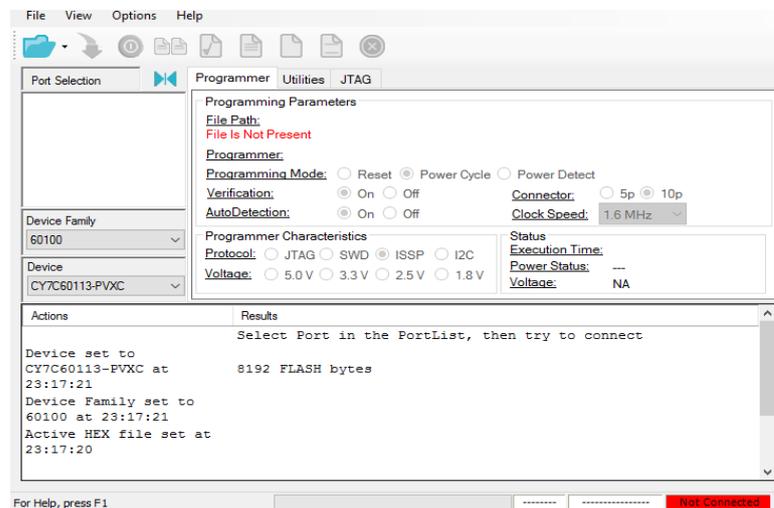


Figura 2-1 Desarrollo en PSoC Programmer

Fuente: Los autores

2.6.2. Programación de las tarjetas CY3274.

➤ Tarjeta Maestro

La tarjeta maestra tiene como objetivo principal la comunicación con el servidor mediante la comunicación UART, a la vez que utiliza la línea eléctrica para la comunicación con la tarjeta esclava, realiza la transmisión y recepción de datos mediante un módem FSK incorporado en el chip CY8CPLC20. Para realizar la comunicación con el servidor se utiliza comunicación RS-232, esto permite unir dos tipos de protocolos de comunicaciones distintos en este proyecto.

• Configuración de software para el módulo PLT en PSoC Designer

1. Ubicar un módulo PLT desde el menú desplegable como se muestra en la figura 2-2.
2. Aparecerá una ventana asistente (Figura 2-3) la cual permite elegir tres tipos de configuraciones para nuestro módulo PLT. Seleccionar la opción “**FSK Modem + Network Stack**” y hacer click en **OK**, debido a que se ajusta a las exigencias de este proyecto.

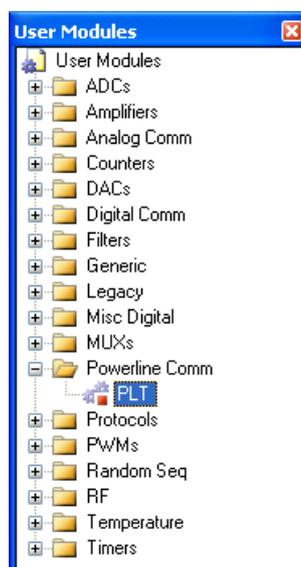


Figura 2-2 Módulos de usuario PSoC

Fuente: Los autores

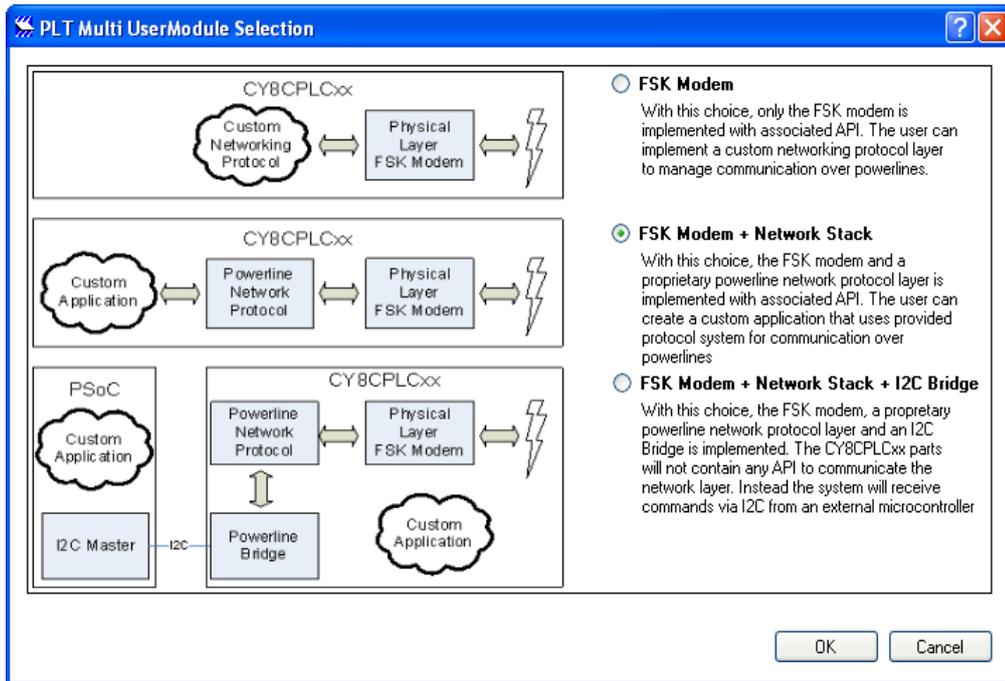


Figura 2-3 Ventana multi selección para el módulo PLT

Fuente: Los autores

- Para configurar las propiedades del módulo de usuario PLT, abrir el asistente de configuración y establecer las propiedades como se muestra en la figura 2-4. Para una explicación más detallada sobre los parámetros a establecer en el módulo de usuario PLT ver anexo 2 páginas 59.

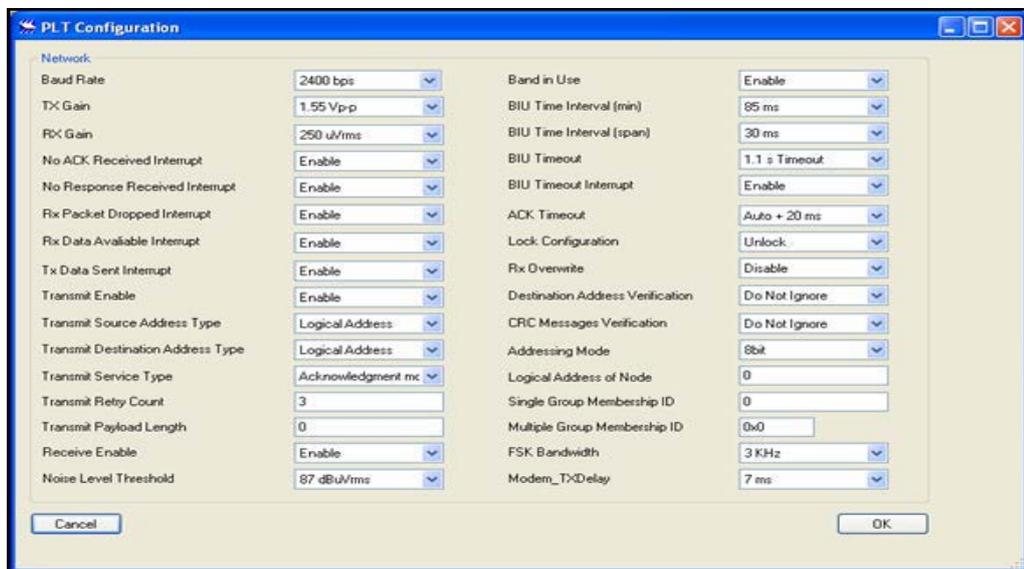


Figura 2-4 Asistente de configuración del módulo de usuario PLT

Fuente: Los autores

- Configuración del módulo de usuario UART

El microcontrolador CY8CPLC20 que trabaja bajo plataforma PSoC, tiene diferentes tipos de utilidades y una de ellas es manejar distintos protocolos de comunicación como por ejemplo SPI, I2C y UART.

Como se puede observar en la figura 2-5, se necesitan tres bloques destinados para la comunicación serial desarrollados en la plataforma PSoC Designer, dos destinados a la comunicación UART, mientras que uno está destinado a realizar la función de pre-escalador.

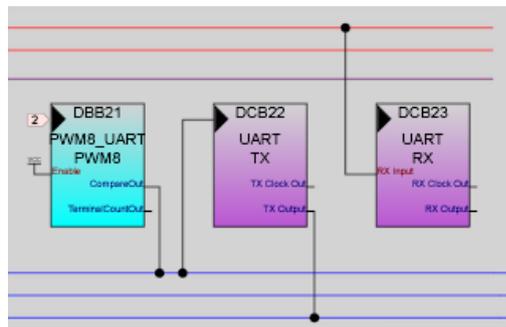


Figura 2-5 Bloques UART PSoC

Fuente: Los autores

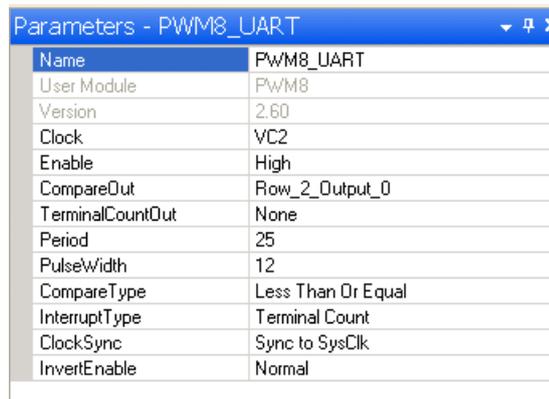
Se debe especificar los parámetros de la comunicación UART (Figura 2-6) para que exista comunicación entre el módulo de usuario maestro y la interfaz de programación LabVIEW.

Parameters - UART	
Name	UART
User Module	UART
Version	5.3
Clock	Row_2_Output_0
RX Input	Row_2_Input_2
TX Output	Row_2_Output_2
TX Interrupt Mode	TXComplete
ClockSync	Sync to SysClk
RxCmdBuffer	Disable
RxBufferSize	16
CommandTerminator	13
Param_Delimiter	32
IgnoreCharsBelow	32
Enable_BackSpace	Disable
RX Output	None
RX Clock Out	None
TX Clock Out	None
InvertRX Input	Normal

Figura 2-6 Ventana de configuración de parámetros del módulo de usuario UART

Fuente: Los autores

De igual manera se configura el módulo de usuario PWM8_UART como se muestra en la figura 2-7 necesario para la comunicación serial.



Name	PWM8_UART
User Module	PWM8
Version	2.60
Clock	VC2
Enable	High
CompareOut	Row_2_Output_0
TerminalCountOut	None
Period	25
PulseWidth	12
CompareType	Less Than Or Equal
InterruptType	Terminal Count
ClockSync	Sync to SysClk
InvertEnable	Normal

Figura 2-7 Ventana de configuración del módulo PWM8_UART

Fuente: Los autores

- **Configuración del programa principal de la tarjeta maestra.**

En esta sección se detallan los comandos que serán enviados mediante la comunicación UART que consecuentemente serán transmitidos mediante la comunicación SPI hacia el módulo PLT esclavo, y así este pueda interactuar con el módulo relé que controla el flujo eléctrico.

```
if (PLT_Memory_Array[TX_Data]=='H')
{
    puerto |= 0x01;
    PRT3DR=puerto;
}
else
{
    if (PLT_Memory_Array[TX_Data]=='T')
    {
        puerto &= ~0x01;
        PRT3DR=puerto;
    }
}
}}
```

- **Configuración de hardware de la tarjeta maestra**

En el puerto COM RS-232 de la tarjeta maestra CY3274 (Figura 2-8), se debe conectar un cable RS-232 estándar para comunicar este dispositivo con una PC. La terminal RS-232 (J20) tiene 4 pines de salida que tienen conexiones para las líneas RX, TX, RTS, y CTS. Estas necesitan estar conectadas a los pines de puerto para conectar el dispositivo a los pines correspondientes en el puerto DB9 del RS-232.



Figura 2-8 Puerto COM RS-232

Fuente: Cypress Semiconductor

En la figura 2-9 se muestra las conexiones a los pines de puerto para la comunicación UART de la tarjeta maestra con la PC.

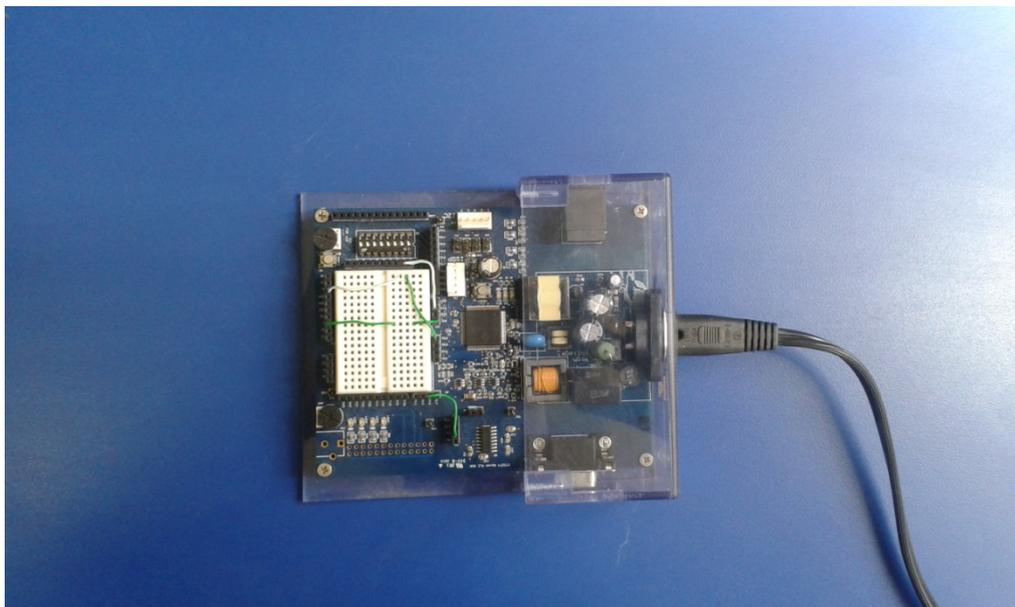


Figura 2-9 Configuración de hardware tarjeta CY3274 maestra

Fuente: Los autores

La comunicación UART no es la única herramienta que ofrece una comunicación entre la tarjeta maestra y el servidor, opcionalmente se puede realizar una comunicación utilizando un conversor de UART a ETHERNET WIZ110SR, la cual se observa en la Figura 2-10.

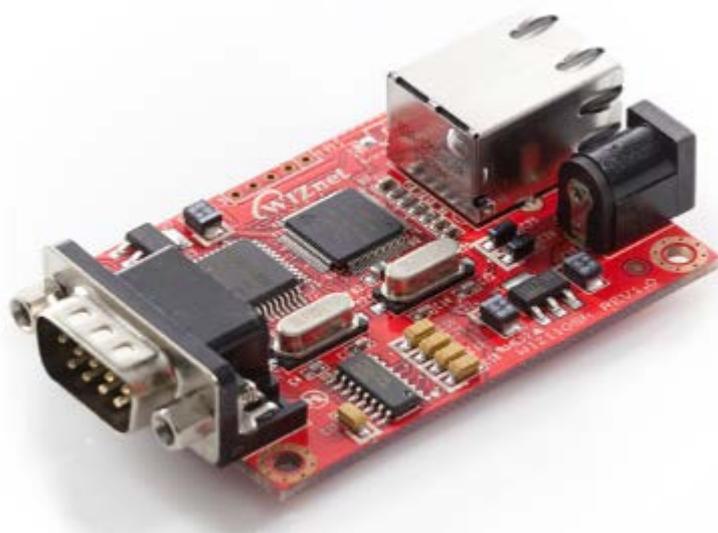


FIGURA 2-10 Configuración de hardware tarjeta CY3274 maestra

Fuente: WIZnet

➤ Tarjeta Esclavo

La tarjeta esclava tiene como objetivo principal interactuar con un circuito electrónico, con la finalidad de obtener los impulsos eléctricos obtenidos de la lectura del medidor monofásico. Esta tarjeta también es capaz de permitir o no el acceso a la red eléctrica de manera remota.

La configuración del módulo de usuario PLT para la tarjeta esclava es igual al de la tarjeta maestra. Además este posee un módulo de usuario LCD para visualizar variables como el número del medidor, el contador de impulsos y el valor de energía consumido (KWh).

- **Configuración del programa principal de la tarjeta esclava.**

El lenguaje de programación utilizado está basado en lenguaje C, a continuación la explicación de las líneas de código más importantes.

Se habilita las interfaces de comunicación que son necesarias para el diseño del sistema.

```
#include <m8c.h>
#include "PSoCAPI.h"
```

Variables utilizadas en el desarrollo de las operaciones matemáticas para el conteo de los impulsos ópticos y por ende los kilovatios-hora.

```
BYTE KWH=0;
WORD IMP=16;
```

Hay 3 LEDs (BIU_LED, RX_LED, y TX_LED) para notificar cuando el módulo de usuario PLT está siendo utilizado, tiene la banda-en-uso de tiempo de espera o si se recibe el paquete o se transmite el paquete, respectivamente.

```
TX_LED_Start ();
RX_LED_Start ();
BIU_LED_Start ();
PLT_Start ();
```

Estos son los mensajes que están siendo visualizados en la pantalla LCD del módulo de usuario PLT.

```
LCD_PrCString ("KWH=0000");
LCD_PrCString ("#MED: 349");
LCD_PrCString ("#IMPULSOS = 0000");
```

El mercado dispone de medidores con distintas relaciones entre el indicador LED de consumo y la energía que estos representan. Este proyecto utiliza un medidor eléctrico con una relación de 1600 imp/KWh. Esta sección del programa pregunta si el contador de impulsos (IMP) generados por el medidor llegó a 16 (1600 caso real), si es verdad incrementa uno en la variable kilovatio-hora (KWh) que se visualizará en el display.

```
If (wTxCount==IMP)
{
    wTxCount=0;
```

```

KWH++;
LCD_Position (0, 4);
Print_Decimal (KWH, 2) ;}

```

2.6.3. Detector de impulsos ópticos del medidor eléctrico.

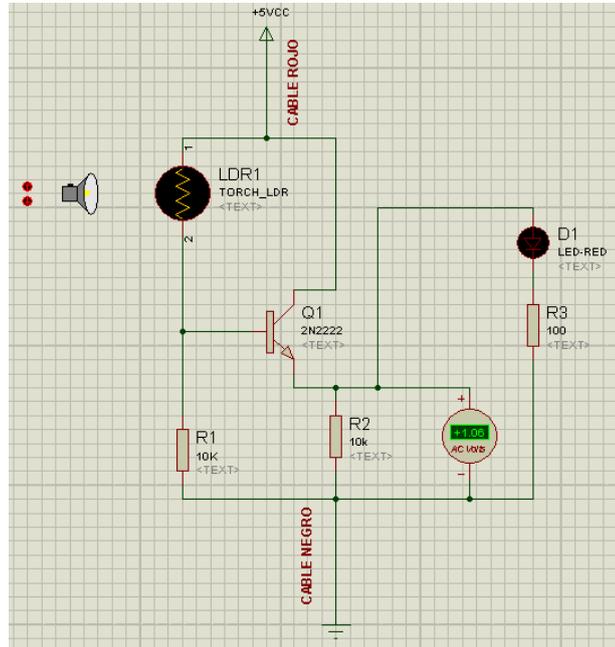


Figura 2-11 Circuito electrónico detector de pulsos ópticos

Fuente: Los autores

➤ Fotorresistencia

Fotorresistencia o resistencia dependiente de la luz (Figura 2-11), consiste en una célula de Sulfuro de Cadmio transparente, resistente a la humedad. La respuesta espectral es parecida a la del ojo humano. Su nivel de resistencia aumenta cuando el nivel de luz disminuye (Electan, 2001).



Figura 2-12 Fotoresistencia

Fuente: sunrom technologies

Además es utilizada en varias aplicaciones como control de contraste en televisores y pantallas, automatización de la iluminación en habitaciones, juegos electrónicos, controles industriales, encendido automático, etc.

➤ **Módulo Keyes_SR1Y**

El módulo relé KEYES de 5V está fabricado para aplicaciones en cualquier circuito electrónico. Posee tres pines, el VCC, GND y Signal como se puede observar en la figura 2-12. Puede actuar como interruptor si el circuito y la carga tienen diferente voltaje de alimentación. Se utiliza comúnmente en caso de que el circuito de carga sea de corriente alterna. Es un interruptor utilizado para conectar la conexión aislada del circuito, utilizando una señal digital. Cuenta con un LED rojo que se enciende cada vez que la bobina es energizada o el pasador de señal tiene una entrada de alta.

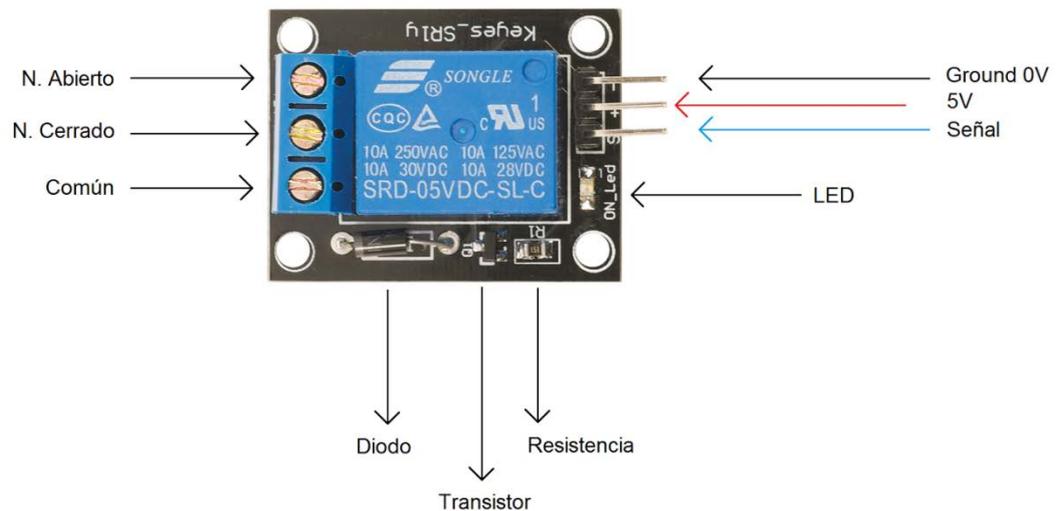


Figura 2-13 Módulo Keyes_SRIY

Fuente: soloarduino

Este módulo cuenta principalmente con un relé songle modelo srd-05vdc-sl-c de 10A y 250V, cuyas principales características se muestran en su respectiva hoja de datos en el anexo 3 página 57.

Desarrollo del conversor de impulsos ópticos

El circuito electrónico capaz de transformar los impulsos ópticos obtenidos del medidor eléctrico, consta de un transistor del tipo 2n2222, además de la fotoresistencia y el módulo relé. Cuando la cantidad de iluminancia en la fotoresistencia es muy baja esta representa una resistencia muy alta provocando una corriente de base aproximadamente de 0 en el transistor, debido a esto un voltaje de 0 se presenta entre el emisor y GND (resistencia R2).

Si la cantidad de luminancia es mayor, la LDR disminuye su resistencia, debido a esto una corriente se genera en la base del transistor y, permitiendo el paso de corriente desde el colector hacia el emisor. La utilización de un divisor de voltaje con la LDR es necesario para dar protección en caso de corrientes espurias como se puede observar en la figura 2-13.

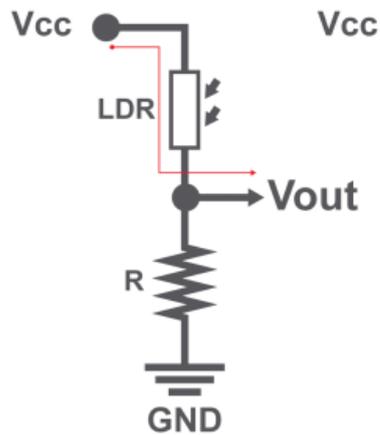


Figura 2-14 Circuito eléctrico básico de una LDR

Fuente: Los autores

El sistema de comunicación para la tele-gestión de medidores eléctricos debe permitir o no el acceso a la red eléctrica. El módulo `keyes_SR1Y` (figura 2-12) permite controlar el circuito de AC con una señal digital generada por la tarjeta esclavo.

- Configuración de hardware de la tarjeta CY3274 esclavo.



Figura 2-15 Configuración de hardware de la tarjeta esclavo

Fuente: Los autores

2.6.4. Entorno visual para el control y monitoreo del sistema.

Para el desarrollo de la aplicación que visualiza curvas de potencia, se utiliza una herramienta de programación de ingeniería desarrollada por la empresa National Instruments, LabVIEW. Ofrece al programador múltiples ventajas como, varios tipos de comunicación tanto alámbrica como inalámbrica, herramientas para visualizar los resultados ejecutados en tiempo real de un sistema de medición que son útiles para realizar la tele-gestión.

En esta plataforma se realizó la aplicación que visualiza y controla el estado del medidor de consumo eléctrico. Para su desarrollo se utiliza varias herramientas que ofrece la aplicación, lo que permite realizar la comunicación serial entre el módulo maestro PLT y la interfaz de LabVIEW así como muestra la figura 2-15.

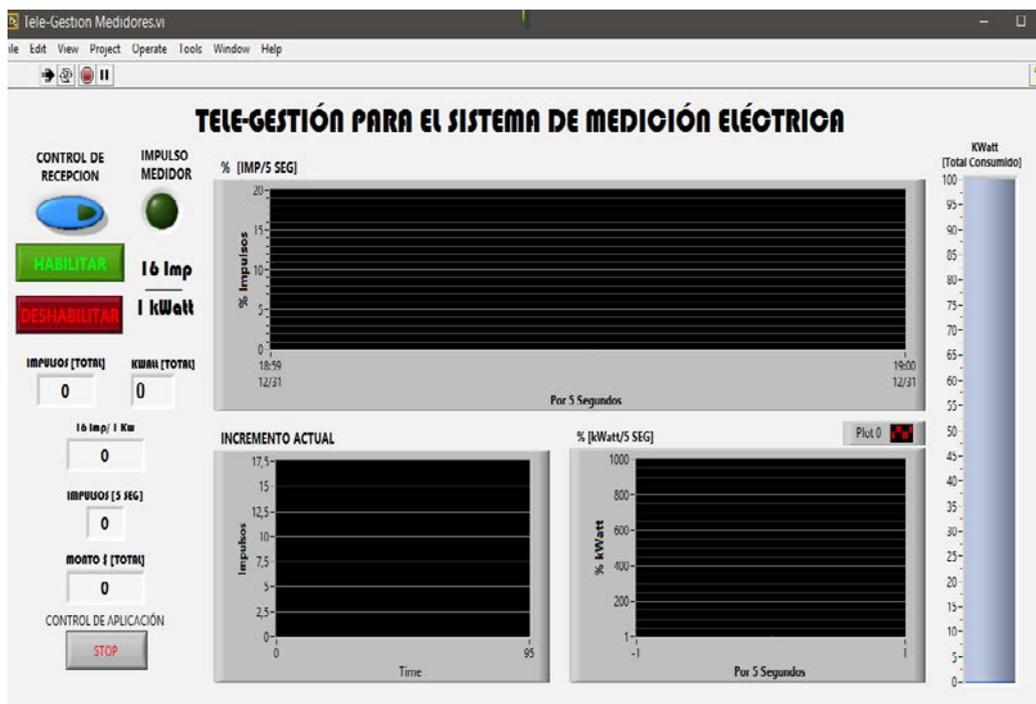


Figura 2-16 Interfaz gráfica del proyecto en LabVIEW

Fuente: Los autores

2.6.4.1. Configuración de software en LabVIEW

Se desarrolló una aplicación que al interactuar con un circuito eléctrico tiene la capacidad de habilitar o deshabilitar al medidor de energía eléctrica de acuerdo a los protocolos que deba seguir el administrador del sistema.

En esta sección de la aplicación, se utiliza la herramienta VISA Configure Serial Port encargada de transmitir el pulso desde el computador hacia la tarjeta maestra, para su posterior transmisión hacia la tarjeta esclava.

Consta de varios parámetros para su correcta configuración: Velocidad, Protocolo, Paridad, etc. Estos parámetros se pueden observar en la figura 2-16.

VISA Configure Serial Port envía una cadena de caracteres por el puerto serial del computador, al momento que la tarjeta PLT maestra detecta la cadena de caracteres, se comunica con la tarjeta esclava por medio de la línea de potencia, y esta a su vez interactúa con el módulo relé responsable de la conexión a la red.

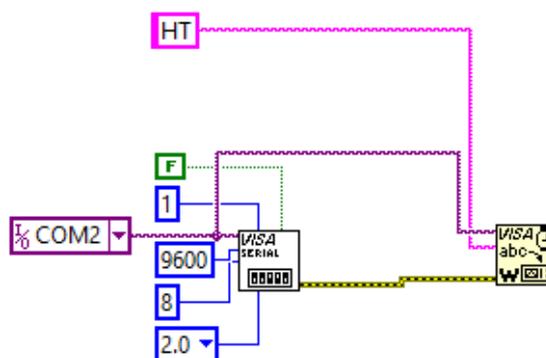


Figura 2-17 Parámetros para la configuración del módulo VISA

Fuente: Los autores

➤ Lectura de los impulsos eléctricos desde la PC

Los impulsos eléctricos generados por el circuito electrónico detector de luz, son leídos por la tarjeta PLT esclava, que se comunica con la tarjeta maestra, transmitiendo estos pulsos eléctricos por medio de la línea potencia. Mediante la comunicación UART la tarjeta maestra envía estos datos hacia la PC.

En la figura 2-17, se muestra la programación en bloques para la recepción de los datos proporcionados por la tarjeta PLT esclava, los cuales son enviados en formato

hexadecimal. Un valor de alto está representado por “0xFF” o su respectivo valor entero “255”. Cuando se lee el dato en la interfaz de LabVIEW se realiza una comparación con una constante para generar un valor booleano en caso de ser el especificado por la constante [255]. Después que la respuesta es transformada en un valor booleano [0 ó 1] entra a una condición, en caso de ser verdadera realiza la respectivas operaciones asignadas en esa sección de la condición y en caso de ser falsa no realiza ninguna acción.

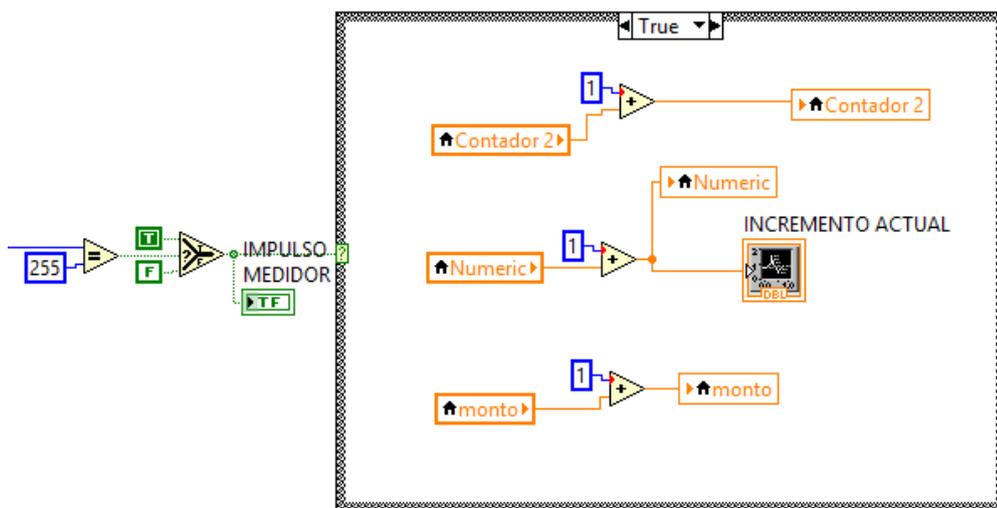


Figura 2-18 LabVIEW Obtención de pulsos eléctricos

Fuente: Los autores

➤ **Cuantificación y graficación de los pulsos.**

Cuando la PC lee el pulso, entra a la condición y realiza la acción que se muestra en la figura 2-18

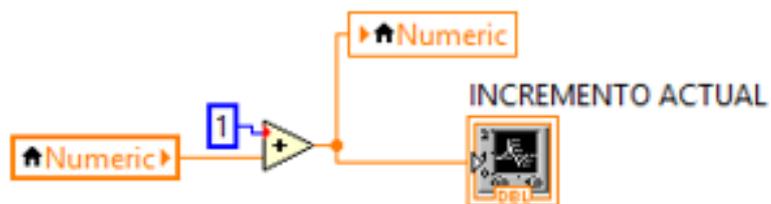


Figura 2-19 LabVIEW incremento actual

Fuente: Los autores

➤ **Generación del monto económico del consumo eléctrico.**

El monto económico del consumo eléctrico de cada usuario y la selección de la tasa impuesta sobre la energía activa consumida medida en KWh se rigen bajo las normas y regulaciones establecidas por el ARCONEL. Y este establece un valor de 0,04 ctvs por cada KWh en caso de estar dentro de los límites de consumo (110 KWh en la sierra y 130 KWh en la costa). Este arancel está impuesto a cada pulso generado por el medidor eléctrico con la siguiente relación:

$$KWh = 0,04 \text{ dólares}$$

Sí:

$$KWh = 1600 \text{ pulsos}$$

Entonces:

$$1 \text{ pulso} = 0,000025 \text{ dólares}$$

Esta relación es utilizada para generar los valores a cancelar por el usuario, al ser multiplicado por **Contador 2**. Ese valor se visualiza en la página web al igual que las curvas de potencia generadas por el usuario.

2.6.4.2. Herramientas para servicio web

➤ **Web Publishing Tool**

Web Publishing es una herramienta de LabVIEW (figura 2-20) que permite al administrador interactuar con el Front Panel donde está desarrollada la aplicación. Esta herramienta permite la visualización web de las curvas de potencia, montos a cancelar, potencia promedio consumida, etc. Utiliza el protocolo de comunicación HTTP, simulando un servidor, en donde la propia aplicación en LabVIEW sirve para almacenar la base de datos.

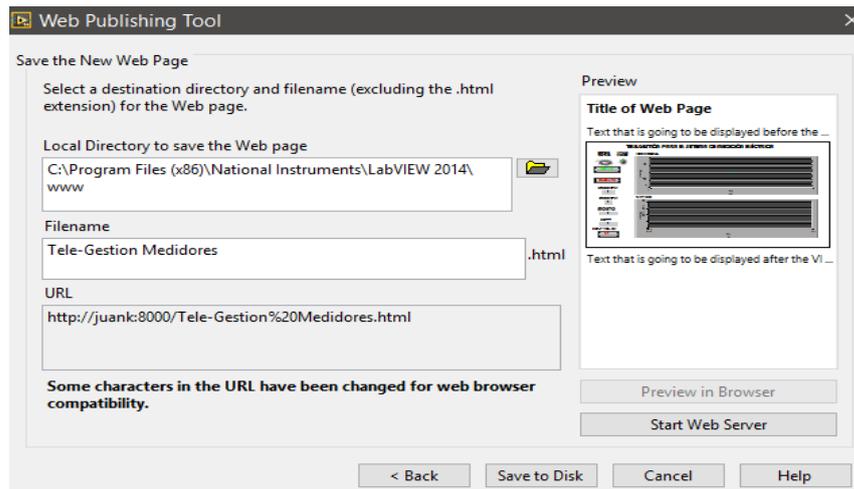


Figura 2-21 Web Publishing Tool

Fuente: Los autores

Web Publishing Tool es una herramienta que permite el desarrollo de un servidor, se requiere instalar un plugin llamado LabVIEW Run-Time Engine que permite al usuario en el navegador web poder visualizar una aplicación realizada en LabVIEW.

En la figura 2-21 se muestra la página web con la aplicación realizada para este proyecto.

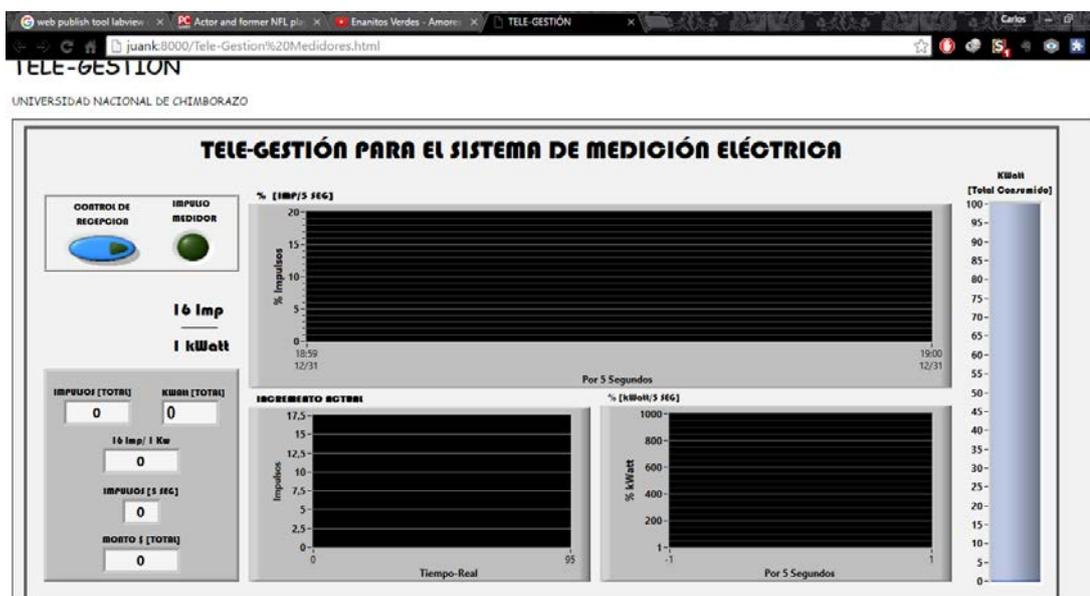


Figura 2-22 Página web creada con la aplicación

Fuente: Los autores

CAPITULO III

3. RESULTADOS

3.1 Limitaciones

La tarjeta PLT maestra puede utilizar 8 bits para el direccionamiento lógico, debido a esto el número de nodos (terminales) que pueden comunicarse con la tarjeta PLT maestra se pueden calcular utilizando la siguiente relación:

$$\text{Número de nodos} = 2^8$$

Lo que da como resultado un total de 256 nodos (esclavos) en la red de comunicación PLT, como se ilustra en la figura 3-1.

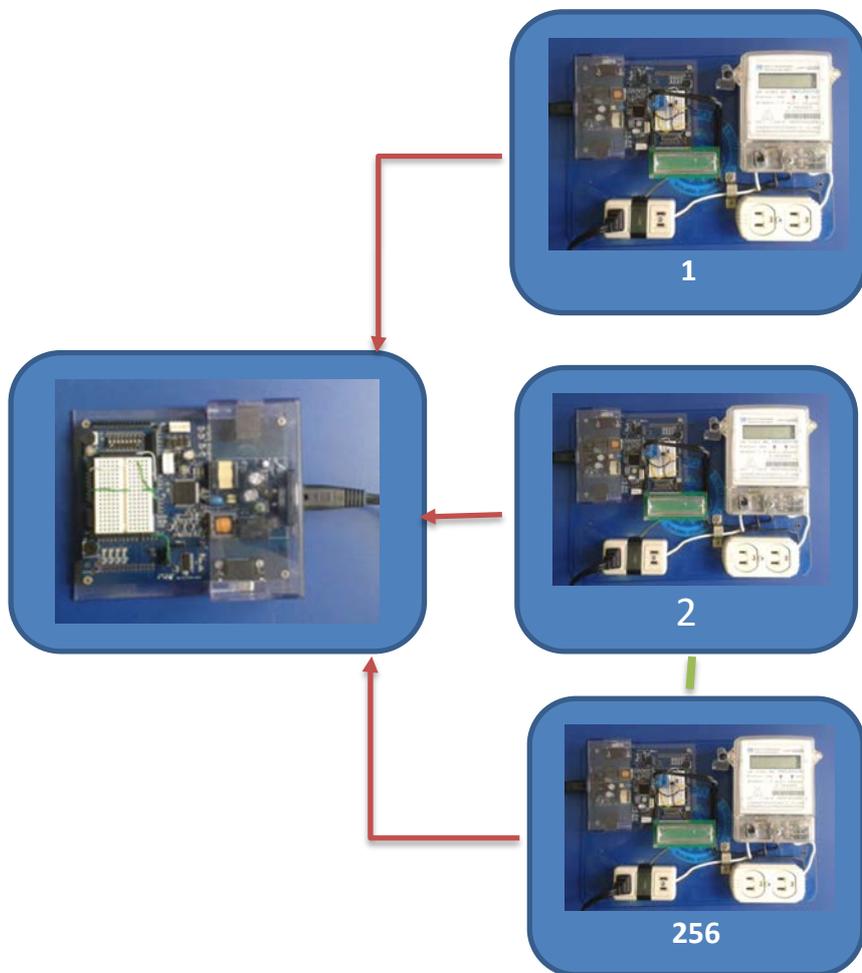


Figura 3-1 Posibles nodos (esclavos) que se pueden incorporar al sistema

Fuente: Los autores

Las limitaciones para la comunicación PLT presentadas en la línea eléctrica son:

- Ruido
- Distancia e impedancia

Los resultados obtenidos del estudio de estas limitaciones se muestran a continuación.

➤ Ruido

La herramienta de desarrollo PLC Panel Control permite las mediciones de ruido. La figura 3-1 muestra el resultado del estudio realizado en la línea de potencia sin carga. Esta línea presenta una relación señal a ruido de 93 dBuV.

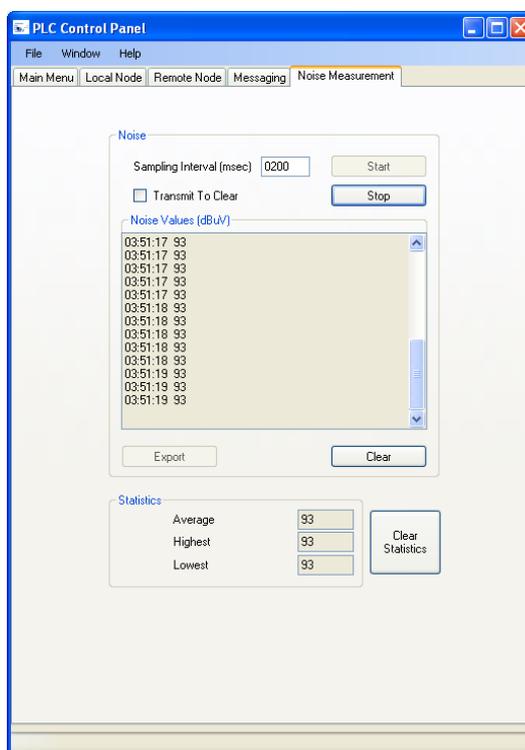


Figura 3-2 Medición de ruido con Panel Control (sin carga)

Fuente: Los autores

Después de realizar las pruebas conectando una carga que introdujo ruido al sistema, se generó un incremento de 6 dBuV. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 3-2.

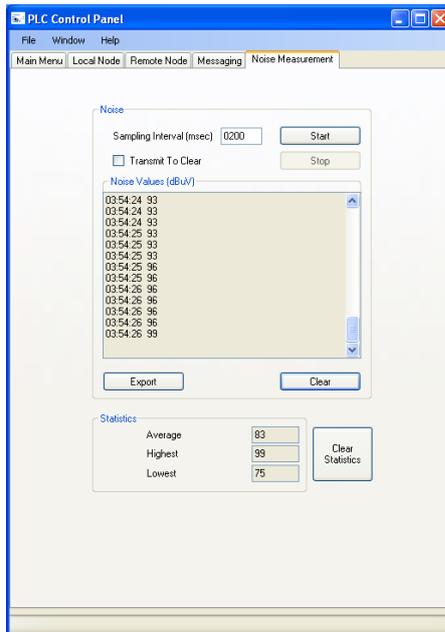


Figura 3-3 Medición de ruido con Panel Control (con carga)

Fuente: Los autores

La tasa de error de paquetes enviados (PER) con respecto a la relación señal a ruido (SRN) se muestra en la figura 3-3.

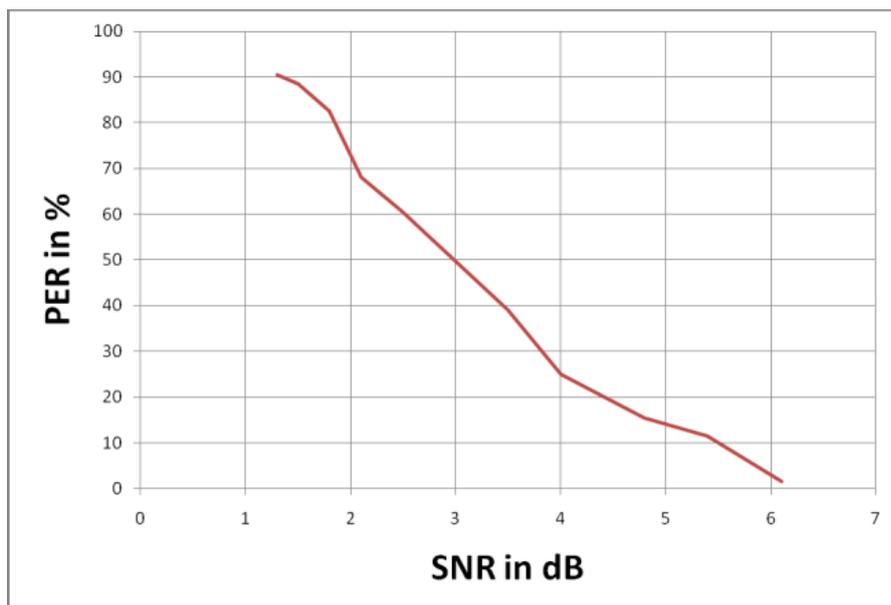


Figura 3-4 Relación señal a ruido versus la tasa de error de paquetes

Fuente: Los autores

➤ Distancia e impedancia

Se realizó la prueba de comunicación a través de la red eléctrica a una distancia de 300 mts, los paquetes de datos enviados fueron iguales a los paquetes de datos

recibidos. En la figura 3-4 se muestra las dos tarjetas CY3274 en el proceso de comunicación.



Figura 3-5 Comunicación a 300 metros entre tarjeta maestra y esclava

Fuente: Los autores

3.2 Análisis de calidad de la energía en la red eléctrica durante el proceso de comunicación PLT.

El dispositivo Fluke 435 II (Figura 3-5) permite el análisis de la calidad de energía eléctrica. Presenta un entorno gráfico que permite la exportación de datos para su posterior análisis.



Figura 3-6 Analizador de calidad de la energía eléctrica Fluke 435 II

Fuente: Los autores

Durante las pruebas de campo se analizaron los armónicos generados por la red eléctrica en 2 situaciones:

1. Análisis de la red eléctrica sin carga.

La distorsión en la red se representa mediante el porcentaje de THD, el cual durante las pruebas de campo generó el valor de THD = 5.6%.

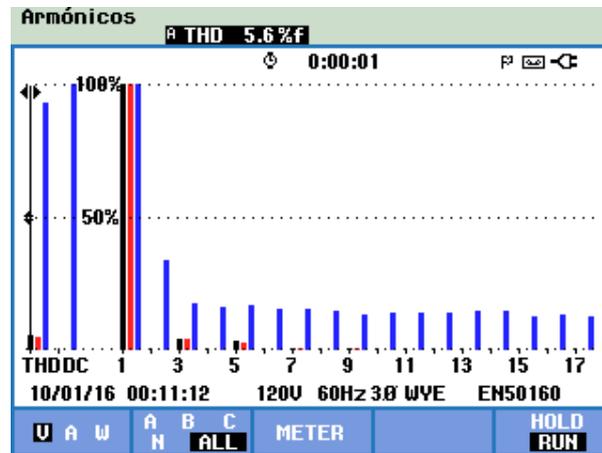


Figura 3-7 Armónicos (sin carga)

Fuente: Los autores

2. Análisis de la red eléctrica con carga.

La distorsión de la red se representa mediante el porcentaje THD, durante las pruebas de campo se generaron, el valor de THD = 6.0%. El factor de calidad de la red fue de $K=1.2$ lo que está dentro de los márgenes permitidos.

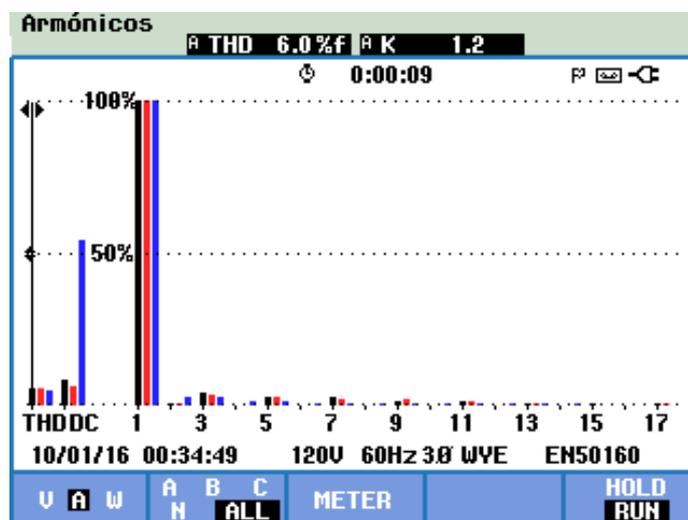


Figura 3-8 Armónicos (Con carga)

Fuente: Los autores

La figura 3-8 muestra el desfase entre las líneas de esta red (180° sistema bifásico), además se muestra los valores en términos de voltaje de cada fase, durante la comunicación PLT.

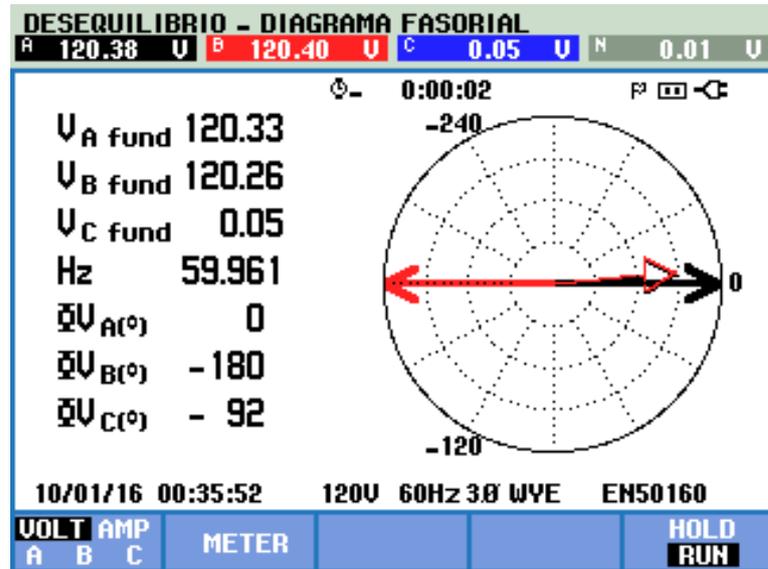


Figura 3-9 Diagrama fasorial de voltaje

Fuente: Los autores

En la figura 3-9 se muestra el desfase de las señales de la red eléctrica en términos de amperaje por fase, consumidos por 9 luminarias LED conectadas a la red, durante la comunicación PLT.

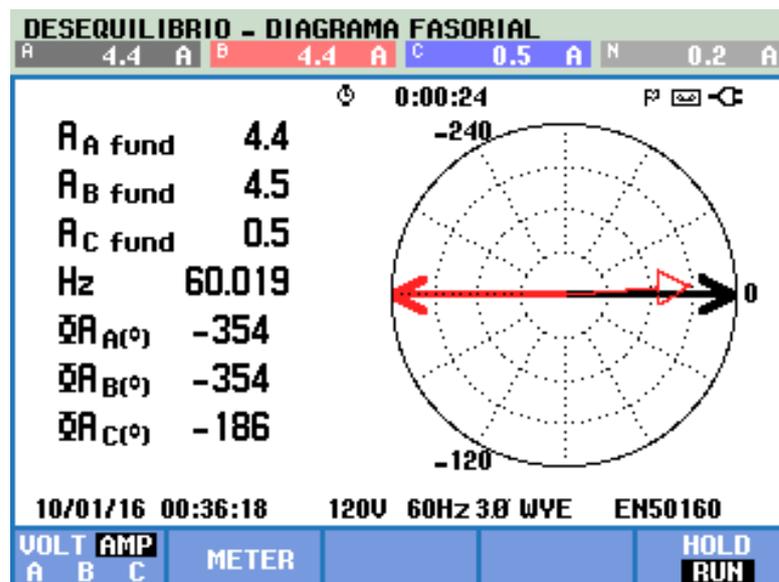


Figura 3-10 Diagrama fasorial de corriente

Fuente: Los autores

En la figura 3-10 se observa el resultado en valores del análisis de potencia y energía encendidas las 9 luminarias LED con un consumo promedio de 60 Watts cada una.

POTENCIA Y ENERGÍA					
	0:00:40				
	A	B	C	Total	
kW	0.51	- 0.54	- 0.00	- 0.02	
	A	B	C	Total	
kVA	0.52	0.54	0.00	1.06	
	A	B	C	Total	
kvar	0.06	0.05	0.00	0.34	
	A	B	C	Total	
PF	0.99	-0.99	-.--	-0.02	
10/01/16 00:39:52 120V 60Hz 3Ø WYE EN50160					
UP DOWN	TREND		EVENTS 0		HOLD RUN

Figura 3-11 Potencia y energía de la red eléctrica

Fuente: Los autores

3.3 Conversor de impulsos ópticos

Los impulsos de luz generados por el LED en el medidor eléctrico, se transforman en impulsos eléctricos a través del convertor mostrado en la figura 3-11. Los impulsos eléctricos se reciben y mediante el chip CY8CPLC20 que incorpora el módulo CY3274 son cuantificados y visualizados en el display.



Figura 3-12 Conversor de pulsos ópticos a eléctricos

Fuente: Los autores

3.4 Plataforma virtual web desarrollada para la tele-gestión.

En la plataforma virtual se generan los resultados obtenidos, que son de utilidad para la tele-gestión de medidores de consumo eléctrico. En la Figura 3-12 se aprecia el resultado en tiempo real del cambio de nivel de los impulsos generados por el medidor de consumo eléctrico al separar dos cargas de las tres conectadas al sistema.

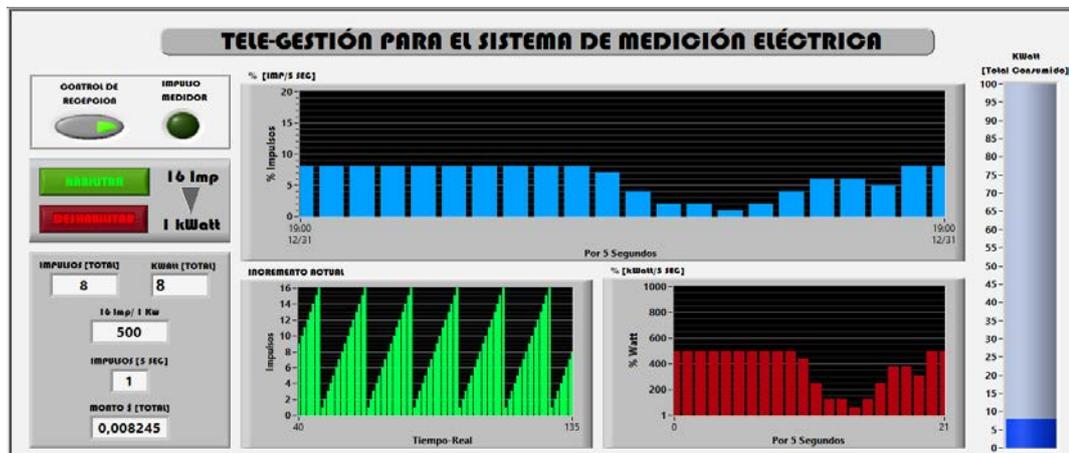


Figura 3-13 Interfaz gráfica en LabVIEW

Fuente: Los autores

En la figura 3-13 se muestra los impulsos eléctricos generados en un promedio de 5 segundos (una hora en caso real), interpretados por el software de desarrollo LabVIEW.

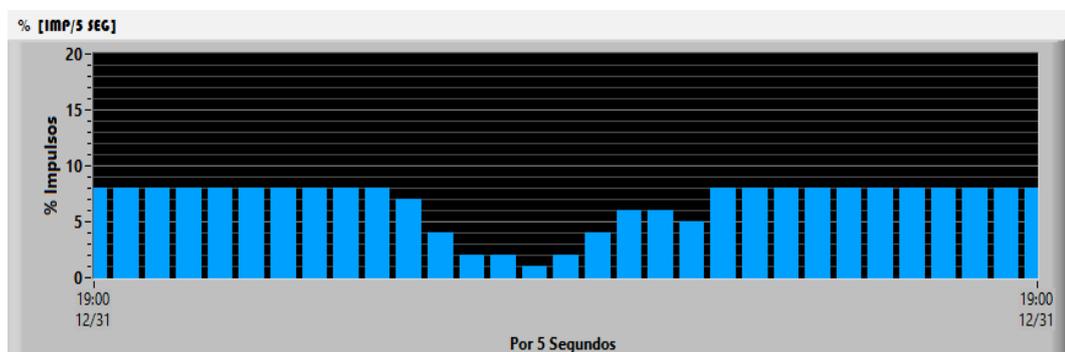


Figura 3-14 Curva de nivel de impulsos

Fuente: Los autores

En la figura 3-14 se aprecia la curva de nivel de potencia (Watts) en tiempo real, que se genera por el consumo de tres aparatos conectados a la red eléctrica.

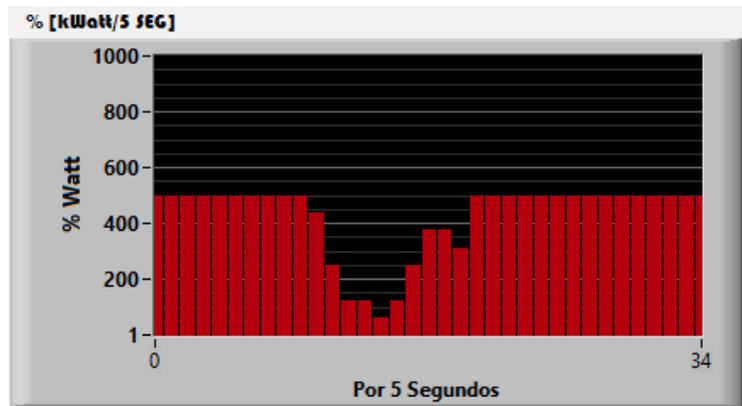


Figura 3-15 Curva de nivel de potencia

Fuente: Los autores

El incremento de los KWh cuantificados cada 16 impulsos (1600 en caso real) se pueden observar en la figura 3-15.

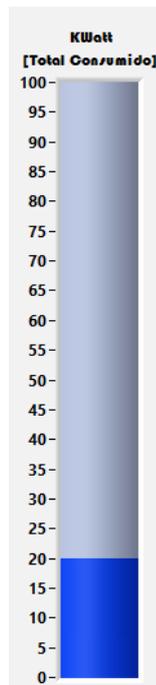


Figura 3-16 Barra de incremento de KWh

Fuente: Los autores

CAPITULO IV

4. Discusión

La tele-gestión de los medidores para el consumo de la energía eléctrica se desarrolla en base a la lectura de datos que registran los medidores, se genera un impulso de luz a través de un LED cada determinado tiempo. Estos impulsos están relacionados con el consumo de energía mediante la constante X_{imp}/KWh lo que determina el incremento unitario de los kilovatios-hora cada x impulsos ópticos. Se procede a ampliar el sistema convencional implementando un sensor de luz que detecte cada impulso óptico y a su vez los convierta en impulsos eléctricos y así puedan ser detectados por el módulo PLT esclavo para su transmisión a través de la línea de potencia al módulo PLT maestro. El módulo maestro realiza una comunicación UART retransmitiendo los impulsos hacia la PC, que es la plataforma que se encarga de efectuar el conteo de los impulsos, relacionados con el consumo de energía medido en KWh. Estos son visualizados en la plataforma de desarrollo LabVIEW que incorpora la herramienta Web Publishing Tool para la visualización mediante una página web. Una vez cuantificados los impulsos de luz del medidor electrónico en el servidor, el administrador del sistema rigiéndose bajo un protocolo de servicio puede habilitar o deshabilitar el servicio eléctrico. Consiste en transmitir una cadena de caracteres mediante comunicación serial al módulo PLT maestro, el que reenvía este código mediante la línea de potencia al módulo PLT esclavo, para realizar el control del módulo relé que permite o no el flujo eléctrico de salida en el medidor de energía.

CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El sistema desarrollado para la tele-gestión del medidor de energía, puede ser adaptado a cualquier medidor electrónico que incorpore un indicador LED de consumo eléctrico.
- En las redes de potencia puede existir ruido eléctrico generado por varios dispositivos, esto provoca pérdidas de paquetes, pero los módulos de usuario PLT CY3274 incorporan un protocolo de red para la detección de errores y retransmisión de paquetes de datos.
- La pérdida de paquetes se reduce significativamente en una red eléctrica monofásica, debido a la baja impedancia entre sus conductores.

5.2 Recomendaciones

- Realizar periódicamente el mantenimiento del sistema de distribución para así poder evitar gastos innecesarios a largo plazo.
- Llevar un funcionamiento estable del sistema, utilizando un sistema de baterías o UPS para mantener los datos almacenados y no tener inconvenientes al momento en que existan caídas de voltaje.
- Reducir la relación entre los impulsos y la energía consumida que representan, para disminuir el factor de pérdida por visualización errónea.
- El administrador de la red debe regirse bajo normativas corporativas para hacer del sistema de tele-gestión una herramienta de desarrollo en la sociedad

CAPITULO VI

6. PROPUESTA

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LA TELE-GESTIÓN DE MEDIDORES ELÉCTRICOS BASADO EN PLT.

6.2 INTRODUCCIÓN

En el país actualmente se encuentra implementado un sistema para la medición del consumo eléctrico que consiste en instalar un medidor de energía en una ubicación específica, esto permite visualizar el consumo eléctrico medido en KWh ya sea de manera mecánica o digital. Una o varias personas se encargan de adquirir los datos generados por el medidor eléctrico, para luego ser interpretados por la empresa encargada de la distribución de energía.

Múltiples factores pueden afectar la correcta adquisición de los datos visualizados en el medidor eléctrico, como por ejemplo:

- ✓ sectores restringidos
- ✓ áreas de difícil acceso

Esto conlleva a que los datos obtenidos sean erróneos con respecto a los datos reales. Esto puede generar problemas entre el usuario del medidor y la empresa de distribución eléctrica, así como pérdidas económicas a la propia empresa.

Este proyecto está desarrollado para automatizar el sistema de adquisición de datos generados por los medidores de consumo eléctrico, el cual consiste en comunicar el medidor con un servidor para permitir al operador monitorear y controlar el sistema de medición desde una central.

El sistema de tele-gestión se conforma de cuatro etapas fundamentales las cuales son:

- La adquisición del valor de energía consumida por el usuario en KWh haciendo uso de un sensor de luz que interactúa con los impulsos ópticos generados por el led que indica el consumo eléctrico del medidor electrónico.
- La recepción de los pulsos ópticos por la tarjeta CY3274 esclava para su posterior transmisión hacia la tarjeta CY3274 maestra utilizando el sistema de comunicación basado en PLT. Este sistema de comunicación realiza la transmisión de la información por la línea de alta tensión.
- Comunicación de la tarjeta maestra con la PC utilizando el protocolo de comunicación RS-232 en conjunto con el software LabVIEW para la recolección de los datos adquiridos de los medidores de energía.
- Visualización de curvas de potencia en una página web creada con herramientas de programación existentes en el software LabVIEW, lo que permite al administrador de la red utilizar una plataforma virtual destinada a gestionar el consumo eléctrico del medidor de energía de forma remota desde internet.

6.3 Objetivos

➤ Objetivo General

- Estudiar e implementar un sistema de medición que nos permita realizar la tele-gestión de los medidores eléctricos basado en PLT.

➤ Objetivos Específicos

- Estudiar las plataformas de desarrollo PSoC.
- Estudiar los alcances y limitaciones del sistema PLT.

- Desarrollar un sistema electrónico para la recolección de datos de potencia y energía.
- Desarrollar una aplicación web que permita visualizar los datos útiles como curvas de potencia (KWh) y el acceso a datos históricos.

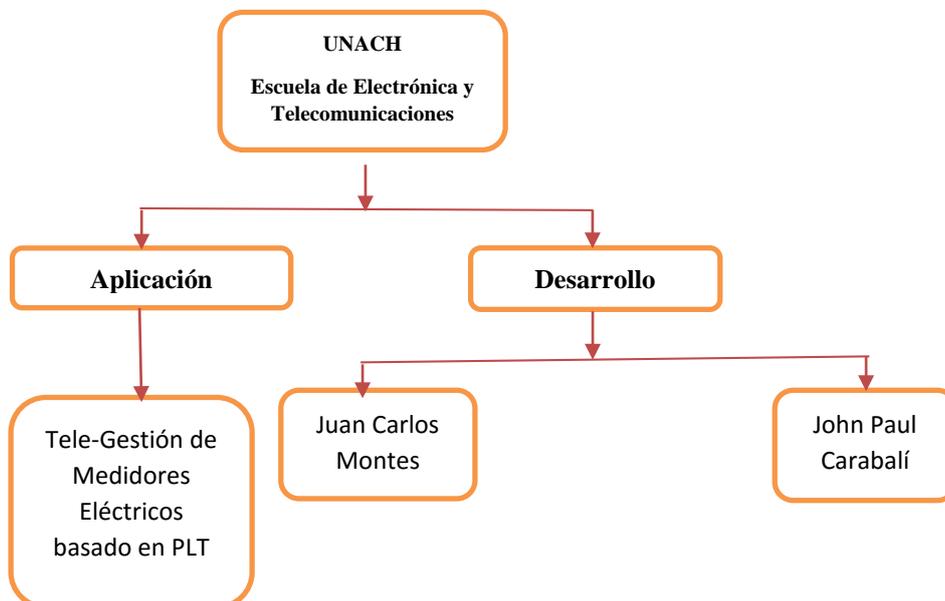
6.4 Fundamentación Científico-Técnico

La sistema de medición eléctrica desarrollada está encaminada a la tele-gestión de medidores de consumo eléctrico, mediante la innovación de este sistema se contribuye al desarrollo de la sociedad optimizando y actualizando el proceso de control y monitoreo del estado del medidor.

6.5 Descripción de la propuesta

El sistema desarrollado enfocado a la tele-gestión incorpora varios factores importantes como el realizar una comunicación PLT utilizando un medio ya instalado que este vendría a ser el cableado eléctrico, los datos adquiridos durante la medición se encuentran almacenados en el servidor que incorpora una plataforma virtual de LabVIEW que realiza la cuantificación de los datos y visualización de las curvas de potencia en tiempo real en una página Web.

6.6 Diseño organizacional



6.7 Monitoreo y evaluación de la propuesta

Este sistema basado en PLT en comparación a los sistemas existentes, permite el control del medidor de consumo eléctrico, y la obtención y visualización de estos datos por medio de una aplicación web.

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

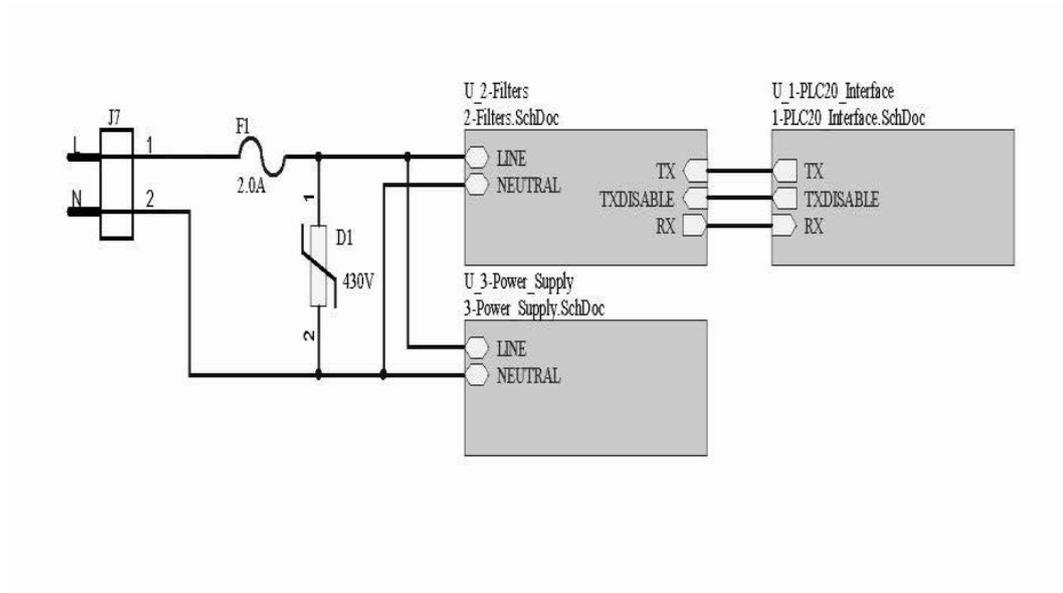
- Barrera, V., & Guillén, L. (16 de 09 de 2007). *redes-electricas*. Obtenido de monografías: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/redes-electricas/redes-electricas.pdf>
- CE-C2795. (08 de 10 de 2001). Obtenido de electan electrónica y robótica: <http://www.electan.com/datasheets/cebek/CE-C2795.pdf>
- Comunicación Serial: Conceptos Generales*. (06 de 06 de 2006). Obtenido de National Instrument: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>
- Cypress. (13 de 08 de 2014). *CY3274_Kit_Guide_001-53598_0G_V*. Obtenido de Cypress Semiconductor.
- Cypress Semiconductor. (14 de 10 de 2014). *PSoC Designer IDE User Guide*. Obtenido de Cypress Semiconductor: http://www.cypress.com/system/files/document/files/001-83413_0A_V_0.pdf
- Electan. (08 de 10 de 2001). *CE-C2795*. Obtenido de electan electrónica y robótica: <http://www.electan.com/datasheets/cebek/CE-C2795.pdf>
- García, R. O. (2014). *Instituto de Microelectronica Aplicada*. Obtenido de Instituto de Microelectronica Aplicada: <http://www.iuma.ulpgc.es/~nunez/clases-micros-para-com/mpc0809-trabajos/mpc0809RuymanOjedaSTBs.pdf>
- Manual-de-Operaciones-DDS26B*. (26 de 09 de 2014). Obtenido de Alema: <http://www.alema.cl/files/Manual-de-Operaciones-DDS26B.pdf>
- MarkJomari. (20 de 02 de 2015). *KEYES%205V%20Relay%20Module%20KY-019*. Obtenido de tinkbox: <http://tinkbox.ph/sites/tinkbox.ph/files/downloads/KEYES%205V%20Relay%20Module%20KY-019.pdf>
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, E. Y. (3 de Abril de 2010). *Ministerio de Industrio, Energia y Turismo*. Obtenido de <http://www.televisiodigital.gob.es/tecnologias/Interactividad/Paginas/interactividad.aspx>
- Rios, F. (16 de 09 de 2007). Obtenido de *redes-electricas.pdf*: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/redes-electricas/redes-electricas.pdf>
- SCE7755*. (07 de 04 de 2009). Obtenido de Morikawa tecnología microelectrónica: <http://www.sc-tech.cn/en/SCE7755.pdf>

CAPITULO VIII

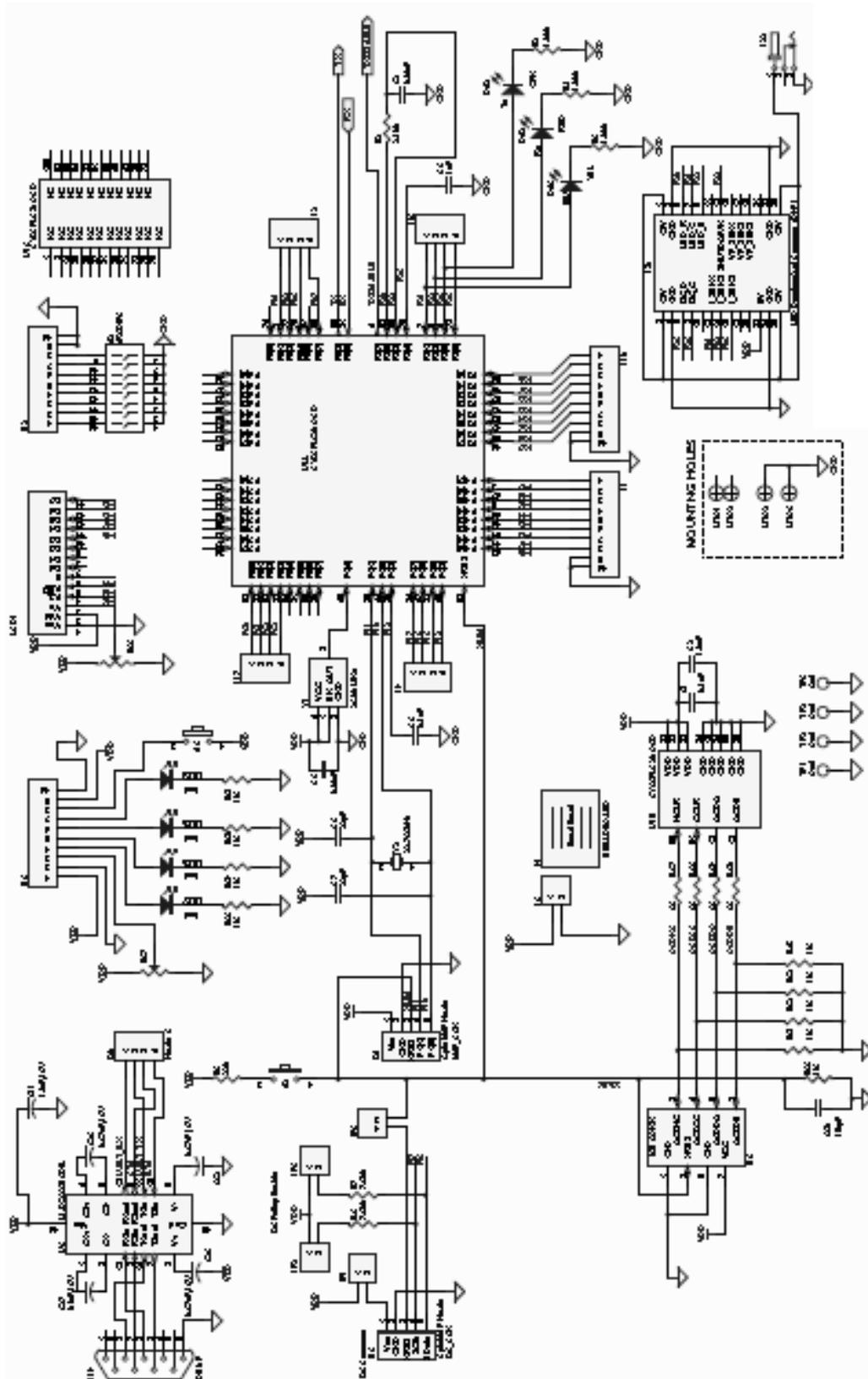
8. ANEXOS

ANEXO 1.

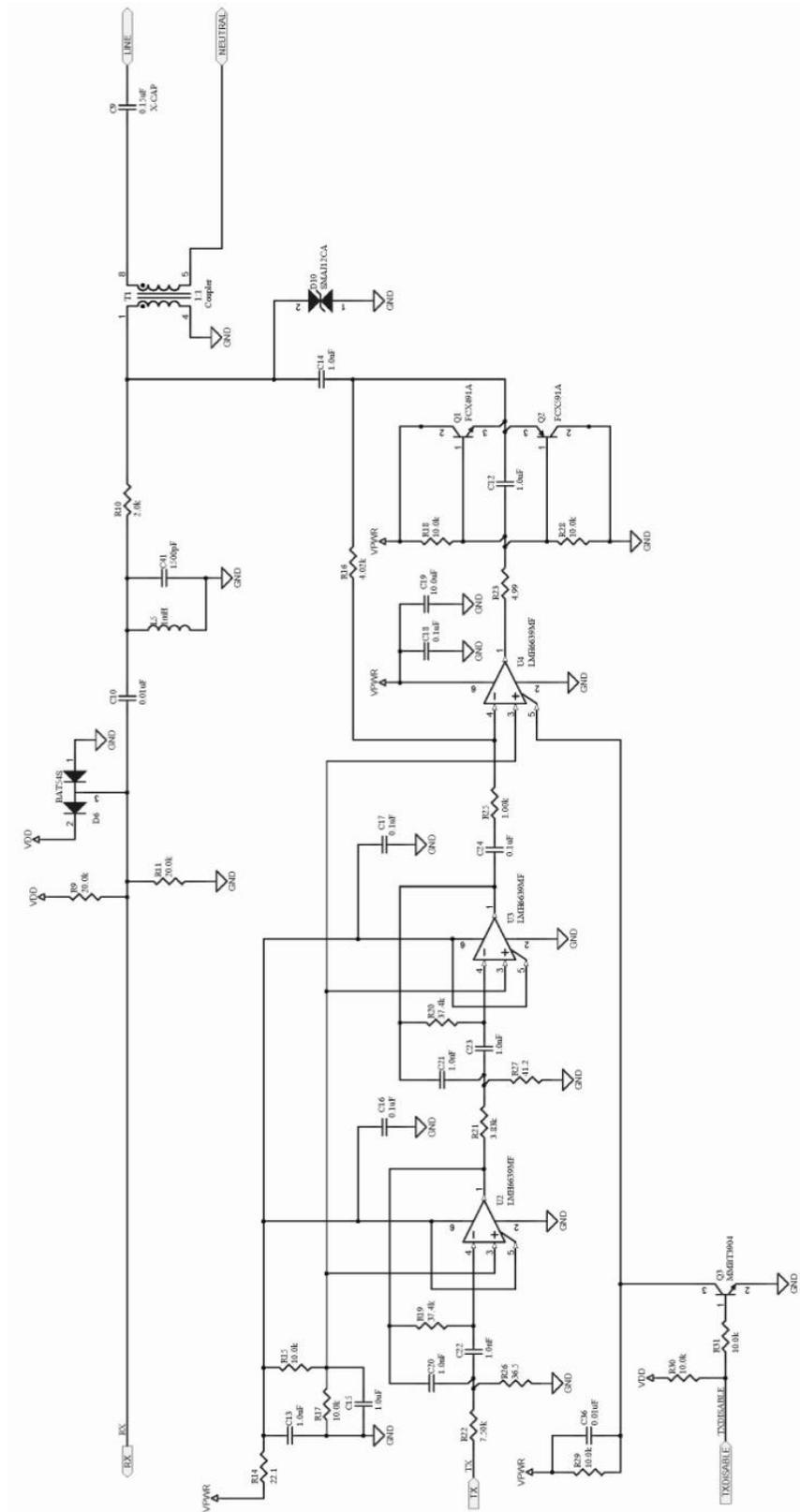
A1.1 CONEXIÓN GENERAL



A1.2 INTERFAZ DE USUARIO



A1.3 ACOPLADOR, FILTRO TRANSMISOR Y RECEPTOR



ANEXO 2.

CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL MÓDULO DE USUARIO PLT EN PS6C

No.	Property	Register	Value	Details
1	Baud Rate	Modem_Config	2400 bps (default)	Sets the baud rate for the PLC PHY
2	Tx Gain	TX_Gain	1.55 V _{pp} (default)	Set to 1.55 V _{pp} . Set to 125 mV _{pp} (for CENELEC).
3	Rx Gain	Rx_Gain	250 μ V rms	Sets the minimum input sensitivity for the receiver
4	No ACK Received Interrupt	INT_Enable	Enable	Enable Interrupt for no acknowledgment received after if Service Type = 1 (ACK Mode)
5	No Response Received Interrupt	INT_Enable	Enable	Enable Interrupt for No Response Received
6	Rx Packet Dropped Interrupt	INT_Enable	Enable	Enable Interrupt when RX Packet is dropped because RX Buffer is full
7	Rx Data Available Interrupt	INT_Enable	Enable	Enable Interrupt when RX buffer has new data
8	Tx Data Sent Interrupt	INT_Enable	Enable	Enable Interrupt when TX data is sent successfully
9	Transmit Enable	PLC_Mode	Enable	Enables Transmit Mode
10	Transmit Source Address Type	TX_Config	Logical Address (default)	Logical Address / Physical Address
11	Transmit Destination Address Type	TX_Config	Logical Address (default)	Logical Address / Group Address / Physical Address
12	Transmit Service Type	TX_Config	Acknowledgement Mode	Transmissions are acknowledged
13	Transmit Retry Count	TX_Config	3	Number of times a transmitter should retry before sending a new packet
14	Transmit Payload Length	TX_Message_Length	0	Length of the payload
15	Receive Enable	PLC_Mode	Enable	Enable Receiver Mode
16	Noise Threshold Value	Threshold_Noise	87 dBuV (default)	Threshold for BIU detection (set to 87 dBuV for CENELEC)
17	Band In Use	PLC_Mode	Enable (default)	Should be enabled for CENELEC
18	BIU Time Interval (min)	Timing_Config	85 ms (default)	85 ms for CENELEC
19	BIU Time Interval (span)	Timing_Config	30 ms (default)	30 ms for CENELEC
20	BIU Timeout	Timing_Config	1.1 s Timeout (default)	1.1 s for CENELEC
21	BIU Timeout Interrupt	INT_Enable	Enable (default)	Enable Interrupt for BIU Timeout and the Modem is unable to Transmit, if Disable BIU = 0
22	ACK Timeout	Timing_Config	Auto +20 ms	Time for which Transmitter waits for ACK
23	Lock Configuration	PLC_Mode	Unlock (default)	Allow device to be configured remotely
24	Rx Overwrite	PLC_Mode	Disable (default)	If RX Buffer is full, new RX Message is dropped.
25	Destination Address Verification	PLC_Mode	Do not Ignore	Check if the Destination Address is a match before processing the packet
26	CRC Address Verification	PLC_Mode	Do not Ignore	Drop the packet if CRC fails
27	Addressing Mode	PLC_Mode	8 bit	Select between 8 bit and 16 bit
28	Logical Address of Node	Local_LA_LSB Local_LA_MSB	0	In this project, Logical Address is set in the code.
29	Single Group Membership ID	Local_Group	0	For this example project Group Membership is not used
30	Multiple Group Membership ID	Local_Group_Hot	0x0	For this example project Group Membership is not used
31	FSK Bandwidth	Modem_Config	3 kHz (default)	Separation of FSK signals for logic '1' and '0'
32	Modem Tx Delay	Modem_Config	7 ms (default)	This value is dependent on the BAUD rate

ANEXO 3

	RELAY ISO9002	
---	----------------------	--



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for high density P.C. board mounting technique.
- UL, CUL, TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

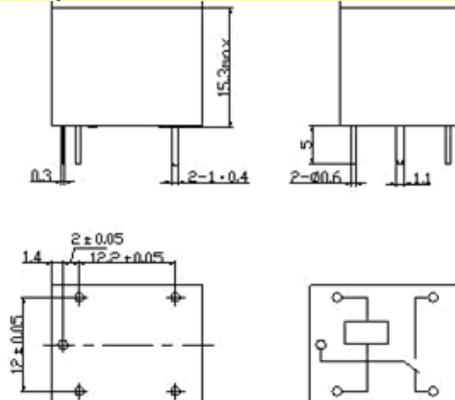
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03 05 06 09 12 24 48VDC	S: Sealed type	L: 0.36W	A: 1 form A
		F: Flux free type	D: 0.45W	B: 1 form B C: 1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER: CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER: CH0036746-99	10A/250VDC
UL /CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION(unit:mm) DRILLING(unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20 C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) $\pm 10\%$	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75%Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280	abt. 0.51W			

7. CONTACT RATING

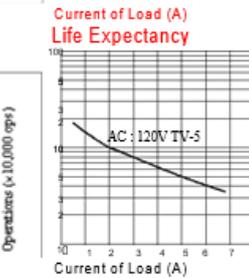
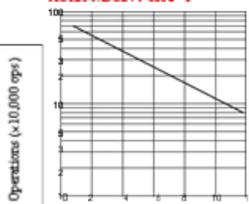
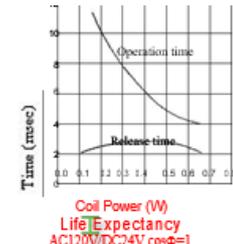
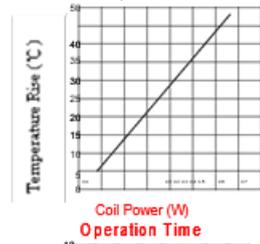
Type	FORM C	SRD
Contact Capacity	7A 28VDC	10A 28VDC
Resistive Load ($\cos\phi=1$)	10A 125VAC 7A 240VAC	10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\phi=0.4$ L/R=7msec)	3A 120VAC 3A 28VDC	5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Voltage	250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Contact Material	AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

Type	SRD
Item	
Contact Resistance	100m Ω Max.
Operation Time	10msec Max.
Release Time	5msec Max.
Between coil & contact	1500VAC 50/60HZ (1 minute)
Between contacts	1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance	100 M Ω Min. (500VDC)
Mechanically	300 operation/min
Electrically	30 operation/min
Ambient Temperature	-25°C to +70°C
Operating Humidity	45 to 85% RH
Vibration	
Endurance	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Error Operation	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock	
Endurance	100G Min.
Error Operation	10G Min.
Mechanically	10 ⁷ operations. Min. (no load)
Electrically	10 ⁵ operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight	abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA

Coil Temperature Rise



ANEXO 4

CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO PLT MAESTRO.

```
#include <m8c.h>
#include "PSoCAPI.h"

BYTE Ch;
int CONT=0;

void Print_Decimal (WORD wHexData, BYTE bNumBytes);
void Init_PLC (BYTE bLocalAddress);
BYTE PLC_Transmit_Packet(void);

#define MAX_TX_PACKETS 1000
#define HOST_NONE 0
#define HOST_UART 1
#define HOST_I2C 2
#define HOST_INTERFACE HOST_I2C

#define UART_TIMEOUT 200
#define HOST_READ_FLAG 0x80

BYTE bHost_Byte = 0;
BYTE bHost_RW = 0;
BYTE bHost_Length = 0;
BYTE bHost_Offset = 0;
BYTE bHost_Reply = FALSE;
extern BYTE bUART_Cycles;

BYTE bStateChange = FALSE;
void main(void)
{
    unsigned char puerto;
    unsigned int iRxCount = 0;
    WORD wTxCount = 0;
    WORD wSuccessCount = 0;
```

```

BYTE bPLC_Success = FALSE;

BYTE bIndex;
BYTE bStreamPackets = FALSE;

M8C_EnableIntMask (INT_MSK0, INT_MSK0_GPIO);
M8C_EnableGInt;

PWM8_UART_Start();
PWM8_UART_EnableInt();
UART_Start(UART_PARITY_NONE);
UART_EnableInt();
Init_PLC(0x02);

while (1)
{
PLT_Poll();
if (PLT_Memory_Array[INT_Status] & Status_RX_Data_Available)
{
iRxCount++;
if (PLT_Memory_Array[RX_CommandID] == CMD_SENDDMSG)
{
UART_PutChar(PLT_Memory_Array[RX_Data]);
}
PLT_Memory_Array[RX_Message_INFO] &= ~New_RX_Msg;
}
PLT_Memory_Array[TX_Data] = UART_bReadRxData();
PLT_EnableInt();
if (bStateChange == TRUE)
{
LCD_Delay50uTimes(20);
bStreamPackets ^= TRUE;
bStateChange = FALSE;
}
if ( ((bStreamPackets == TRUE) && (wTxCount < MAX_TX_PACKETS)) ||
(PLT_Memory_Array[TX_Message_Length] & Send_Message) )
{
wTxCount++;
}
}

```

```

bPLC_Success = PLC_Transmit_Packet();
if (bPLC_Success == TRUE)
{
wSuccessCount++;
}
PLT_Memory_Array[TX_Message_Length] &= ~Send_Message;
}
#if (HOST_INTERFACE & HOST_UART)
if (bHost_Reply == TRUE)
{
bHost_Reply = FALSE;
}
#if (HOST_INTERFACE & HOST_UART)
for (bIndex = 0; bIndex < bHost_Length; bIndex++)
{
UART_PutChar(PLT_Memory_Array[bHost_Offset++]);
while(!(UART_bReadTxStatus() & UART_TX_COMPLETE));
}
#endif
#endif
if (PLT_Memory_Array[TX_Data]=='H')
{
puerto |= 0x01;
PRT3DR=puerto;
}
else
{
if (PLT_Memory_Array[TX_Data]=='T')
{
puerto &= ~0x01;
PRT3DR=puerto;
}
}
}
}
)
{
TX_LED_Start();

```

```

RX_LED_Start();
BIU_LED_Start();
PLT_Start();
PLT_Memory_Array[Modem_Config] = (Modem_FSKBW_3M |
Modem_BPS_2400);
PLT_Memory_Array[TX_Gain] = 0x0b;
PLT_Memory_Array[RX_Gain] = 0x06;
PLT_Memory_Array[Local_LA_LSB] = bLocalAddress;
PLT_Memory_Array[PLC_Mode] = (TX_Enable | RX_Enable);
PLT_Memory_Array[TX_CommandID] = CMD_SENDDMSG;
PLT_Memory_Array[TX_Config] = TX_Service_Type;
PLT_Memory_Array[TX_Config] |= 0x01;
PLT_Memory_Array[TX_DA] = 0x02;
PLT_Memory_Array[TX_Message_Length] = 0x01;
}
BYTE PLC_Transmit_Packet(void)
{
PLT_SendMsg();
do
{
PLT_Poll();
if (PLT_Memory_Array[INT_Status] & Status_UnableToTX)
{
if ((PLT_Memory_Array[Threshold_Noise] & BIU_Threshold_Mask) <
BIU_Threshold_Mask)
{
PLT_Memory_Array[Threshold_Noise]++;
}
else
{
PLT_Memory_Array[PLC_Mode] |= Disable_BIU;
}
PLT_SendMsg();
}
} while (!(PLT_Memory_Array[INT_Status] & (Status_TX_Data_Sent |
Status_TX_NO_ACK | Status_TX_NO_RESP)));
if (PLT_Memory_Array[INT_Status] & Status_TX_Data_Sent)
{

```

```

return TRUE;
}
else
{
return FALSE;
}
}
}
void Print_Decimal (WORD wHexData, BYTE bNumBytes)
{
WORD wDecimalData;
WORD wBitLocation = 16;
WORD wDivisor = 10000;
wDecimalData = 0x0000;
do
{
wBitLocation -= 4;
wDivisor /= 10;
wDecimalData += (wHexData / wDivisor) << wBitLocation;
wHexData %= wDivisor;
}while (wBitLocation > 0x00);
if (bNumBytes == 2 )
{
LCD_PrHexInt(wDecimalData);
}
else
{
LCD_PrHexByte(wDecimalData);
}
}
#pragma interrupt_handler GPIO_Int
void GPIO_Int( void )
{
bStateChange = TRUE
}
#pragma interrupt_handler Host_UART_ISR
#pragma interrupt_handler Host_UART_ISR
void Host_UART_ISR( void )
{

```

```

if (bUART_Cycles >= UART_TIMEOUT)
{
bHost_Byte = 0;
}
bUART_Cycles = 0;
if (bHost_Byte == 0)
{
bHost_Byte++;
bHost_Length = UART_RX_BUFFER_REG;
bHost_RW = bHost_Length & HOST_READ_FLAG;
bHost_Length &= ~HOST_READ_FLAG;
}
else if (bHost_Byte == 1)
{
bHost_Offset = UART_RX_BUFFER_REG;
if (bHost_RW & HOST_READ_FLAG)
{
bHost_Reply = TRUE;
bHost_Byte = 0;
}
else
{
bHost_Byte++;
}
}
else if (bHost_Byte < (bHost_Length + 2))
{
bHost_Byte++;
if (bHost_Byte == (bHost_Length + 2))
{
bHost_Byte = 0;
}
PLT_Memory_Array[bHost_Offset++] = UART_RX_BUFFER_REG;
}
else{
bHost_Length = UART_RX_BUFFER_REG;                bHost_Byte = 0;
}
}

```

LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO PLT ESCLAVO.

```
#include <m8c.h>
#include "PSoCAPI.h"

#define MAX_TX_PACKETS 1000000000000000
#define NUMBER_OF_BYTES 1

void Print_Decimal (WORD wHexData, BYTE bNumBytes);
BYTE PLC_Transmit_Packet(void);
int i;

BYTE bTxStateChange = 0x00;

void main(void)
{
    BYTE bError;
    BYTE bError1;
    unsigned char puerto;
    BYTE bStreamPackets = 0x00;
    BYTE wTxCount=0;
    WORD wRxCount = 0;
    WORD wSuccessCount = 0;
    BYTE KWH=0;
    WORD IMP=16;

    M8C_EnableIntMask (INT_MSK0, INT_MSK0_GPIO);
    M8C_EnableGInt;

    TX_LED_Start();
    RX_LED_Start();
    BIU_LED_Start();
    PLT_Start();
    PLT_Memory_Array[TX_CommandID] = CMD_SENDDMSG;
    PLT_Memory_Array[INT_Enable] = (INT_UnableToTX | INT_TX_NO_ACK |
    INT_TX_NO_RESP | INT_RX_Packet_Dropped | INT_RX_Data_Available |
    INT_TX_Data_Sent);
```

```

if (PRT0DR & ADD_Select_MASK)
{
PLT_Memory_Array[Local_LA_LSB] = 0x01;
PLT_Memory_Array[TX_DA] = 0x02;
}
else
{
PLT_Memory_Array[Local_LA_LSB] = 0x02;
PLT_Memory_Array[TX_DA] = 0x01;
}

LCD_Start();
LCD_Position(0,0);
LCD_PrCString("KWH=0000");

LCD_Position(0,9);
LCD_PrCString("#MED:349");

LCD_Position(1,0);
LCD_PrCString("#IMPULSOS = 0000");

while (1)
{
if (wTxCount==IMP)
{
wTxCount=0;
KWH++;
LCD_Position(0,4);
Print_Decimal(KWH,2);
}
if (PRT3DR & 0X04)
{
puerto &= ~0X10;
PRT3DR=puerto;
Delay10msTimes(2);
puerto |= 0x10;
PRT3DR=puerto;
Delay10msTimes(2);
}
}

```

```

}
PLT_Poll();

if (PLT_Memory_Array[INT_Status] & Status_RX_Data_Available)
{
wRxCount++;
if ((wRxCount % 2)==0)
{
puerto &= ~0X01;
PRT3DR=puerto;
Delay10msTimes(2);
}
else
{
puerto |= 0x01;
PRT3DR=puerto;
Delay10msTimes(2);
}
PLT_Memory_Array[RX_Message_INFO] &= ~New_RX_Msg;
}
if (bTxStateChange == TRUE)
{
LCD_Delay50uTimes(20);
bStreamPackets ^= TRUE;
bTxStateChange = FALSE;
}

if ((bStreamPackets == TRUE) && (wTxCount < MAX_TX_PACKETS))
{

if (PLC_Transmit_Packet())
{
wSuccessCount++;
puerto |= 0X10;
PRT3DR=puerto;
Delay10msTimes(2);
puerto &= ~0X10;
}
}

```

```

PRT3DR=puerto;
Delay10msTimes(2);
}
wTxCount++;
LCD_Position(1,12);
Print_Decimal(wTxCount, 2);
}
}
}
BYTE PLC_Transmit_Packet(void)
{
PLT_SendMsg();
do
{
PLT_Poll();
if (PLT_Memory_Array[INT_Status] & Status_UnableToTX)
{

if ((PLT_Memory_Array[Threshold_Noise] & BIU_Threshold_Mask) <
BIU_Threshold_Mask)
{
PLT_Memory_Array[Threshold_Noise]++;
}
else
{
PLT_Memory_Array[PLC_Mode] |= Disable_BIU;
}
PLT_SendMsg();
} while (!(PLT_Memory_Array[INT_Status] & (Status_TX_Data_Sent |
Status_TX_NO_ACK | Status_TX_NO_RESP)));

PLT_AutoSetBIUThreshold();

if (PLT_Memory_Array[INT_Status] & Status_TX_Data_Sent)
{
return TRUE;
}
}

```

```

else
{
return FALSE;
}
}

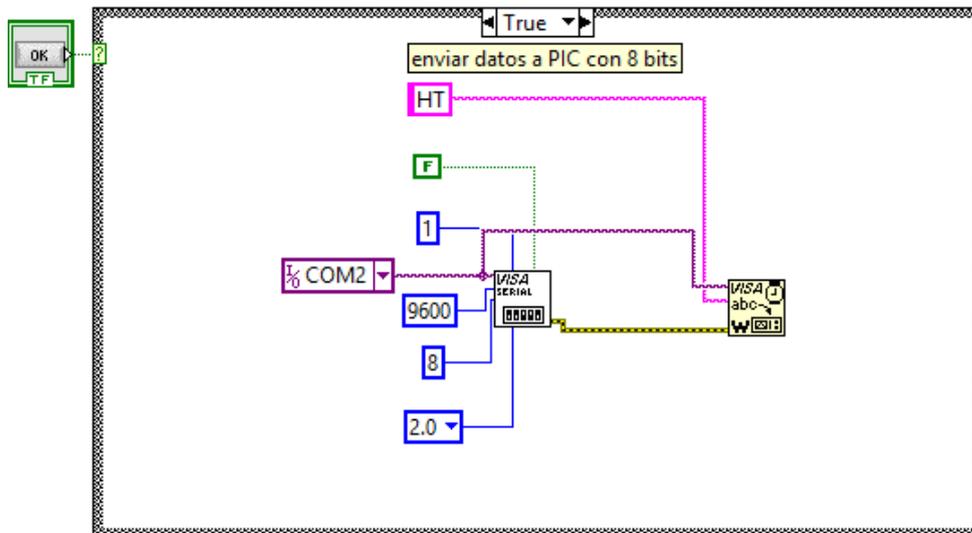
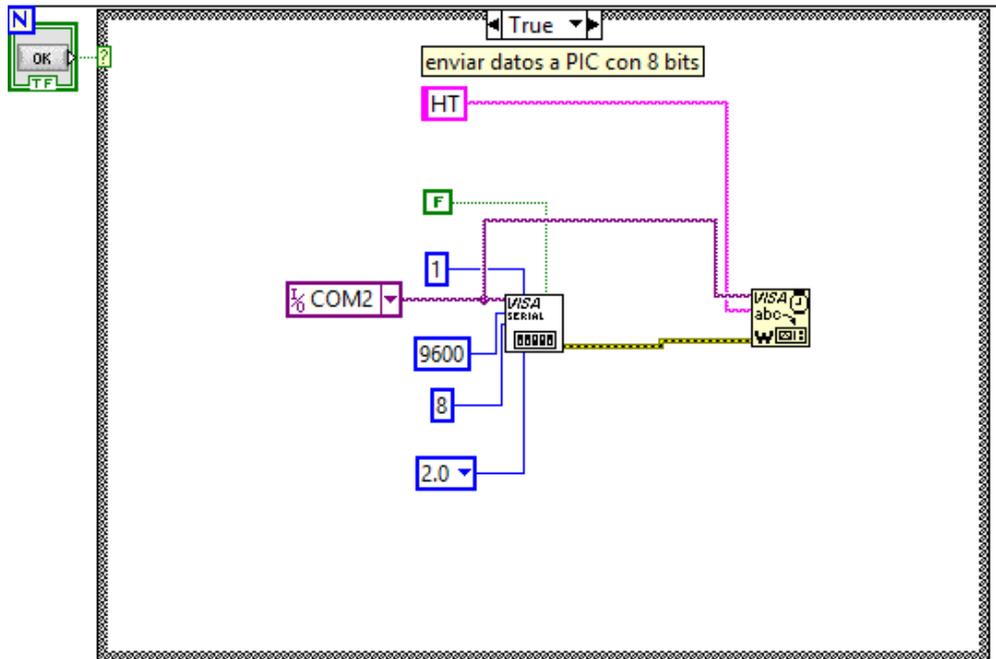
void Print_Decimal (WORD wHexData, BYTE bNumBytes)
{
WORD wDecimalData;
WORD wBitLocation = 16;
WORD wDivisor = 10000;
wDecimalData = 0x0000;
do
{
wBitLocation -= 4;
wDivisor /= 10;
wDecimalData += (wHexData / wDivisor) << wBitLocation;
wHexData %= wDivisor;
}while (wBitLocation > 0x00);

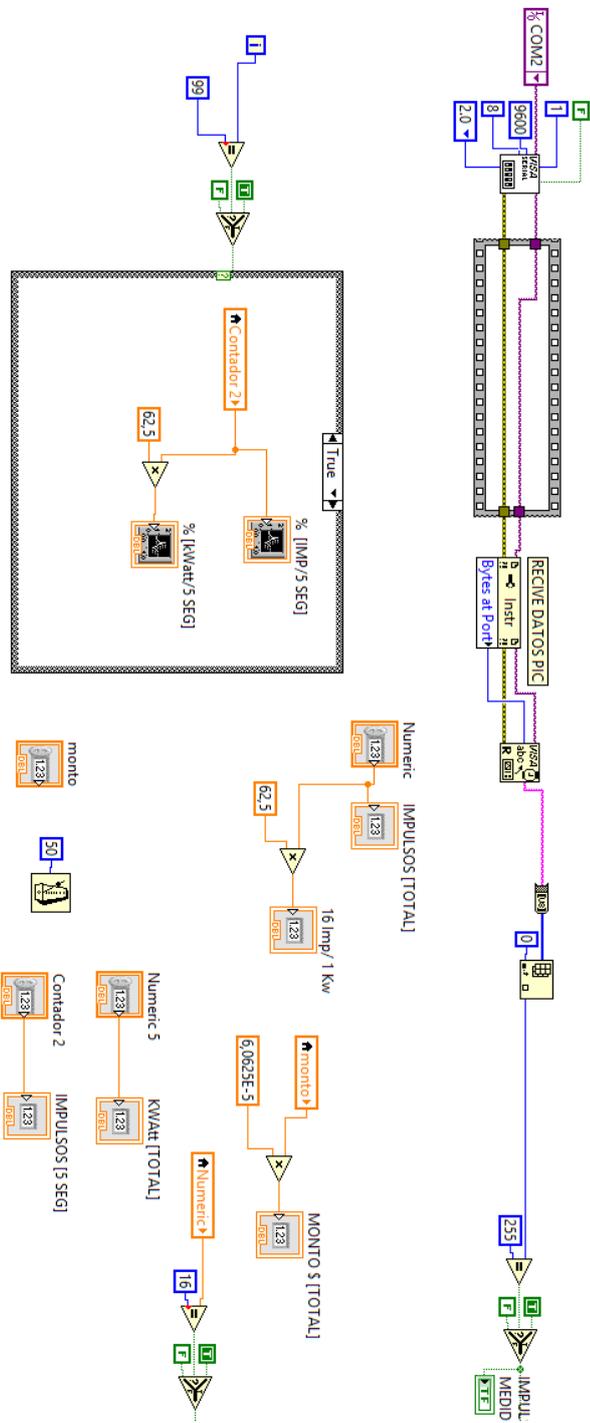
if (bNumBytes == 2 )
{
LCD_PrHexInt(wDecimalData);
}
else
{
LCD_PrHexByte(wDecimalData);
}
}

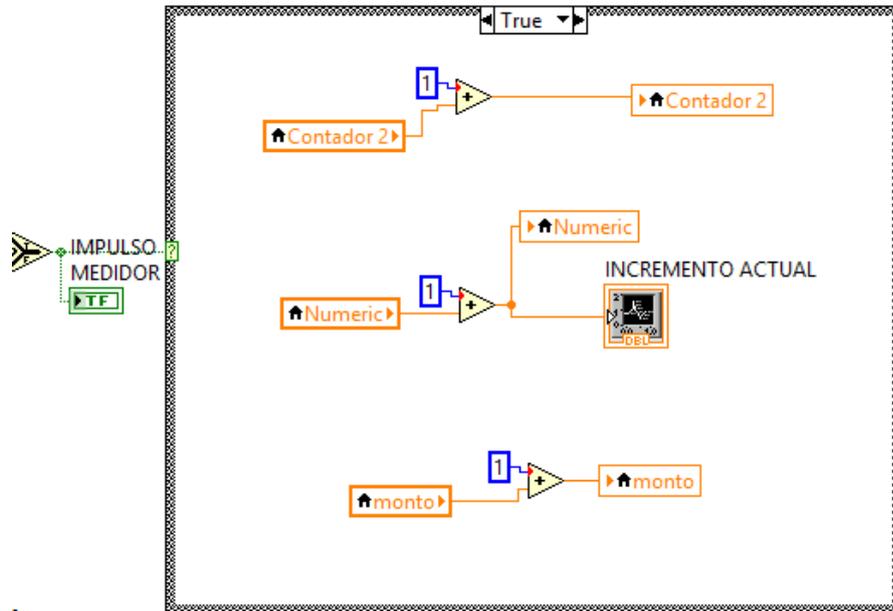
#pragma interrupt_handler TX_Trigger_Int
void TX_Trigger_Int( void )
{
bTxStateChange = TRUE;
}

```

Desarrollo de la plataforma virtual en LabVIEW.







1

