

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA LA COMUNICACIÓN Y MONITOREO DE MEDIDORES ENERGÉTICOS UTILIZANDO EL PROTOCOLO MODBUS/TCP

### TELEMETRY SYSTEM DESIGN AND IMPLEMENTATION FOR COMMUNICATION AND MONITORING ENERGY METERS USING THE PROTOCOL MODBUS/TCP

Nelson Daniel Olivares Cardozo (1)

#### RESUMEN

El presente proyecto se basó en el diseño y la implementación de un sistema de telemetría para la comunicación y monitoreo de medidores energéticos, utilizando el protocolo MODBUS/TCP, de manera local y remota.

Mediante esta interfaz que se programó en Visual Studio, el usuario podrá monitorear, así como también podrá agregar, editar y eliminar medidores energéticos y que puedan estar conectados en una misma red. Utilizando el protocolo MODBUS/TCP, el equipo o los equipos que estén dentro una misma red, podrán ser gestionados, desde el momento que se realice la conexión automáticamente al servidor. El servidor comenzará a recibir y almacenar los datos adquiridos, mediante la utilización del MySQL como gestor de base de datos.

El software también tiene la opción de Monitoreo, permitiendo al usuario poder observar las tablas con los datos adquiridos de los diferentes parámetros que tiene el medidor energético, además de poder graficar estos datos almacenados.

El diseño metodológico que se utilizó fue: la investigación explicativa y el método experimental, con los cuales se pudo cumplir con todos los objetivos específicos y de esa manera poder cumplir con el objetivo general.

**Palabras clave:** Telemetría. Monitoreo. Control automático remoto. Comunicación con Modbus TCP.

#### ABSTRACT

This project was based on telemetry system design and implementation for communication and monitoring of energy meters, using the MODBUS/TCP protocol, locally and remotely.

Through this Visual Studio programmed interface, the user can monitor and can also add, edit and remove energy meters and can be connected to the same network. Using the MODBUS/TCP protocol, the computer or computers that are within the same network can be managed from the connection moment automatically made to the server. The server will start receiving and storing the acquired data, using MySQL as a database manager.

The software also has the option of Monitoring, allowing the user to observe the tables with the data acquired from the different parameters that have the energy meter, in addition to plot these stored data.

The methodological design used was: explanatory research and the experimental method, with which it could meet all the specific objectives and thus to meet the overall objective.

**Keywords:** Telemetry. Monitoring. Automatic Remote Control. Communication with Modbus TCP.

#### INTRODUCCIÓN

Hoy en día las industrias, utilizan diferentes equipos de gran consumo energético, por lo cual se ve la necesidad de emplear medidores energéticos para poder monitorear el consumo de los equipos. En un gran

porcentaje, estos medidores utilizan el protocolo MODBUS que les permite comunicarse entre equipos mediante una red industrial, también permite comunicar y enviar las lecturas a una computadora o un servidor.

El protocolo de comunicación MODBUS, es un protocolo de comunicación industrial que fue desarrollado en 1979 por una empresa norteamericana MODICON, ubicado en el nivel 7 del Modelo OSI. Es uno de los protocolos de comunicaciones industriales más popular en sistemas de automatización y control, por lo que es sencillo de implementar y flexible. MODBUS especifica el procedimiento que se utiliza para el intercambio de datos entre el maestro y el esclavo. No es necesario especificar el tipo de red que se va utilizar, es por eso que se puede implementar en redes basadas en Ethernet (RS-485, RS-232).

Como la mayoría de las redes de comunicación, con el paso de los años fue evolucionando la comunicación entre dispositivos electrónicos y su conectividad también. Una de las evoluciones más utilizadas del protocolo MODBUS se conoce como MODBUS/TCP, este permite la implementación del protocolo en redes Ethernet. Esta versión encapsula la trama base del protocolo MODBUS en una capa de aplicación TCP/IP de una manera más sencilla (1).

Es un protocolo de comunicación diseñado para equipos industriales (PLCs), computadoras, drivers de motor y cualquier dispositivo físico de entrada/salida que puedan comunicarse sobre una red. Es una variante del protocolo MODBUS introducido por Schneider Automation. Este protocolo es muy utilizado para la supervisión y control de equipos de automatización. Define el uso de mensajes MODBUS en un entorno internet o intranet utilizando los protocolos TCP/IP.

MODBUS/TCP define un estándar interoperable en el área de la automatización industrial, la implementación es simple para cualquier dispositivo que tengas los sockets de conexión TCP/IP. Normalmente, utiliza una comunicación half-duplex sobre cada conexión, es decir que mientras tenga una respuesta pendiente no se puede enviar solicitudes adicionales. Todas estas solicitudes son enviadas mediante TCP utilizando el puerto registrado 502 (2).

El modelo Cliente-Servidor es un modelo de aplicación en las comunicaciones del protocolo TCP orientado a conexión. Un servidor es la aplicación que ofrece un servicio a usuarios de Internet, mientras que un cliente es el que pide ese servicio. Esta aplicación se puede ejecutar en el mismo o en diferentes siste-

mas, consta de una parte de servidor y otra de cliente. Se utiliza TCP/IP como transporte, le permite al cliente realizar una solicitud para ese servicio y sea enviado al servidor de la aplicación. El servidor es un programa que recibe la solicitud, realiza el servicio requerido y devuelve los resultados en forma de respuesta. Generalmente un servidor puede atender o recibir múltiples peticiones al mismo tiempo (3).

Los medidores energéticos son multímetros tipo central de medida para la visualización y monitoreo de parámetros de red relevantes en la distribución de energía eléctrica en baja tensión, puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas. Por su amplio rango de tensión medida, estos medidores pueden conectarse directamente a cualquier red de baja tensión con una tensión nominal de hasta 690 [V]. Si se utiliza transformadores, se puede obtener medidas superiores. Ofrecen un manejo sencillo gracias a sus diferentes teclas de función y consta de un menú de rápida selección para el usuario.

En la Figura N° 1 se puede observar las cuatro teclas de funcionamiento, para que el usuario pueda realizar cualquier tipo de configuración ubicadas en la parte frontal del medidor. A diferencia de otros modelos y/o marcas, el Sentron PAC3200 viene integrado la interfaz Ethernet, lo cual este medidor es adecuado para el uso de sistemas de gestión, para sistemas de niveles superiores existen los módulos de comunicación opcionales RS485 o el Profibus (4).

**Figura N° 1. Medidor de energía Siemens SENTRON PAC 3200**



Fuente: Hoja de datos SENTRON PAC 3200, 2015.

Wamp Server es un entorno de desarrollo web solo para Windows, permite tener un servidor propio o host local. Es utilizado por programadores que les permite realizar páginas web y ser probadas antes de que el programador los suba a un servidor web en Internet. Dentro de sus características más importantes, se pueden citar las siguientes:

- Manejo de bases de datos con MySQL.
- Es completamente gratuito.
- Software que permite programar script con PHP.
- Con Phpmyadmin y SQLiteManager, permite un manejo más sencillo de bases de datos.
- Software para servidor web Apache.

Wamp server no solo utiliza los lenguajes PHP y Apache, también utiliza otros tipos de lenguajes (5):

- HTML.
- JavaScript.
- ASP.
- ASP.NET
- JSP.
- Python.
- RUBY.

Acorde a lo anteriormente descrito, el presente trabajo plantea elaborar un Sistema de Telemetría para la Comunicación y Monitoreo de medidores energéticos, lo cual permitirá obtener las lecturas del consumo de diferentes equipos eléctricos, tomando en cuenta parámetros de corriente, voltaje, potencia, frecuencia, consumo, etc.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Estos medidores pueden conectar las tres líneas para los 3 diferentes equipos eléctricos, además se diseñó una red TCP/IP donde se conectaron más de dos medidores, lo que permitió a la empresa poder tener no solo las lecturas independientes sino también comparar que equipos tienen el mayor consumo de energía.

El Sistema de Telemetría tiene una base de datos donde se almacenaron las lecturas enviadas por el medidor a través del protocolo de comunicación MODBUS/TCP, donde el usuario pudo monitorear de manera global y/o independiente los equipos conectados al medidor.

La base de datos está conectada a un servidor web, donde los valores adquiridos se pueden visualizar de diferentes maneras y en diferentes plataformas. La empresa donde se implementó el Sistema de Telemetría pudo monitorear los diferentes equipos conectados a los medidores desde cualquier lugar donde tenga acceso a internet.

### **Ingeniería del Proyecto**

El medidor energético deberá estar conectado al panel de distribución de energía de la empresa, industria o domicilio que requiera del sistema de telemetría. Dependiendo a la cantidad de medidores instalados, se puede establecer una red de conexión y poder monitorearlos de manera independiente cada medidor que esté en una misma red.

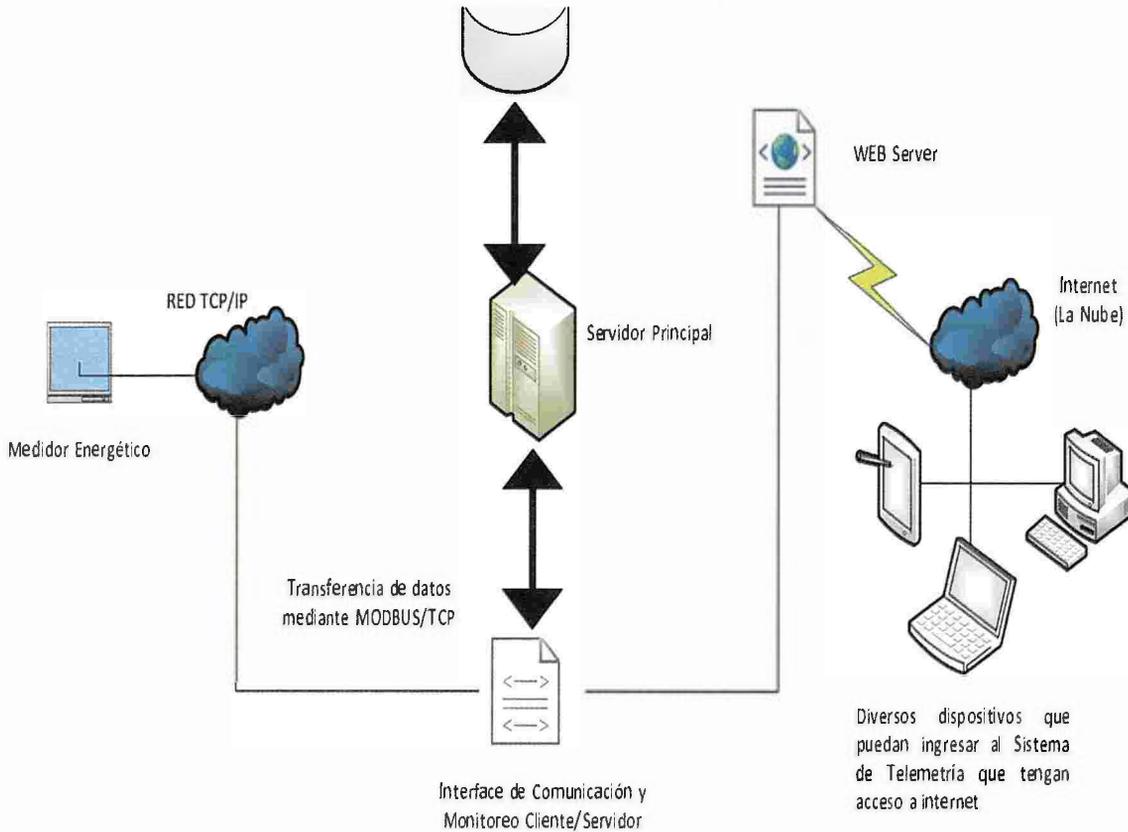
El sistema de telemetría consta de dos interfaces, una local y otra remota. En la interfaz local se puede registrar los equipos donde serán almacenados en una base de datos que se creará no solo para almacenar los registros de equipos, sino también las lecturas obtenidas de los diferentes medidores registrados. El usuario también podrá editar y eliminar cada medidor registrado. Para la conexión de cada equipo, se la podrá realizar de manera independiente o simultáneamente, siempre y cuando los medidores que se desea conectar estén dentro de una misma red; una vez conectados al servidor, este empezará a recolectar los datos de los diferentes parámetros de medición y almacenarlos dentro de una tabla en la base de datos.

Mediante estos datos almacenados, el usuario podrá monitorear cada equipo, observando las tablas con los diferentes valores de los diferentes parámetros de medición, también podrá observar estos datos en gráficas en tiempo real.

Para el monitoreo remoto, el usuario podrá realizar mediante un navegador web ingresando a una página web que se diseñó para el sistema de telemetría. Pero para poder monitorear desde la página web, el usuario se tendrá que registrar a dicha página e iniciar sesión, de esta manera podrá observar las tablas y gráficas que están almacenados en la base de datos.

El proyecto tiene diferentes bloques que se muestran en la Figura N° 2. Cada bloque se explicará detalladamente de acuerdo a su funcionamiento.

Figura N° 2. Diagrama de Bloques



Fuente: Elaboración propia, 2015.

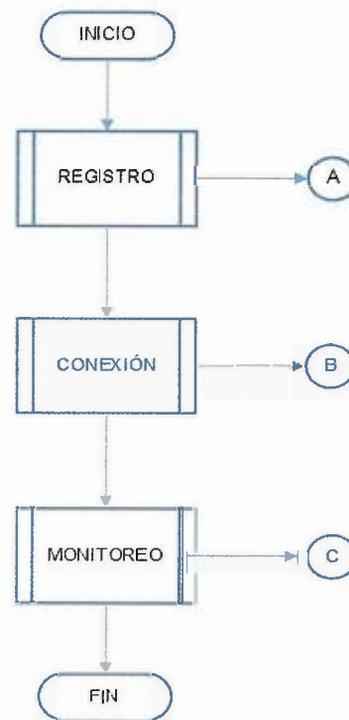
**Desarrollo del software**

**- Interfaz de comunicación y monitoreo Cliente - Servidor**

• **Comunicación MODBUS/TCP:** Se utilizó una librería de Microsoft para la comunicación MODBUS/TCP; mediante esta librería se realizó la comunicación entre el medidor energético y el servidor a través del protocolo. Esta librería nos permite establecer la comunicación mediante direcciones IP, por lo tanto también se puede crear una red de medidores utilizando el protocolo TCP/IP. Una vez realizada la comunicación, el medidor comienza a enviar las lecturas correspondientes, donde el software se encarga de traducir las tramas de los datos enviados por el protocolo, realizando una conversión de la trama de datos para que el usuario pueda comprender las lecturas obtenidas. Mediante diagramas de flujo se explicarán los diferentes procesos que realiza la interfaz para la comunicación, conexión y monitoreo de los medidores energéticos.

En la Figura N° 3 se verá el esquema general del código de la interfaz de monitoreo local:

Figura N° 3. Esquema general



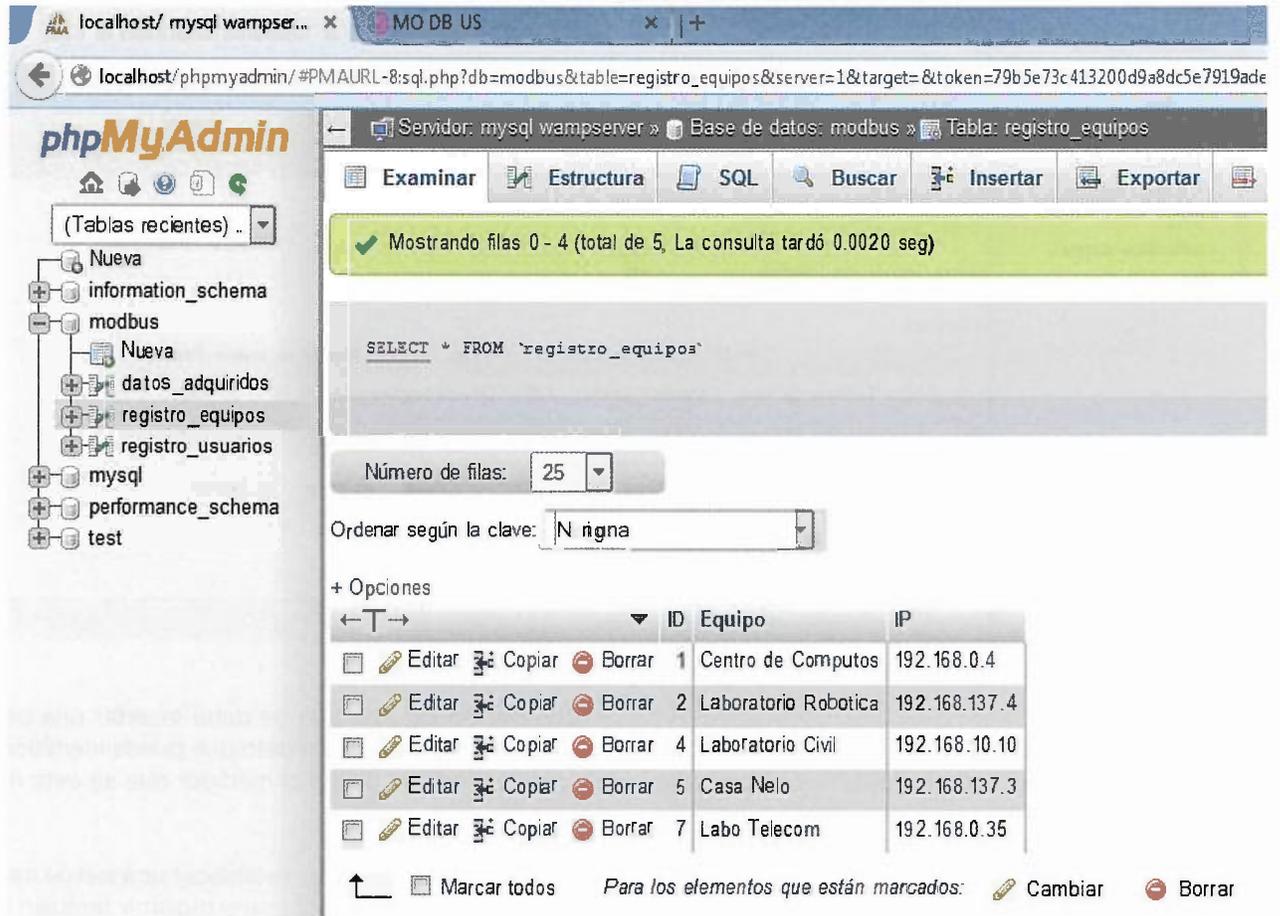
Fuente: Elaboración Propia, 2015.

• **Servidor de BDD:** El gestor de base de datos más adecuado es MySQL porque es sencillo de utilizar, es gratuito y tiene la capacidad de almacenar miles de datos.

Se crearon los siguientes campos o tablas en la base de datos para poder almacenar los datos del proyecto,

es decir, que no solo almacenará datos de las lecturas obtenidas por el medidor, también almacenará los datos de los registros de los diferentes medidores y de los usuarios que utilicen la página web para el monitoreo remoto. En la Figura N° 4 se pueden observar los equipos registrados y almacenados en la base de datos:

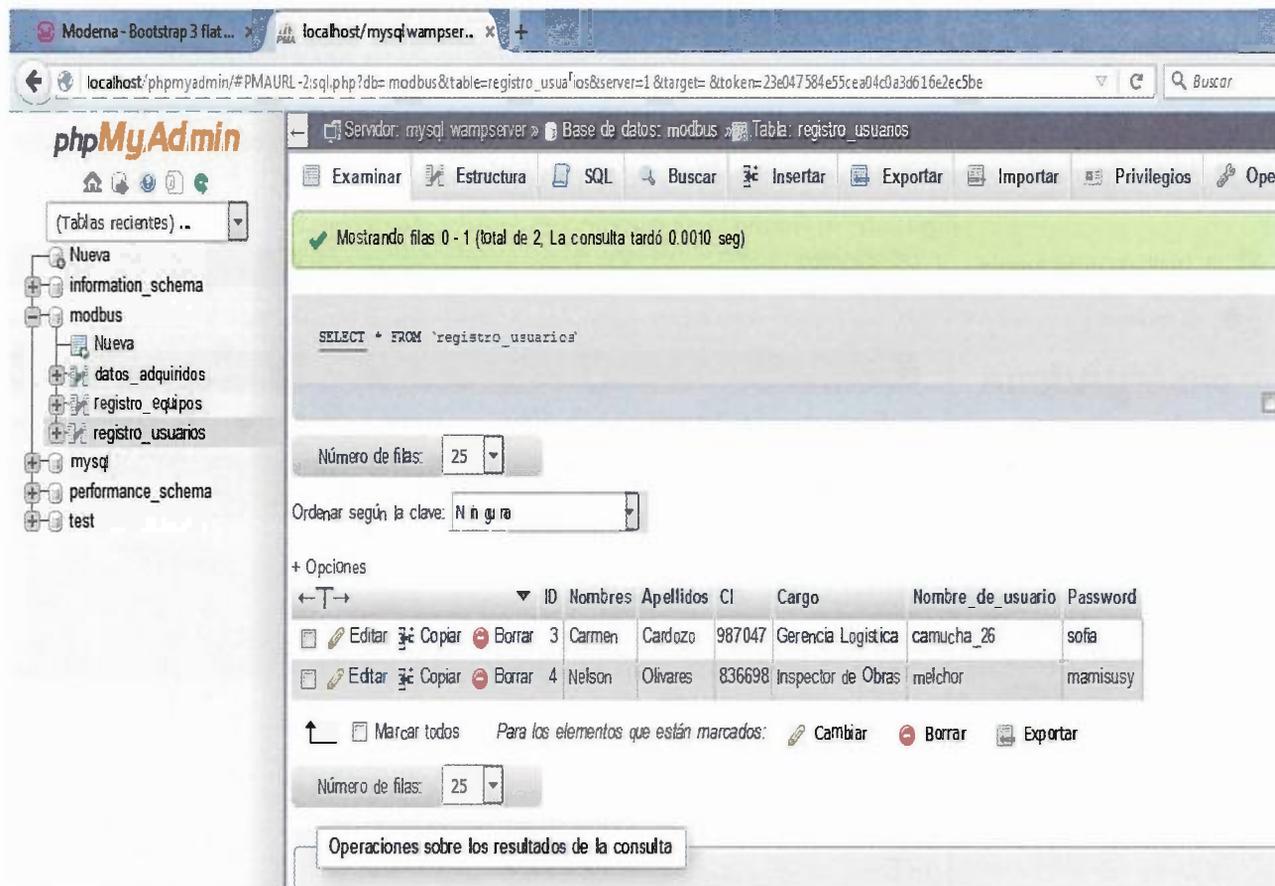
Figura N° 4. Registro de equipos en la base de datos



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En la Figura N° 5 se pueden observar los usuarios registrados en la página web, de esta forma podrán iniciar sesión y realizar el monitoreo remoto:

Figura N° 5. Registro de usuarios



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

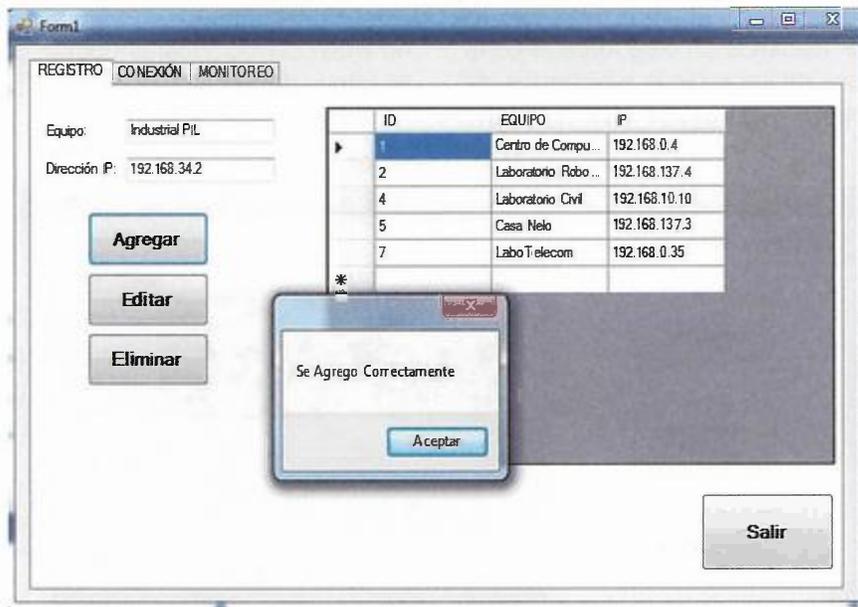
## RESULTADOS

**- Monitoreo Local:** La interfaz que se realizó en el programa Visual Studio, consta de diferentes etapas para que el usuario pueda comprender y utilizar con mayor facilidad este programa, sin tener mucho conocimiento en programación. A continuación se describirá cada etapa de la interface:

• **Registro:** En esta etapa del programa, el usuario podrá registrar la cantidad de medidores energéticos que se utilicen en su campo laboral, donde tendrá las siguientes opciones: agregar, editar y eliminar. En la parte de agregar, se tiene que llenar los siguientes campos:

- **Equipo:** En este campo se debe insertar una pequeña descripción o algún dato que pueda identificar de manera independiente al medidor que se está registrando.
- **Dirección IP:** Para poder establecer una red de medidores energéticos, es necesario registrar también la dirección IP que tendrá el medidor para que posteriormente se pueda diseñar una red de acuerdo a las direcciones IP asignadas a cada medidor. En la Figura N° 6 se puede observar el registro realizado de un medidor.

Figura N° 6. Agregar Medidores



Fuente: Elaboración propia, 2015.

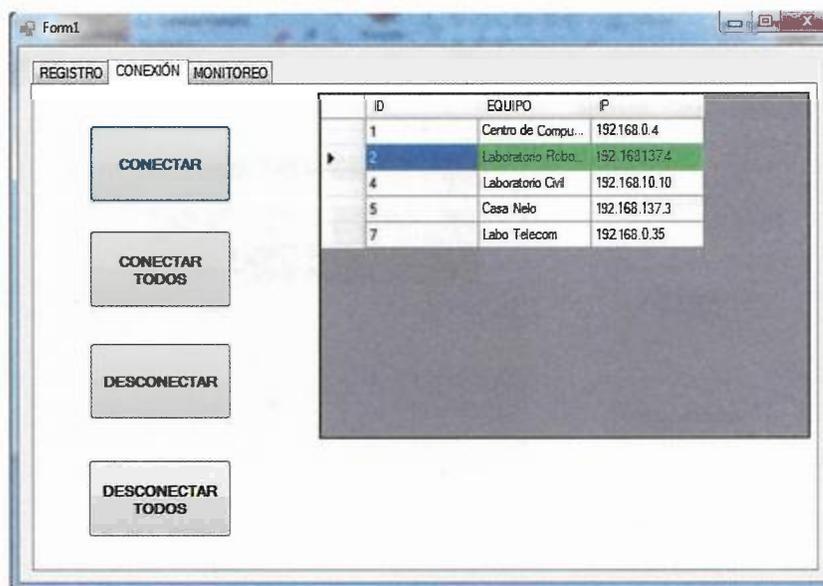
Si todos los campos fueron llenados correctamente saldrá el mensaje de “Se Agrego Correctamente”; caso contrario saldrá el mensaje “No se pudo agregar”.

Al hacer click en aceptar, automáticamente todos estos datos serán almacenados en la base de datos que fue creada en el servidor web.

- **Conexión:** En esta sección del programa, la conexión consta de cuatro opciones:

- **Conectar:** Una vez registrado el equipo o los equipos, el usuario con este botón podrá conectar de manera individual cada equipo registrado. Al apretar el botón de CONECTAR en el equipo seleccionado se pondrá de color verde, dicho equipo en la tabla donde se encuentran los equipos registrados, como se puede observar en la Figura N° 7:

Figura N° 7. Conectar

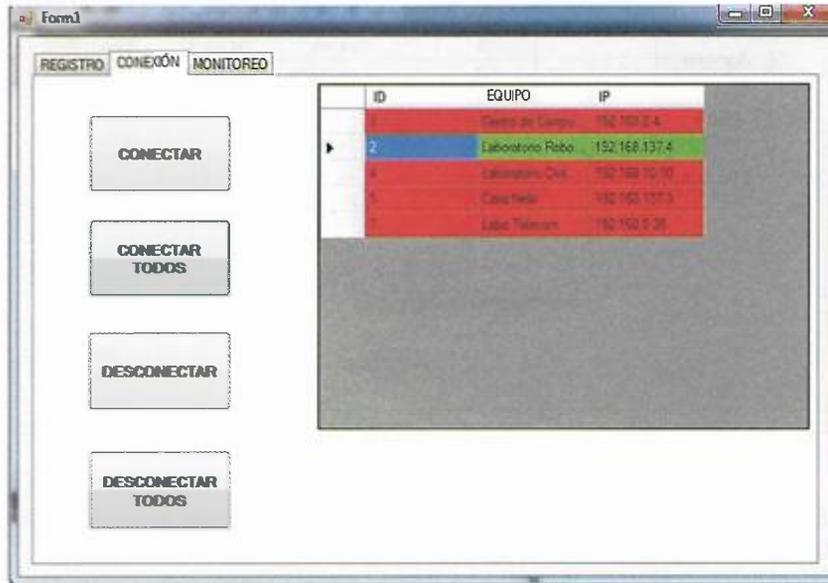


Fuente: Elaboración Propia, 2015.

• **Conectar todos:** Como lo indica el nombre de “CONECTAR TODOS”, al presionar el botón, el programa empezará a verificar haciendo un ping entre el computador con cada uno de los equipos registrados, de esa manera podrá saber que equipos están conecta-

dos y dentro de una misma red. Los equipos que estén conectados se podrán de color verde y los que no estén conectados se podrán de color rojo, como se puede observar en la Figura N° 8.

Figura N° 8. Conectar Todos

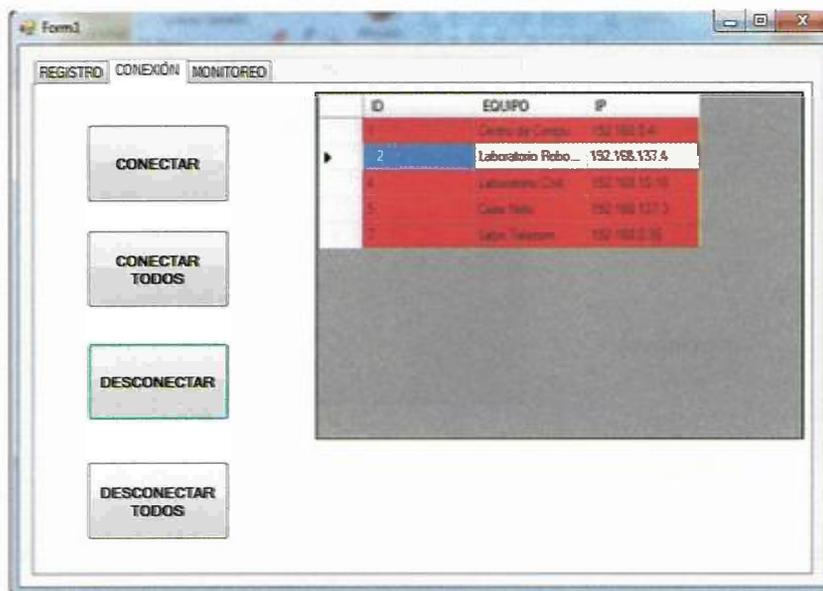


Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Una vez conectados todos los equipos, automáticamente la base de datos comenzara almacenar las lecturas que envié cada medidor conectado.

• **Desconectar:** Al igual que la opción de “CONECTAR”, esta realiza lo contrario. Se deberá elegir de los equipos conectados, cuál se desea desconectar de manera independiente. Al desconectar el equipo automáticamente la base de datos dejará de almacenar las lecturas del mismo, como se puede observar en la Figura N° 9.

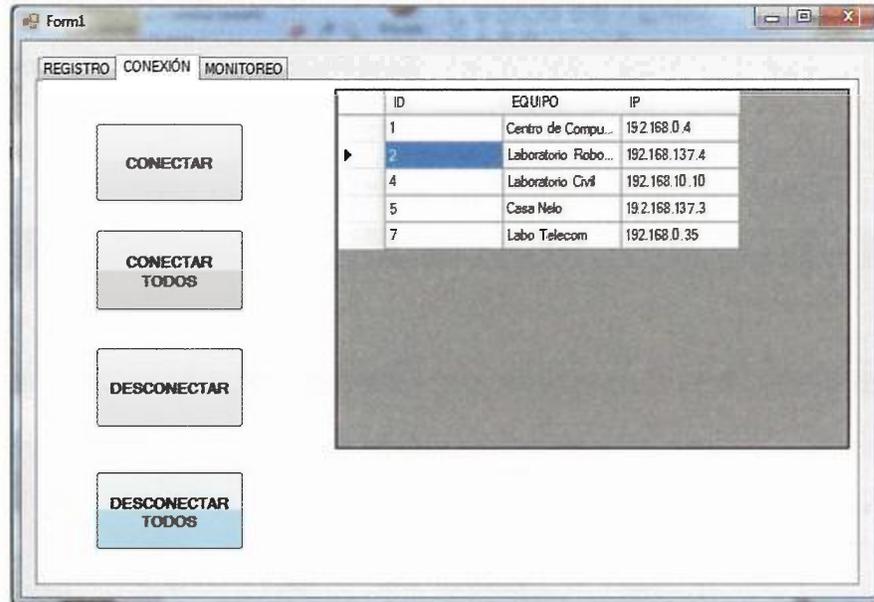
Figura N° 9. Desconectar



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

• **Desconectar todos:** Esta opción se encarga de desconectar todos los equipos de manera inmediata y al mismo tiempo, como se puede observar en la Figura N° 10.

Figura N° 10. Desconectar Todos

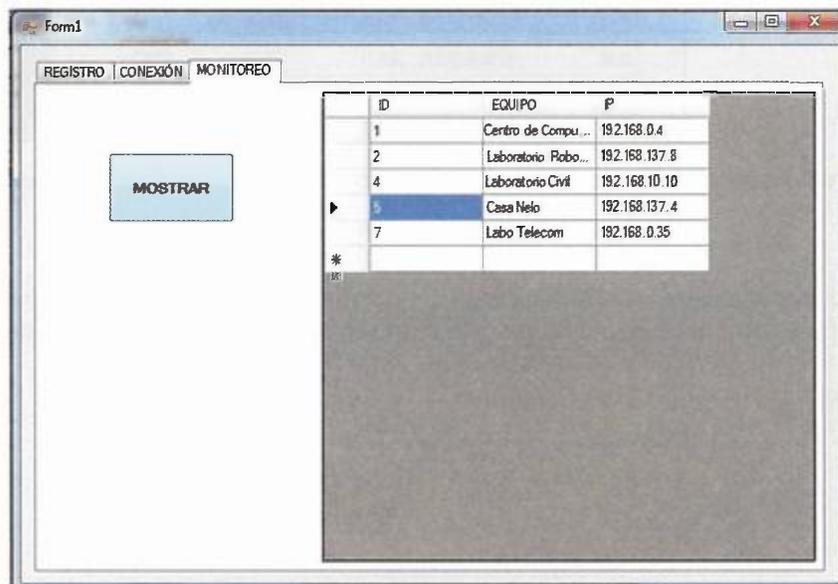


Fuente: Elaboración Propia, 2015.

- **Monitoreo:** Para poder realizar el monitoreo local, primero se tiene que verificar que equipos están conectados. Primero se selecciona el equipo conectado

y tiene que hacer click en el botón "MOSTRAR" para poder ver las tablas y gráficas del equipo seleccionado, como se puede observar en la Figura N° 11.

Figura N° 11. Selección de equipo para monitorear



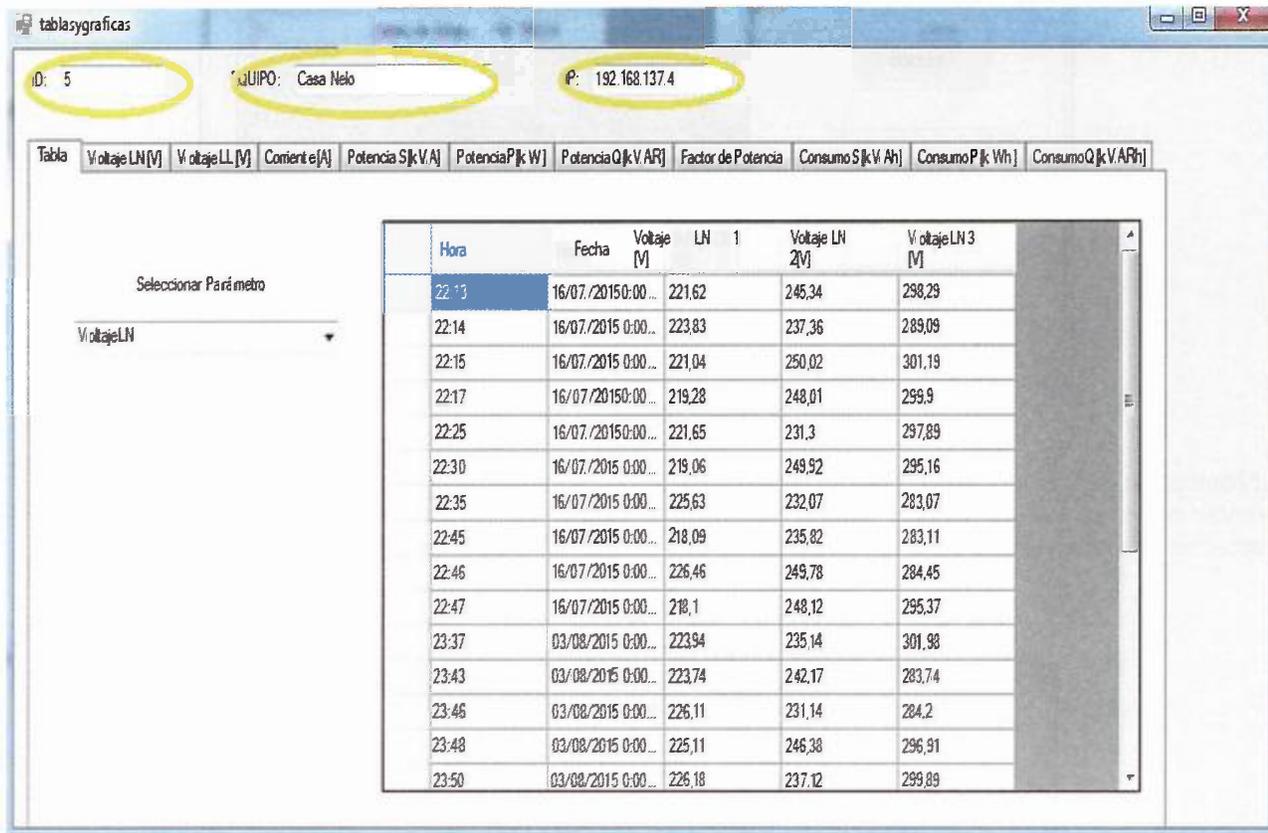
Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Luego de hacer click en el botón “MOSTRAR”, se desplegará otra ventana donde están los datos del equipo seleccionado, es decir, datos del equipo, dirección IP y el número ID que le asigno la base de datos. Se presentan varias pestañas. En la primera pestaña se pueden observar los valores de las lecturas obtenidas, así

el usuario puede escoger el parámetro que desea ver sus lecturas obtenidas. Las demás pestañas son de las gráficas que se generan de acuerdo a los valores que están almacenados en la base de datos que se actualiza cada segundo, es decir, son gráficas en tiempo real.

En la Figura Nº 12, en la parte superior se puede observar los datos del medidor que se seleccionó para ser monitoreado.

Figura Nº 12. Tablas y gráficas de acuerdo al equipo seleccionado

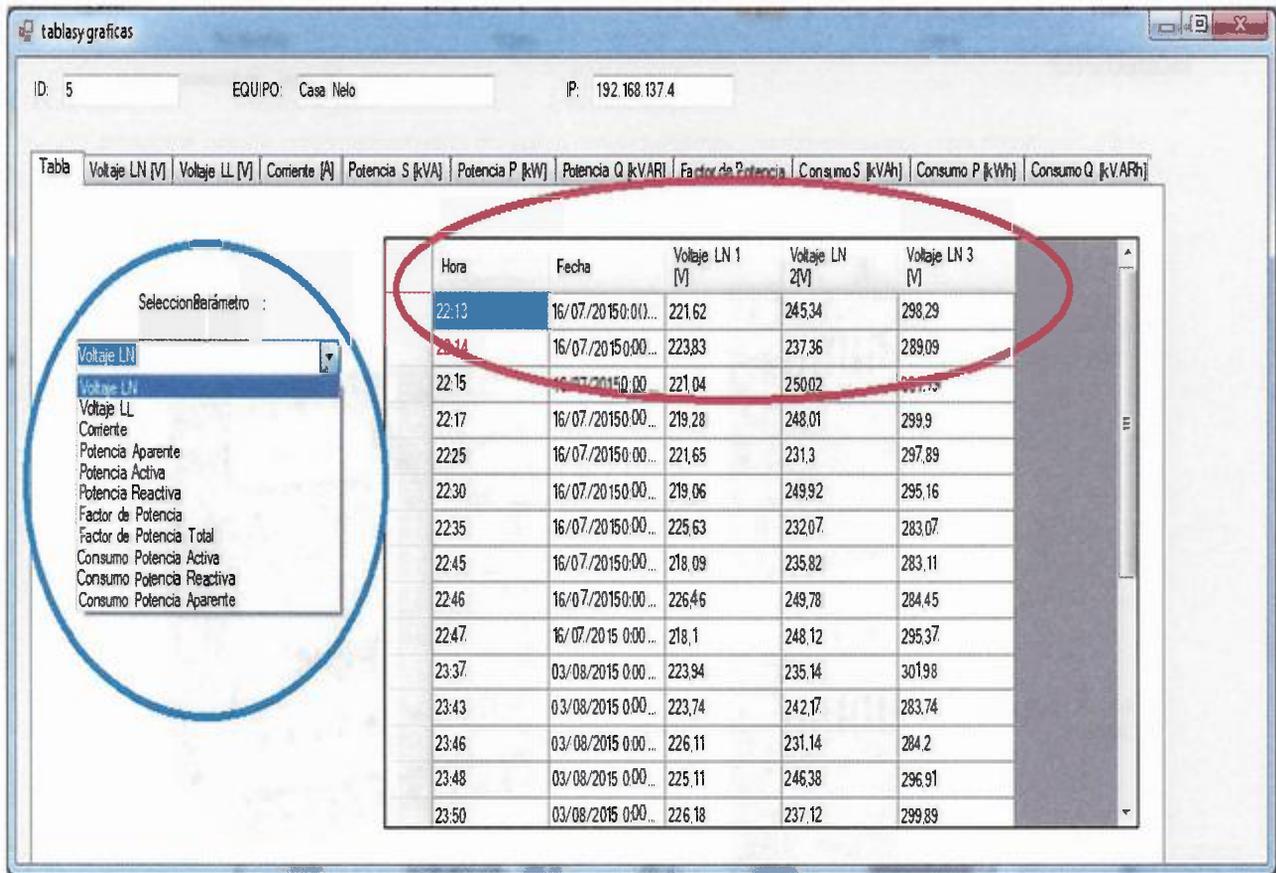


Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el lado derecho de la pantalla, el usuario puede escoger en una pestaña el parámetro de medición que desea observar sus valores; y en la parte izquierda de desplegará la tabla con las lecturas obtenidas del pa-

rámetro seleccionado con la fecha y hora en la que se obtuvo la lectura, como se puede observar en la Figura Nº 13.

Figura N° 13. Selección de Parámetros



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

- **Monitoreo Remoto (Cliente-Servidor):** Dentro del servidor web se creó una página para que el usuario pueda monitorear de manera remota desde cualquier dispositivo que tenga un navegador web y acceso a Internet. A diferencia del monitoreo local, no podrá añadir, eliminar o editar ningún medidor, solo podrá visualizar las tablas y las gráficas en tiempo real, de todos los equipos conectados. Se utilizó una plantilla dinámica en HTML5, JQUERY para la parte de las gráficas

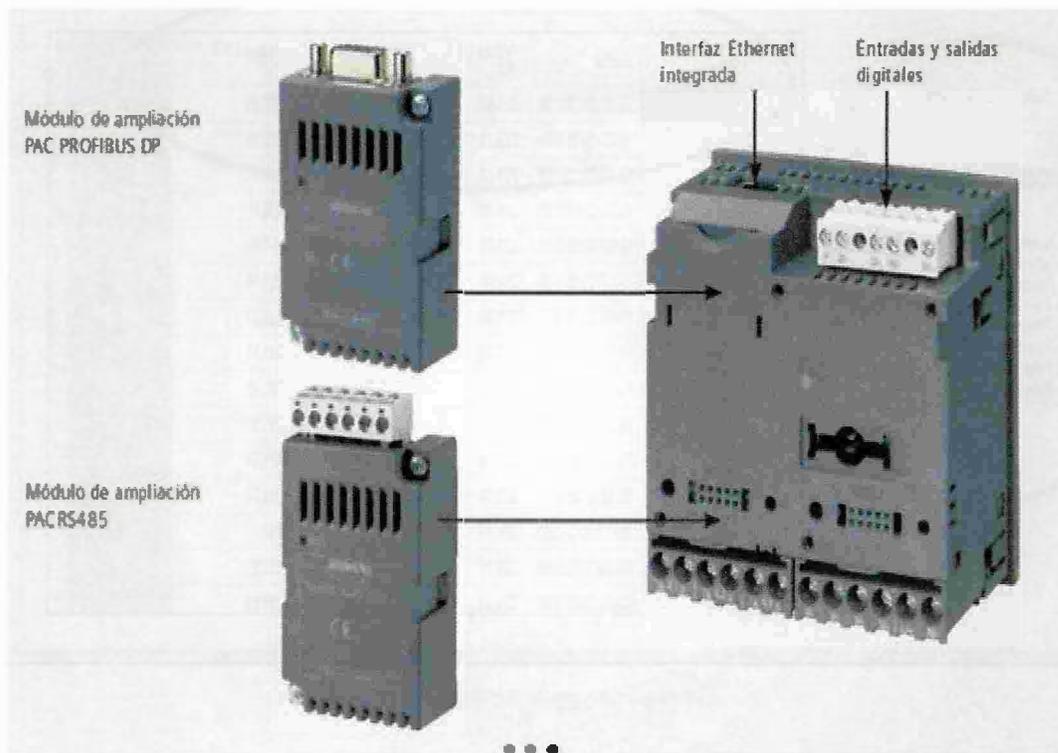
en tiempo real, pero básicamente toda la programación de la página fue en PHP.

En la Figura N° 14 se puede observar la página de inicio que fue creada para el sistema de telemetría, tiene una introducción acerca del proyecto e imágenes sobre medidores energéticos y lo que es el protocolo MODBUS, en la parte superior derecha tiene diferentes opciones: inicio, usuarios, monitoreo y tablas.

Figura N° 14. Página de inicio

MODBUS/TCP

INICIO USUARIOS MONITOREO TABLAS



## SISTEMA DE TELEMETRIA PARA MEDIDORES ENERGÉTICOS MODBUS/TCP

Introducción



Fuente: *Elaboración Propia, 2015.*

Para que se pueda realizar el monitoreo remoto, primero el usuario debe registrarse llenando diferentes campos los que serán almacenados en la base de datos. Los campos que tiene que llenar el usuario son:

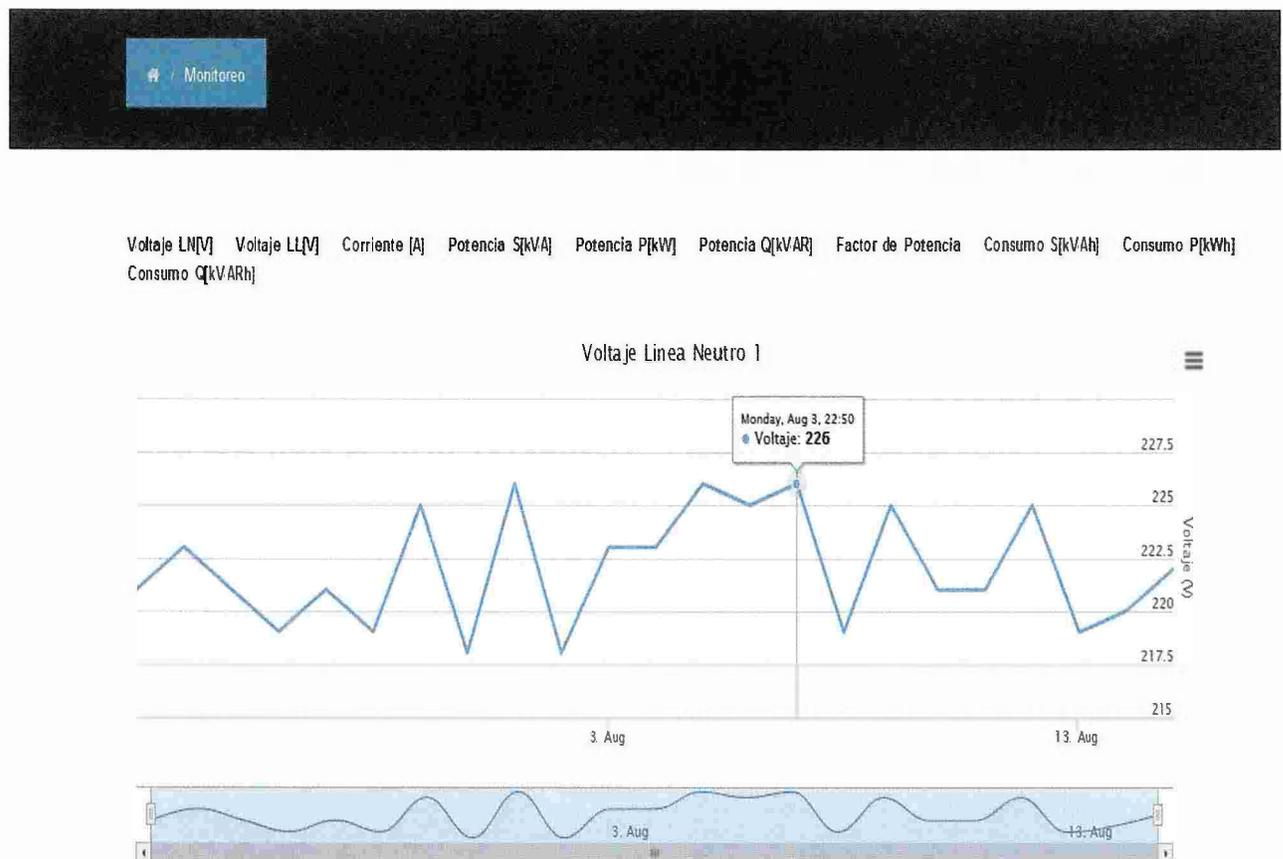
- Nombres.
- Apellidos.
- Carnet de Identidad.
- Nombre de Usuario.
- Contraseña o password.

Los campos de “nombre de usuario” y “contraseña” son los más importantes para que el usuario pueda iniciar sesión.

Una vez registrado el usuario, tendrá que iniciar sesión para que recién pueda realizar de manera general el monitoreo desde el dispositivo que se conectó a la página web y de esta forma podrá visualizar las gráficas y tablas que están almacenadas en la base de datos.

En las gráficas se podrán observar los valores de cada dato, la fecha y hora en la que se obtuvo la lectura. El usuario deberá seleccionar la gráfica del parámetro que desea monitorear, como se muestra en la Figura N° 15. La información de la página web es obtenida por la base de datos, donde se encuentran almacenadas todas las lecturas, datos de registro de usuarios y registro de equipo.

Figura N° 15. Monitoreo, visualización de gráficas



Fuente: *Elaboración Propia, 2015.*

La página se actualiza automáticamente utilizando javascript, permitiendo al usuario tener lecturas instantáneas en tiempo real.

### CONCLUSIONES

Hoy en día se cuenta con diferentes medios para poder aprender e investigar el funcionamiento de diferentes equipos, librerías de software, instalación de todo tipo de equipos. Por lo tanto, se pudo obtener la información necesaria sobre el manejo, instalación de medidores energéticos y de poder obtener la librería necesaria para realizar la comunicación entre el equipo servidor con el medidor energético, permitiendo almacenar los datos de las lecturas obtenidas por el medidor.

Debido a factores de costos, no fue posible contar con más medidores energéticos de la misma marca o el mismo modelo. Considerando que no es posible utilizar diferentes marcas y modelos, ya que el software está diseñado para un solo tipo de equipo (debido a que cada modelo y marca tiene diferente banco de registro). Por lo tanto, no se realizó la red TCP/IP entre varios medidores de diferentes marcas.

Se utilizó un host libre para poder subir la página diseñada así se pudo realizar el monitoreo remoto perfectamente desde cualquier dispositivo móvil o fijo que tenga acceso a Internet.

Se realizaron diferentes pruebas en diferentes lugares para poder verificar y validar que el sistema funciona satisfactoriamente. Se realizaron pruebas en domicilios particulares, ya que el acceso a fábricas o empresas es limitado.

### RECOMENDACIONES

- Tener conocimiento sobre equipos de medidores energéticos.
- Leer cuidadosamente el manual de instrucciones del equipo para evitar algún daño físico y de conexión, porque el equipo trabaja con voltajes muy altos y se puede dañar permanentemente.
- Tener todo el equipo y las herramientas necesarias para la conexión de los medidores para evitar accidentes durante la instalación.
- Contar con un equipo donde se pueda instalar el sistema de telemetría, que tenga los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento del programa.

- Instalar cualquier servidor Web que soporte PHP y MySQL para poder crear la base de datos y poder bajar la página web.

- Debe estar conectado las 24 horas del día y los 7 días de la semana para poder tener un registro completo del mes, sobre todo para saber exactamente el consumo de los equipos.

- El lugar donde esté conectado el equipo e instalado el sistema de telemetría, debe tener conexión a Internet, así se podrá realizar el monitoreo remoto satisfactoriamente.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BARTOLOMÉ, J. (Enero de 2011). Tolaemon. Obtenido de <http://www.tolaemon.com/docs/modbus.htm>
- (2) ACROMAG. (15 de Marzo de 2015). Introduction to MODBUS/TCP. Obtenido de [http://www.prosoft-technology.com/kb/assets/intro\\_modbustcp.pdf](http://www.prosoft-technology.com/kb/assets/intro_modbustcp.pdf)
- (3) MARQUEZ, L. (Junio de 2014). Obtenido de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lis/marquez\\_a\\_bm/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/marquez_a_bm/capitulo5.pdf)
- (4) PAC3200, S. S. (2015) Hoja de Datos. Madrid, España.

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- BORREGO, D. (16 de Febrero de 2009). HERRAMIENTAS para PYMES.com. Obtenido de <http://www.herramientasparapymes.com/wampserver-5>

**Fuentes de financiamiento:** Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2016 Nelson Daniel Olivares Cardozo



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)