

Interfaz de comunicación y Plataforma Web para Monitoreo y Control remoto de un Medidor Smart de Energía Eléctrica

Interface of communication and Web Platform for monitoring and remote controlling of a smart Electrical Energy Meter

A. Vega y P. Toledo

Abstract—

The acquisition of electricity consumption data supplied by the energy meters, storage, management of cutting and reconnection of the service in Ecuador is accomplished manually. When done in this way, the possibility of involuntary errors is latent giving way to erroneous billings. For this reason, this article presents the design and construction of a web platform that is used for the storage, control and management of the parameters of intelligent communication media in which a suitable communication interface is included. automatically extracts and sends the correct information from the smart meter stored in a reading database for further analysis and processing. Finally, the cutting actions and the electrical service network can be simulated through the web interface of the platform. The methodology used is based on the programming of a Raspberry pi 3; The same communications network through an Ethernet interface and connects with a web platform. With the implementation of the developed platform, the reading data are sent at minute 58 of each hour and stored in the database to be processed. The platform allows textual and graphical visualization of electricity consumption data and cut orders or the service network, in the same way, to generate a report of the values of said consumption

*Index Terms—*Raspberry, energy, voltage, current, remote management.

Resumen— La adquisición de datos del consumo eléctrico proporcionado por los medidores de energía, almacenamiento, gestión de corte y reconexión del servicio en el Ecuador se lo cumple de forma manual. Al ser realizados de esta manera, la posibilidad de errores humanos involuntarios es latente dando paso a facturaciones erróneas. Por tal motivo, este artículo presenta el diseño y construcción de una plataforma web la misma que se usa para el almacenamiento, control y gestión de medidas o parámetros eléctricos tomados de un medidor inteligente donde además se incluye una interfaz de comunicación

adecuada que extrae y envía automáticamente la información obtenida del medidor smart almacenando dicha lectura en una base de datos para su posterior análisis y procesamiento. Finalmente se pueden simular las acciones de corte y reconexión remota del servicio eléctrico a través de la interfaz web de la plataforma. La metodología usada se basa en la programación de un Raspberry pi 3; la misma que se enlaza a una red de comunicaciones a través de una interfaz Ethernet y se conecta con una plataforma web, la cual procesa la información recibida. Con la implementación de la plataforma desarrollada, los datos de lectura son enviados al minuto 58 de cada hora y almacenados en la base de datos para posteriormente ser procesados. La plataforma permite visualizar de manera textual y gráfica los datos del consumo eléctrico y enviar órdenes de corte o reconexión remota del servicio, de igual manera, permite generar un reporte de los valores de dicho consumo.

*Palabras Claves—*Raspberry, energía, voltaje, corriente, gestión remota.

I. INTRODUCCIÓN

Los medidores de energía eléctrica son aparatos integrados en los hogares, los cuales muestran el consumo total de energía eléctrica durante un tiempo determinado kilovatio-hora (KWh) [1], hoy en día la mayoría de ciudades del Ecuador aún utilizan los contadores electromecánicos, si bien es cierto, estos contadores cumplen su función, pero son dispositivos que utilizan tecnología de hace cien años, por lo que es necesario un cambio de estos equipos para enfrentar a las necesidades tecnológicas del futuro [2].

Además, los servicios de lectura, corte y reconexión ofrecidos por las empresas proveedoras del servicio eléctrico en el Ecuador son realizados de forma manual, por lo que tardan mucho tiempo en ejecutarse. Los lecturadores deben ir de casa en casa registrando los nuevos valores que presenta cada medidor, en algunos casos arriesgando su integridad física. Luego, manualmente subir esta información a la base de datos de la empresa eléctrica para su posterior facturación. Así mismo, cuando se va a realizar el corte o reactivación del servicio, el personal debe hacerlo manualmente lo que conlleva un tiempo prolongado de ejecución y un elevado

P. Toledo. Universidad Nacional de Loja, Facultad de Energía, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Cdla. Universitaria Guillermo Falconí Espinoza, Loja – Ecuador, ptoledo@unl.edu.ec.

A. Vega. Universidad Nacional de Loja, Facultad de Energía, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Cdla. Universitaria Guillermo Falconí Espinoza, Loja – Ecuador, Áreas de Interés: Radiación Electromagnética, Redes de Radio Cognitiva, Radio Definido por Software. andy.vega@unl.edu.ec.

costo [3].

Los altos costos de operación para realizar el corte y reconexión del servicio de energía eléctrica, los constantes errores de lecturas o mala digitación de las mismas, y sumados los retrasos en la entrega de la información, hace que este proceso sea poco confiable y no se logre atender a todos los clientes como lo establece la normativa. Para mejorar estos procesos se hará uso de las nuevas tecnologías que actualmente se encuentran disponibles en el mercado [4].

Es por ello que se ha creído conveniente desarrollar este prototipo que permita automatizar los procesos descritos anteriormente con ayuda de la tecnología, con el fin de otorgar un mejor servicio para los abonados y reducir para las empresas eléctricas tiempos de ejecución y costos de personal, ya que las operaciones se las realizaría de manera remota [5].

El objetivo del proyecto es proporcionar tanto a la empresa eléctrica como también al usuario, un servicio más eficiente, con ayuda de la telemedición se pretende obtener datos en tiempo real y sin error, los mismos que serán almacenados directamente en una base de datos y la ejecución de las operaciones de corte y reconexión se las podría ejecutar también de manera remota [6], [7].

II. METODOLOGÍA

El presente trabajo se establece en el diseño e implementación de una interfaz de comunicación que permita recoger los datos de consumo eléctrico desde un medidor Smart y transmitirlos a través de una conexión a internet hacia una plataforma de comunicación, la misma que permita a la compañía de suministro de energía eléctrica gestionar remotamente los parámetros eléctricos generados del consumo de una edificación y así mismo vía web generar políticas pertinentes de seguimiento, reportes de consumo y acciones de desconexión o reconexión del servicio eléctrico. Para lograr los objetivos planteados se establece una metodología basada en fases.

Fases de trabajo

- Elaboración y ejecución de encuesta.
- Diseño y construcción del módulo de comunicación.
- Diseño y construcción de la plataforma web e integración al módulo de comunicación.

i. Elaboración y ejecución de la encuesta

Debido a la ausencia de información referida a los procesos de lectura y almacenamiento de los datos proporcionados por los medidores de energía eléctrica, y los procesos de corte y reconexión del servicio eléctrico, se cree conveniente realizar una encuesta al personal de la empresa eléctrica y sector dedicado a la lectura dentro de la ciudad de Loja.

La encuesta formada por 10 preguntas cerradas se la realiza a varios encargados de la empresa y personal encargado de ejecutar las tareas de medición.

Con esta encuesta se pudo constatar que los procesos de lectura, almacenamiento de los datos, corte y reconexión del servicio, se ejecuta de forma manual, ocasionando errores humanos involuntarios, tiempos prolongados en su realización y, por lo tanto, un elevado costo en realizar estos procesos por

todo el personal técnico utilizado para ejecutar las lecturas.

ii. Diseño y construcción del módulo de comunicación

En este apartado se evidencia el diseño y construcción de la interfaz de comunicación para poder recoger y enviar la información contenida en un Raspberry pi 3 (el cual emula las principales acciones de un medidor inteligente) y almacenarla en la base de datos que se encuentra instalada en una máquina virtual con sistema operativo Ubuntu.

A continuación, se muestra el diagrama de conexión, el cual contiene todos los dispositivos que conforman el módulo de comunicación, que se encarga de enviar la información procedente del Raspberry pi 3 y almacenarla en una base de datos, de igual forma, se muestra la conexión con el contactor o switch eléctrico para realizar el corte y reconexión del servicio.

Como el diseño e implementación de la plataforma web y la integración del módulo de comunicación se implementa sobre una WLAN, los dispositivos, interfaz, parámetros, etc. a utilizar son los siguientes:

- El ISP es simulado por el Router inalámbrico TL-WR841N.
- Un Raspberry pi 3 Model B que ejecuta las funciones de un medidor inteligente.
- La computadora utilizada para realizar la virtualización es una laptop Asus A53S.
- Servidor de colas de mensajes RabbitMQ, para asegurar que los datos enviados desde el Raspberry sean recibidos por su destino.
- Lenguaje de programación Python, para realizar el envío de la información procedente del Raspberry a la base de datos, y realizar las acciones de corte y reconexión del servicio eléctrico.
- 2 Frameworks de desarrollo, Angular para el front-end y Django para el back-end.
- Servidor web Apache y servidor de base de datos MySQL.

En la Figura 1 se muestra de manera gráfica lo mencionado anteriormente.

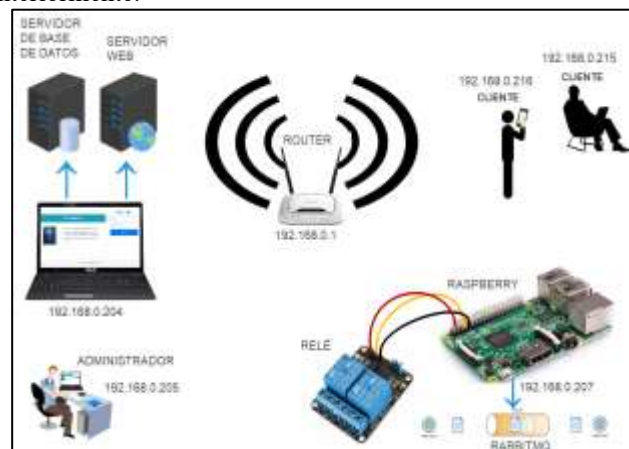


Figura 1. Distribución de los dispositivos utilizados, en una LAN.

iii. Diseño y construcción de una plataforma web e integrarla al módulo de comunicación

Para un mayor entendimiento, y basado en metodología

Iconix se sugiere realizar el prototipo de interfaz de usuario, en esta parte se considera indicar las pantallas de los siguientes casos de uso: ingresar al sistema, crear, editar, y eliminar usuarios, asignar o eliminar medidores, acceder a la información procedente de los medidores inteligentes, gestionar el corte y reconexión del servicio eléctrico.

En la Figura 2 se observa las tres maneras de ingreso a la plataforma web, en modo *Administrador*, *Facturador* y *Cliente*, cada uno con roles específicos.

Al ingresar en modo Administrador, el sistema muestra algunas opciones en la que se puede realizar las actividades que se muestran en la Figura. 3.

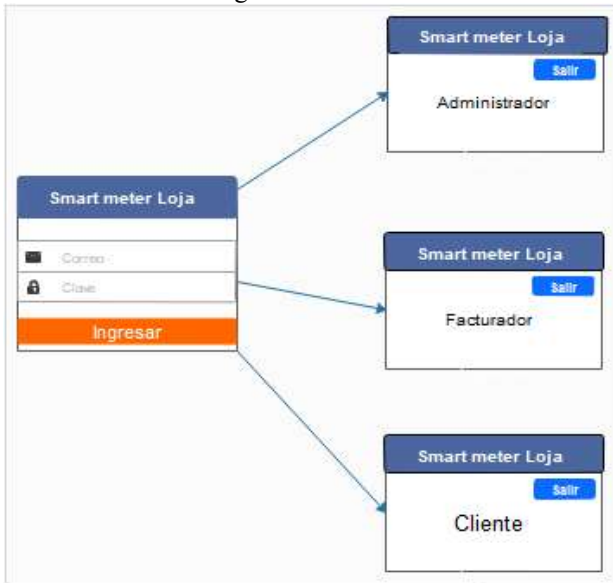


Figura 2. Interfaz de usuario de la plataforma web.

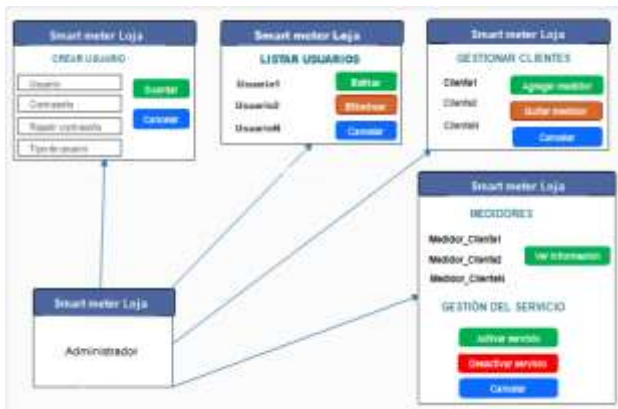


Figura 3. Interfaz gráfica con los procesos que puede realizar el Administrador de la plataforma web.

III. RESULTADOS

Con respecto al módulo de comunicación, para el envío de los datos que se encuentran en el archivo *datos.csv* almacenados en el Raspberry, se leen en el minuto 58 de cada hora y se envían mediante colas de mensajes, con el uso de RabbitMQ, que tiene la dirección IP 192.168.0.107, se comprueba que está disponible el destinatario que es la plataforma web con dirección IP 192.168.0.204 y se envía el mensaje, la plataforma recibe el mensaje y envía el acuse de recibo ACK confirmando su recepción. Luego, esta

información es almacenada en la base de datos de MySQL, para posteriormente ser utilizada. Esto se muestra gráficamente en la Figura 4. En la figura 6 se muestra los datos enviados desde el Raspberry hasta el servidor de base de datos.

En el caso de la gestión del corte y reconexión del servicio eléctrico, el script lee permanentemente la tabla correspondiente al cambio de estado del medidor presente en la base de datos mediante consultas SQL y activa o desactiva la salida GPIO 4 del Raspberry, según corresponda, en esta salida está conectado el relé que se acciona cada vez que cambia de estado esta salida. En la figura 5 se muestra los procesos que sigue la gestión del corte y reconexión.



Figura 4. Diagrama del envío de datos del Raspberry a Ubuntu Server.

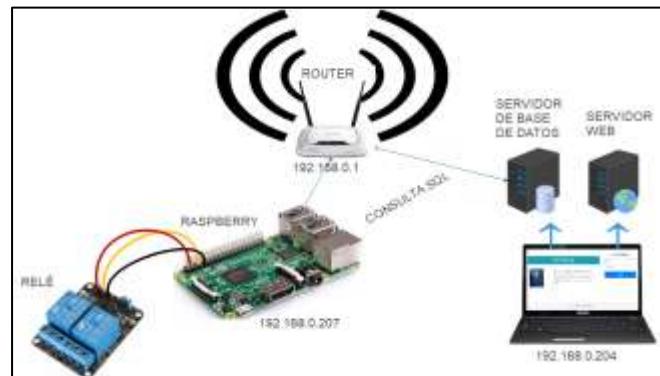


Figura 5. Activación y desactivación del relé.

Una vez que se verifica el correcto funcionamiento del módulo de comunicación, tanto en el envío de los datos, como la gestión de corte y reconexión, se procede a observar los resultados de la integración del módulo de comunicación en la plataforma web.

En la figura 6 se muestra la información del archivo *datos.csv* que se encuentra en el Raspberry (Los datos usados en el presente proyecto representan información concebida para simular el ambiente de operación con una base de datos, la misma que no es tema de este trabajo); de igual manera, se observa los mismos datos almacenados en la base de datos MySQL.

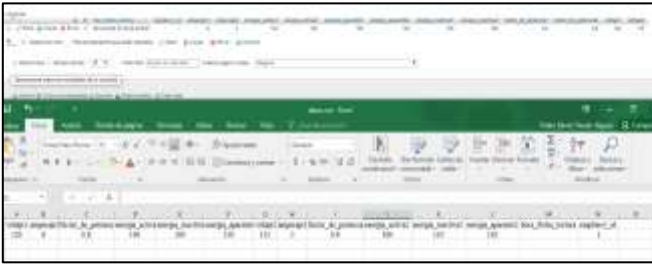


Figura 6. Datos procedentes de un archivo datos.csv son almacenados en la base de datos.

En la figura 7 se observa las opciones para gestionar la información almacenada en la base de datos. En la parte superior se muestra el estado de la conexión de la plataforma con el medidor “Conexión exitosa”, lo cual indica que el medidor se encuentra disponible en la red, también se proyecta el estado del medidor “Medidor Conectado”, que despliega el indicador de que el servicio eléctrico está funcionando correctamente. En esta parte se encuentra un botón que permite realizar las acciones de conectar o desconectar el servicio eléctrico, (en este caso, un módulo relé conectado al Raspberry). En el centro de la página se encuentran los detalles del consumo eléctrico de manera textual; y en la parte inferior, las gráficas de este consumo.



Figura 7. Pantalla de gestión del consumo y servicio eléctrico.

A más de las funciones antes mencionadas, la plataforma permite generar un reporte del consumo eléctrico con las tarifas actuales correspondientes a la EERSSA (Empresa Eléctrica Regional del Sur SA).

IV. DISCUSIÓN

Partiendo de lo específico a lo general, los resultados de este trabajo evidencian que el proyecto realizado cumple con los objetivos planteados, debido a que se parte con la recopilación de información acerca de la evolución de los medidores de energía eléctrica. Del mismo modo, se realiza la encuesta al personal lectorador del consumo eléctrico; en esta sección, se puede constatar que los encargados de realizar

estos procesos pertenecen a una empresa contratada por la EERSSA. Para el diseño de la plataforma web, se toma como guía los apartados más importantes de la metodología de desarrollo web, Iconix [8], con el fin de facilitar el diseño y la ejecución de la plataforma.

En las pruebas realizadas, se puede observar que la información que contiene el archivo datos.csv, es la misma que está en la base de datos, es decir, la información que contenía el Raspberry fue enviada al servidor de base de datos MySQL para ser almacenada, y posteriormente mostrada o graficada, etc. (ver Figura 6). En la Figura 7 se observan las diferentes acciones que se pueden realizar: mostrar la información almacenada en la base de datos de manera textual y gráficamente, también, posee un botón para realizar el corte o la reconexión del servicio eléctrico.

Tanto las acciones de corte y reconexión, como el envío de los datos se realizan correctamente, ya que las pruebas se replican en varias situaciones, por ejemplo, quitar la conexión de la plataforma web por un tiempo prolongado, cuando se reestablece la conexión los datos pendientes se envían y almacenan en la base de datos de manera idónea. Otra situación que también se puede evidenciar es que, al quitar la conexión al Raspberry, de igual manera, todo funciona correctamente al momento que se reestablece la conexión. Además, la plataforma permite generar un reporte del consumo realizado por el Cliente (ver Figura 8), este reporte toma como base de cálculo los valores de los rubros que factura actualmente la EERSSA. Con todas estas pruebas realizadas se puede comprobar que el proyecto funciona a cabalidad, según los objetivos planteados.

Ejemplo de reporte del consumo correspondiente a: Mayo del 2019		
Información del consumidor		
Nombre:	Toledo Iniguez Pablo David	
Cédula:	1103478092	
Dirección:	Loja	
Serie del medidor:	240534	
Detalle de valores consumidos		
Consumo de Línea:	Línea 1	Línea 2
Energía Activa (KWh)	90.00	135.00
Energía Reactiva (KVARh)	18.00	27.00
Energía Aparente (KVAh)	144.00	162.00
Amperaje (Amp)	3.00	4.00
Voltaje (Volt)	120.00	125.00
Factor de Potencia	0.90	0.85
Detalle de rubros a pagar (\$)		
Rubro	Valor (\$)	
Consumo eléctrico	19.28	
Comercialización	1.41	
Alumbrado público	3.08	
Subsidio cruzado (+)	2.07	
Tributo a bomberos	1.98	
IVA 12%	0.00	
TOTAL DE VALORES A PAGAR	27.81 Dólares	

Figura 8. Ejemplo de reporte del consumo eléctrico generado por la plataforma.

En el transcurso de la elaboración del proyecto se puede observar que son muchas las ventajas que se tiene con la implementación de este tipo de sistemas, como automatizar la toma de lectura de los medidores eléctricos, gestionar de manera remota los procesos de corte y reconexión del servicio, de manera que se reducen los errores, tiempo y costo de ejecución de estos procesos; beneficiando a la empresa eléctrica y al usuario.

V. CONCLUSIONES

El avance de los sistemas de medición de consumo de energía eléctrica va desde contadores electromecánicos, hasta los avanzados medidores inteligentes; a pesar del gran progreso tecnológico, en Ecuador aún no se hace uso de estas tecnologías, a pesar de que en algunas ciudades ya se usa medidores digitales, la recolección y procesamiento de las bases de datos siguen siendo un tema de investigación por el gran volumen de información que se maneja, esto vuelve permisible la generación de errores de lecturación que trae como consecuencia alteraciones en los cotos del cliente.

Debido que la información es primordial y no debe perderse en el camino, ya sea por caída del servidor, por falta de conexión, o por cualquier motivo. El uso de un servidor de colas de mensajes es la mejor opción, esto asegura que los datos enviados lleguen a su destino para ser procesados.

Es importante hacer uso de Frameworks de desarrollo web, ya que son herramientas que optimizan el tiempo y costos. En este caso se usan 2 Frameworks: Angular para el front-end, y Django para el back-end.

VI. REFERENCIAS

- [1] J. A. Zaldaña, "Medidor inalámbrico de consumo de energía eléctrica de bajo costo," UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, 2011.
- [2] D. Ortiz Villalba, J. Llanos Proaño, O. Jácome Riera, and G. León Amores, "SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y MEDICIÓN DE AGUA POTABLE EN LOS HOGARES," Latacunga.
- [3] R. Dias, J. C. Scaramutti, C. D. Arrojo, and H. A. Nastta, "ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTES EN EL CONTEXTO DE LAS REDES INTELIGENTES," 2013.
- [4] D. Idrovo and S. Reinoso, "ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AMI (ADVANCED METERING INFRASTRUCTURE) MEDIANTE CONTADORES INTELIGENTES POR PARTE DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A.," UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2012.
- [5] J. M. Gómez Lopez, R. Castán Luna, J. C. Montero Cervantes, J. Meneses Ruiz, and J. Garcia Hernandez, "Deployment of Advanced Metering Infrastructure (AMI) for power distribution losses reduction," Bol. IIE, vol. 39, no. 4, pp. 180–191, 2015.
- [6] Superintendencia de Industria y Comercio et al., "MEDICIÓN Y GESTIÓN INTELIGENTE DE CONSUMO ELÉCTRICO - Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial (CIGEPI)," vol. 6, p. 96, 2016.
- [7] J. C. López Vázquez, "ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS SMART GRIDS," UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, 2016.
- [8] J. Fernández, M. Sumano, and J. Andrade, "ICONIX," Veracruz, 2004.