

Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo Energético en el Campus Rodríguez Lara – Espe Extensión Latacunga

Diego Ortiz Villalba¹, Oscar Rodríguez Chacón²

Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas - Espe Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

e-mail: ¹ ddortiz5@espe.edu.ec

² orodriguezch@gmail.com

orodriguez@espe.edu.ec

RESUMEN

En el mundo crece el interés por desarrollar políticas y regulaciones que incentiven la creación de conciencia social respecto a la utilización de los recursos energéticos, la utilización adecuada de éstas energías dentro del mundo actual hace posible la implementación de sistemas de monitoreo, estos sistemas son necesarios implementarlos en lugares donde se requiera realizar gestión de la energía como edificios, empresas, hogares entre otros, contribuyendo así a reducir los costes de planilla y las emisiones de gases de efecto invernadero, educando a las personas a tener un compromiso medioambiental con el planeta. Actualmente existen varios sistemas de monitoreo implementados en diferentes Universidades del extranjero y ofertados por grandes compañías involucradas en el desarrollo de software, éstos sistemas a su vez necesitan de una gran inversión económica para su implementación.

Tomando como base los sistemas de monitoreo inteligentes implementados en Universidades del extranjero, se ha visto la necesidad de implementar un Sistema de Monitoreo de consumo de recursos energéticos en el campus Rodríguez Lara ESPE Extensión Latacunga, realizando un estudio práctico de monitorización de la energía consumida mediante una red inteligente que integra el consumo de energía eléctrica y agua, ésta tecnología permite a cualquier persona mediante servicios web monitorear el consumo de energía a través de una plataforma virtual amigable para el usuario, lo que permitirá que la comunidad universitaria tome conciencia acerca del uso racional de los recursos energéticos que se consumen en el campus, siendo un aporte hacia la innovación en sistemas de monitoreo energético en el Ecuador, fomentando al desarrollo de nuevas tecnologías en el país.

ABSTRACT

In the world is growing interest in developing policies and regulations that encourage the creation of social awareness regarding the use of energy resources, the appropriate use of these energies in the present world makes possible the implementation of monitoring systems, these systems are needed will

implement them in places where it is required to perform energy management how buildings, businesses, homes and others, helping to reduce payroll costs and emissions of greenhouse gases, educating to the people to have an environmental commitment with the planet. Currently there are several monitoring systems implemented in various universities abroad and offered by large companies involved in software development, these systems in turn require a substantial financial investment for implementation.

Based on intelligent monitoring systems implemented in Universities abroad, has been the need to implement a system of monitoring of consumption of energy resources on campus Rodríguez Lara ESPE Extension Latacunga, making a practical study of monitoring the energy consumed by a smart grid that integrates the consumption of electricity and water, this technology allows anyone using web services to monitor energy consumption through a friendly user virtual platform, which will allow the university community aware about the use rational use of energy resources consumed on campus, being a contribution to innovation in energy monitoring systems in Ecuador, encouraging the development of new technologies in the country.

Índice de Términos: Recursos Energéticos, Gestión de la Energía, Red Inteligente.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización adecuada de los diferentes tipos de energía dentro del mundo actual hace posible la implementación de sistemas de monitoreo, estos sistemas son necesarios implementarlos en lugares en donde se requiera realizar gestión de recursos. Los equipos denominados Smart Meters o medidores inteligentes podrían apoyar estos propósitos al ser capaces de medir la energía consumida y realizar la gestión de la demanda de energía, además del beneficio medioambiental, su implementación mejora la eficiencia de las redes de transmisión y distribución energética, además de permitir el monitoreo de diferentes variables como gas, temperatura, sistemas de ventilación etc. Estas acciones deben estar acompañadas en muchos casos de inversiones en tecnología, gestión de procesos y modificación de hábitos conductuales de

los consumidores. Los sistemas de monitoreo en la actualidad poseen la ventaja de ser visualizados por los consumidores mediante servidores web, ya que con la tecnología disponible permite a los usuarios monitorear fácilmente su consumo de energía acorde a la tecnología existente, pues todas las personas pueden acceder a internet desde cualquier lugar del mundo.

En el aspecto ambiental existe un gran interés de los países en desarrollar políticas y reglamentaciones que incentiven la creación de conciencia social respecto de las consecuencias de los gases de efecto invernadero. El problema radica en el combustible utilizado por las plantas de generación de energía tradicionales y se produce durante los picos de demanda que obligan a activar plantas térmicas para poder suplir esas necesidades adicionales de energía. [1]

El usuario final siempre está interesado en ahorrar dinero en la factura eléctrica o de agua, existen sistemas inteligentes de monitoreo de energía para los usuarios domésticos, con los cuales se puede monitorear y controlar el uso de energía de los diferentes aparatos en el hogar y dar una visión general del consumo de energía de cada dispositivo.

Si es posible conectar el sistema de monitoreo con las compañías de servicios públicos, éstas compañías van a ser capaces de ofertar un mejor servicio al usuario final, con la finalidad de conocer cuánta energía consumen los diferentes aparatos y la frecuencia con que se utilizan, la misma empresa puede actuar como poder consultor y asesorar a sus clientes a ahorrar dinero. [2]

En la figura 1 se muestra el diagrama de un sistema que transmite información de monitoreo en un hogar y comunicado a la empresa que oferta el servicio de electricidad y agua potable.

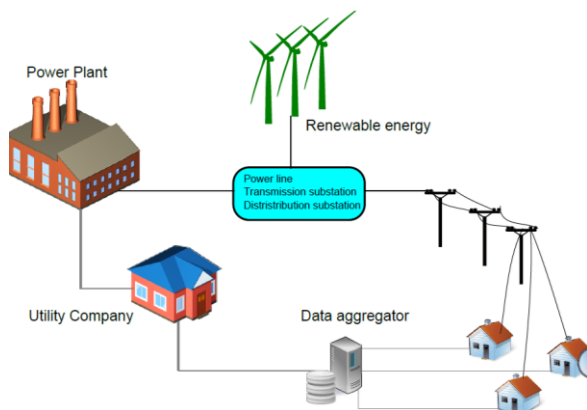


Fig. 1 Sistema de monitoreo interactuando mediante una red inteligente con la empresa de servicios.

Para poder llevar a cabo todas las acciones mencionadas, la red del futuro deberá:

- ✓ Estar dotada de resistencia frente a ataques y desestabilizaciones.
- ✓ Potenciar la participación activa de los consumidores, incentivando la generación local de energía y la entrega del exceso energético a la red en horas punta.
- ✓ Tener capacidad de suministro de energía de calidad adecuada a la era digital, gracias a un mayor número de puntos de generación que permitirá la entrega de diferentes calidades energéticas para cada tipo de aplicación.
- ✓ Acomodarse a una amplia variedad de modalidades de generación y almacenamiento, gracias a las micro redes y a la generación energética distribuida.
- ✓ Facilitar el florecimiento de mercados, debido a la inclusión de nuevos elementos en la red como el vehículo eléctrico, un mayor número de fuentes de energía renovables, etc. [3]

La figura 2 muestra el modelo energético de una red inteligente.



Fig. 2 Modelo energético futuro- Smart Grids: European Technology Platform

II. DESCRIPCIÓN DEL MONITOREO DE ENERGÍA EN EL CAMPUS RODRÍGUEZ LARA

La Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga cuenta con un sistema de monitoreo de energía eléctrica en el campus Rodríguez Lara, el cual se lo realiza independientemente en la sala de control, a ésta información únicamente tienen acceso el personal técnico y personal autorizado, en lo que respecta a la información del consumo de agua potable no se tiene acceso a ésta información ya que el monitoreo se lo realiza directamente en el tanque de agua ubicado en un lugar muy distante del edificio principal. El acceso a la información de consumo es un inconveniente en la actualidad tanto en agua

como en electricidad, siendo un problema ya que el mundo se encuentra en la época de la toma de conciencia personal acerca del uso responsable de los recursos energéticos, contribuyendo así a la reducción de las emisiones de CO₂ al medio ambiente.

En la Figura 3 se muestra un diagrama del sistema de monitoreo actualmente implementado en el campus Rodríguez Lara, el cual es completamente restringido para cualquier persona que desee obtener información acerca del consumo de agua y electricidad realizado en el campus.



Fig.3 Diagrama del Monitoreo de consumo energético campus Rodríguez Lara

III. ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE MONITOREO ENERGÉTICO

Dentro del mercado de las smart grids coexisten diferentes sectores y actividades que forman un ecosistema particular. En la Figura 4 se muestran las partes que forman el sistema eléctrico tal y como lo conocemos actualmente.

Dentro de cada uno de los elementos en que se divide el sistema, se han identificado una serie de sectores o actividades que se son clave en el mercado de las smart grids. [4]

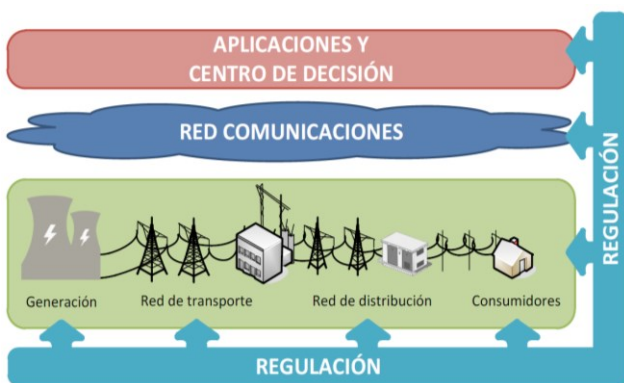


Fig.4 Esquema de la red eléctrica y los diferentes sectores que forman la smart grid.

A continuación se presenta la propuesta del sistema de monitoreo energético para el campus Rodríguez – Lara, en la figura 5 se muestra los aspectos principales que se encuentran dentro del sistema.



Fig.5 Partes que integran el Sistema de Monitoreo Energético

A. Medidores

En el futuro, a través de un medidor inteligente, podrá controlar a distancia “aparatos inteligentes” como el termostato de una casa o negocio a través del Internet.

También se podrá visualizar la información de consumo a través del Internet. Saber diariamente cuánta energía está consumiendo puede ayudar a controlar mejor el consumo de energía y ahorrar dinero. [5]

En la figura 6 se muestran los diferentes tipos de medidores inteligentes que podrían ser implementados en los próximos años en cada uno de los sistemas del hogar.

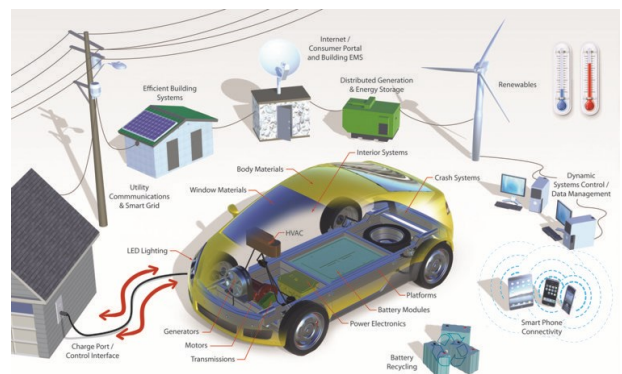


Fig.6 Medidores inteligentes para hogares

De acuerdo a los requerimientos de las variables a ser medidas se dimensionaron medidores de electricidad y agua potable.

En la figura 7 se muestra los medidores utilizados en el proyecto para cada una de las variables a ser monitoreadas.

Los medidores de recursos energéticos tanto de electricidad como de agua utilizados para el monitoreo, poseen características importantes dentro de las cuales constan las siguientes:

- Protocolos de comunicación estándar.
- Amigables con el medio ambiente.
- No son intrusivos.

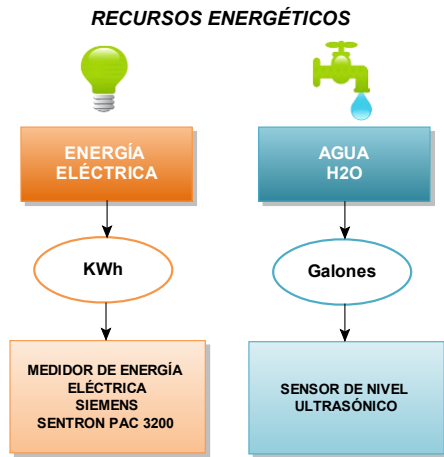


Fig. 7 Medidores involucrados para la medición de los recursos energéticos

B. Sistema de Adquisición de Datos (SAD)

El sistema de monitoreo energético utiliza un sistema de adquisición de datos, el cual consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en voltaje y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en un computador. En la figura 8 se muestra las diferentes etapas de un SAD.

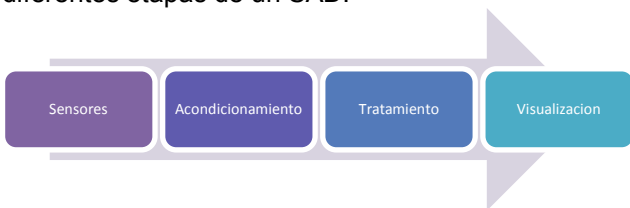


Fig.8 Etapas de un Sistema de Adquisición de Datos (SAD)

En la figura 9 se describe el SAD utilizado en el sistema de monitoreo.

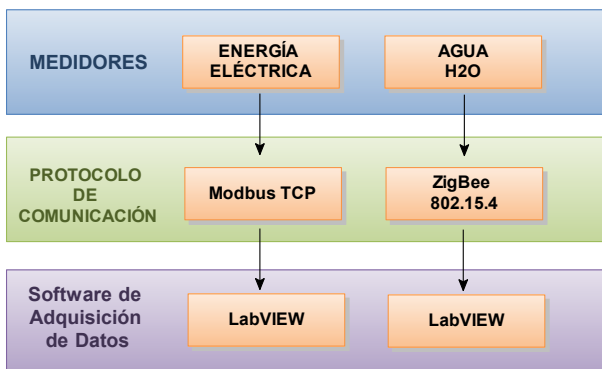


Fig.9 SAD utilizado en el sistema de monitoreo

C. Sistema de Monitoreo en LabVIEW

El sistema de monitoreo diseñado mediante LabVIEW, tiene como objetivo brindar información al personal técnico que administra los sistemas de

electricidad y agua, ésta información es obtenida en tiempo real del comportamiento de cada sistema, lo que facilita en tiempo y comodidad el desenvolvimiento del personal que supervisa dichos sistemas. La figura 10 se muestra la estructura del sistema de monitoreo diseñado para el monitoreo de consumo de agua y electricidad mediante una PC, dentro del cual se encuentran involucrados los sistemas descritos anteriormente.



Fig. 10 estructura del sistema de monitoreo (LabVIEW)

D. Sistema de Monitoreo de Consumo Energético mediante la Web

Las dos formas básicas de difusión de información son la directa (en tiempo real) y la indirecta (basada en datos procesados), la presentación de información al usuario en tiempo real afectará a su comportamiento en ese instante, mientras que la información periódica muestra sus efectos a más largo plazo, las diferentes formas de presentar la información pueden ser opciones en la facturación, portales de internet, pantallas (displays) en los edificios, soluciones para móviles, etc. [6]

En la figura 11 se muestra el ejemplo de un sistema monitoreo de energía vía web.



Fig. 11 Ejemplo de monitoreo de energía vía web.

Los aspectos más importantes a considerar en cuanto a la difusión de información son:

- ✓ Información fácilmente accesible y comprensible a través de una interfaz amigable.
- ✓ Medida del consumo energético con suficiente detalle total y por equipos.
- ✓ Visualización de la energía consumida (Por ejemplo, a través de códigos de colores del rojo al verde o gráficos)
- ✓ Comparativa del consumo con días, meses, semanas y años anteriores, o frente a otros consumidores similares. El uso de información histórica propia del usuario parece ser más efectivo que las comparativas entre usuarios.
- ✓ Recompensar el ahorro de energía – presentar el ahorro energético que puede obtenerse en kilovatio-hora y en términos económicos, incluyendo emisiones y consumo de energía primaria.
- ✓ Ayudar a los clientes a configurar sus propios objetivos de ahorro energético y mantener un seguimiento de su progresión. [6]

Debido al desarrollo e innovación en sistemas de monitoreo energético mediante internet, que ofrecen distintas empresas en países desarrollados energéticamente y siendo un modelo a seguir, el sistema de monitoreo web diseñado tiene varias etapas. En la figura 12 muestra las etapas involucradas en éste sistema.



Fig. 12 Etapas del sistema de monitoreo mediante la web

La figura 13 muestra un diagrama que indica la base de datos diseñada, se detalla la estructura principal de la base de datos, al igual que cada una de las tablas como “agua” y “electricidad”, que conforman la Base de Datos MySQL de nombre “consumo”.

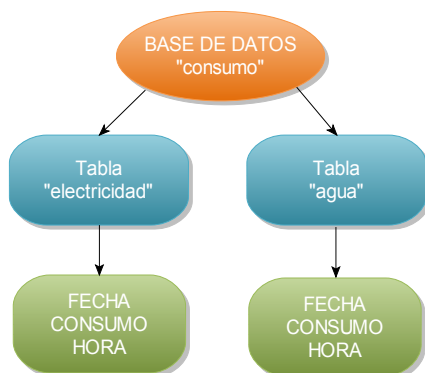


Fig.13 Estructura de la base de datos MySQL

IV. CASO DE ESTUDIO

Una vez establecidos los requerimientos técnicos para la implementación del sistema de monitoreo en el campus Guillermo Rodríguez Lara de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE extensión Latacunga, ubicado en la parroquia Belisario Quevedo cantón Latacunga, a continuación se describen las diferentes etapas diseñadas e implementadas dentro del sistema de monitoreo energético.

Para el monitoreo de la energía (agua y electricidad), se desarrollaron dos sistemas, los cuales fueron implementados con softwares como LabVIEW [7] y programación PHP [8] para el monitoreo web, éstos sistemas serán visualizados independientemente, el sistema desarrollado en LabVIEW mediante la PC instalada en el campus Rodríguez Lara, y el sistema de consumo de energía mediante servicios web podrá ser visualizado por toda la comunidad politécnica y demás personas que tengan acceso a él mediante la página de la Universidad.

A continuación se detallan los diferentes sistemas desarrollados en éste proyecto:

- a) Sistema de monitoreo de consumo de agua mediante LabVIEW.
- b) Sistema de monitoreo de consumo de energía eléctrica mediante LabVIEW.
- c) Base de Datos MySQL de consumo de energía eléctrica y agua
- d) Página Principal del Monitoreo Energético mediante la Web.
- e) Sistema de Monitoreo del consumo de energía eléctrica en kwh, mediante la Web.
- f) Sistema de Monitoreo del consumo de agua en Galones, mediante la Web.

A continuación se detallan los aspectos mencionados anteriormente y se describe el propósito de los mismos.

a) Sistema de Monitoreo del consumo de agua.

La interfaz para el monitoreo del consumo de agua en el campus Rodríguez Lara, cuenta con la información de nivel del tanque de agua, se lo relaciona con el volumen del tanque para obtener el nivel en litros, además posee indicadores que indican el estado en el que se encuentra el sistema de distribución de agua. Además la interfaz cuenta con un control numérico para establecer el tiempo en el cual se toman los datos “Fecha, Consumo, Hora” y se almacenan en la base de datos, los datos.

En la figura 14 se muestra la interfaz que monitorea el sistema de consumo en agua.



Fig.14 Interfaz del Sistema de Monitoreo del consumo en Agua

b) Sistema de Monitoreo del Consumo de energía eléctrica.

La interfaz para el consumo de energía eléctrica tiene indicadores para los diferentes parámetros eléctricos de la red eléctrica del campus Rodríguez Lara dentro de los cuales constan: voltajes de línea, voltajes línea – neutro, corrientes de línea, potencias (P),(Q),(S),[9], frecuencia de la red, energía en kWh.

Además la interfaz cuenta con un control numérico para establecer el tiempo en el cual se toman los datos y se almacenan en la base de datos, ésta interfaz brinda una ayuda al personal técnico encargado del monitoreo eléctrico del campus, debido a la información en tiempo real acerca de cada uno de los parámetros eléctricos.

En la figura 15 se muestra la interfaz que monitorea el sistema de consumo en energía eléctrica.

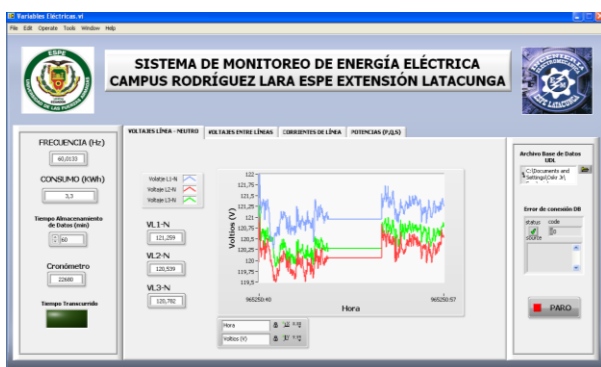


Fig.15 Interfaz del Sistema de Monitoreo del consumo en energía eléctrica

c) Base de Datos MySQL de consumo de energía eléctrica y agua.

La base de datos para el almacenamiento de la información de consumo de energía eléctrica y

consumo de agua en el nuevo campus, se encuentra implementada en MySQL [10].

La base de datos está formada por dos tablas llamadas “agua” y “electricidad”, las que son utilizadas para el despliegue de los datos de consumo en la página web del monitoreo de energía.

La figura 16 muestra la base de datos implementada.



Fig. 16 Base de datos MySQL de consumo de energía

d) Página Principal del Monitoreo Energético mediante la Web.

Para el monitoreo del consumo energético existente en el campus, se diseñó una página web programada mediante el lenguaje de programación PHP. Éste sistema de monitoreo se basó en el sistema desarrollado en [11].

La página muestra tres submenús que vinculan la información de consumo de energía eléctrica, consumo de agua y el menú que nos brinda la opción para la descarga de la base de datos de cada variable. La figura 17 muestra mediante la página web principal que se desplegará al acceder a la dirección web [12].



Fig. 17 Página web principal del sistema de monitoreo energético

e) Sistema de Monitoreo del consumo de energía eléctrica en kWh, mediante la Web.

Ésta página es un submenú de la página principal, se accede a la página mediante un

botón que es simbolizado mediante la figura de una lámpara incandescente.

La interfaz posee además la opción de seleccionar un intervalo de tiempo al cual se realiza la consulta a la base de datos, estos datos son graficados según el intervalo de tiempo seleccionado, en la figura 18 se muestra la página diseñada para el monitoreo del consumo de energía eléctrica.



Fig. 18 Página web del sistema de monitoreo de consumo de energía eléctrica en kWh

f) **Sistema de Monitoreo de consumo de agua en litros, mediante la Web.**

Esta interfaz muestra la página web diseñada para el despliegue de la información del consumo de agua en litros, del campus. Ésta página es un submenú de la página principal, posee la opción de seleccionar un intervalo de tiempo el cual realiza la consulta de los datos, éstos datos son graficados según el intervalo de tiempo seleccionado.

La figura 19 muestra la página diseñada para el monitoreo del consumo de agua en el campus mediante servicios web.



Fig. 19 Página web sistema de monitoreo de consumo de agua.

g) **Descarga de Bases de Datos mediante la Web.**

Ésta interfaz web posee dos íconos de selección para poder descargar las bases de datos de

consumo de agua y electricidad, ésta información es descargada mediante la realización de una consulta a la base de datos, el formato del archivo descargado es .xls con lo cual cualquier persona que disponga del paquete Microsoft Excel podrá acceder a ésta información de históricos de consumo, en kWh y litros respectivamente. La figura 20 muestra la página diseñada para descargar la información de datos históricos mediante servicios web.



Fig. 20 Página web para la descarga de Bases de Datos

V. CONCLUSIONES

El proyecto fue diseñado e implementado acorde al adelanto tecnológico desarrollado en países del extranjero, siendo un aporte hacia la innovación en sistemas de monitoreo energético en el Ecuador, fomentando el desarrollo de nuevas tecnologías en el país ayudando a la contribución de la eficiencia energética y conciencia ambiental.

Se diseñó e implementó un sistema de adquisición de datos entre el medidor de parámetros eléctricos y el software LabVIEW sin necesidad de utilizar un servidor OPC.

Se diseñó e implementó un sistema de comunicación inalámbrico punto a punto mediante el protocolo ZigBee 802.15.4 para transmitir la información del consumo de agua.

Se diseñó e implementó un sistema de monitoreo de variables eléctricas y de consumo de agua mediante LabVIEW, con una interfaz HMI amigable para el usuario.

Se diseñó una página web amigable para el monitoreo de consumo en agua y energía eléctrica, que servirá para que toda la comunidad universitaria tenga acceso a la información en Kilovatios hora y en litros respectivamente.

Se diseñó e implementó una base de datos de históricos en MySQL con información del consumo energético, información que se encuentra disponible en la Web para su descarga.

Como trabajo futuro se plantea implementar proyectos similares para realizar sofisticados análisis de los patrones de consumo, con diferentes fuentes de energía dentro de los cuales pueden estar involucrados recursos: eólico, solar, térmicos, etc, éstas fuentes podrían ser tomadas a través de los proyectos de grado relacionados con fuentes energías renovables, y a la vez pueden ser acopladas al sistema de monitoreo energético desarrollado.

VI. REFERENCIAS

- [1] C. A. D. Andrade, Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica - Estado del Arte, Smart Grid, pp. 70-72, 2011.
- [2] Data Collection and Transfer in Intelligent Power Monitoring Systems By Kartheepan Balachandran Supervisor Jens Myrup Pedersen - Aalborg University Department of Electronic Systems Network & Security 2011.
- [3] Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones, Fedit (2011), Smart Grids y la Evolución de la Red Eléctrica.
- [4] Smart Grids: Sectores y actividades clave informe estratégico de la fundación para la sostenibilidad energética y ambiental (2013), CITCEA – UPC (Universitat Politècnica de Catalunya).
- [5] Sempra Energy utility SDGE (2013), Lo más importante sobre los Medidores Inteligentes.pdf
- [6] Smart Regions Intelligent Energy Medidores inteligentes para consumidores Domésticos – hacia la gestión inteligente de la energía. [En Línea]:<http://www.smartregions.net/GetItem.asp?item=digistorefile;325620;1761¶ms=open;gallery&sivulD=28298>.
- [7] National Instruments Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW [En línea]: http://www.ni.com/labview/esa/?icid=HP_FG_es-AR_09240906_0617_png
- [8] Manual PHP [En Línea]: <https://php.net/manual/en/preface.php>
- [9] C.A. Trifásica. Sistema Equilibrado. Potencias [En Línea]: http://www.tuveras.com/electrotecnia/Potencias_trifasica/potencias_trifasica.htm
- [10] MySQL 5.6 Reference Manual [En Línea]: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/index.html>
- [11] Washington University in St. Louis School of Engineering & Applied Science: <http://buildingdashboard.com/clients/washu/seas/brauer/>
- [12] Sistema de Monitoreo Energético Campus Rodríguez Lara ESPE Extensión Latacunga: <http://webltqa.espe.edu.ec/sem/monitoreoenergetico.php>

VII. BIOGRAFÍA

Diego Ortiz Villalba nació en Ambato, Ecuador. Se graduó como Ingeniero en Electromecánica en la Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador en el año 2005, obtuvo el título de Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Eléctrica en la Universidad de Chile, Chile año 2011. Fue Jefe del Departamento Diseño de la empresa Ecuatran S.A., se desempeñó como ingeniero de proyectos en la empresa SGS Chile área de Cambio Climático, y trabajó como ingeniero de proyectos e investigador en el Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Su campo de especialización está orientado a energías renovables, Smartgrids, sistemas SCADA y sistemas de Distribución de energía. En la actualidad es profesor del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, Ecuador.



E-mail: ddortiz5@espe.edu.ec

Oscar Raúl Rodríguez Chacón, nació en Latacunga Ecuador. Cursó sus estudios secundarios en el Colegio Técnico Industrial “Dr. Trajano Naranjo. I”, donde obtuvo el título de Bachiller Técnico Industrial Especialización Electricidad. Sus estudios superiores los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, en donde obtuvo el Título de Ingeniero en Electromecánica en Junio del 2014, en la ciudad de Latacunga.



E-mail: orrodriquezch@gmail.com
orrodriquez@espe.edu.ec