

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y PRODUCCIÓN ALTERNATIVA DE ENERGÍA SOLAR BASADO EN IOT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SYSTEM IOT FOR SUPERVISION AND CONTROL OF SOLAR ENERGY SOLUTION

Nelson Giovanni Agudelo Cristancho⁽¹⁾, Juan Carlos Amezcua-Tovar⁽²⁾, José Antonio Silva Rojas⁽¹⁾ and Cristina Ramírez-Meneses⁽¹⁾.

1. Investigador SENA, Grupo de Investigación Suomaya, Centro de gestión de mercados logística y T.I. – SUOMAYA Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Bogotá -Colombia. nelsongiovani@gmail.com.
2. Red Tecnoparque Colombia, Nodo Bogotá, grupo de investigación GICEMEC Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, CMM, Bogotá – Colombia. t.amezcua.juancarlos@gmail.com

RESUMEN

El siguiente trabajo describe la integración de un sistema completo de producción de energía solar, que cuenta con elementos de software y hardware y un sistema de control y supervisión que se enmarca en el concepto de computación en la nube. Un objetivo es introducir una fuente de energía alternativa y que esta implementación se oriente a tecnologías de transformación digital.

El hardware está compuesto por un sistema de energía solar con el cual se gestiona hasta 1KW de potencia. Se incorpora un sistema de sensores de corriente, humedad, temperatura, un driver que controla un par de contactores de conmutación entre el sistema de energía solar y el sistema de energía convencional, finalmente una red de comunicación Zigbee con la cual se gestiona y monitorea en tiempo real el sistema.

El software es orientado a cloud computing por lo cual se utiliza la herramienta de Azure IoT en una arquitectura servidor backend y cliente frontend, se utiliza el sistema embebido Raspberry Pi Zero.

La plataforma de tipo web construye gráficas en tiempo real, presenta y almacena resultados de variables de interés del sistema como el estado de carga de las baterías, corriente consumida, y la tensión de entrada del sistema y variables ambientales como temperatura, humedad e iluminación.

La integración del sistema permite registrar el consumo de energía, activar alertas de hardware, identificar si las condiciones del sistema de energía solar son óptimas y conmutar los sistemas de energía de forma autónoma con una latencia dependiente del medio de comunicación.

Palabras Claves: IoT, Industria 4.0, sistemas de energía renovables, cloud computing

ABSTRACT

The following work describes the integration of a complete system of solar energy production. It has software and hardware elements, plus a control and supervision system that is part of the concept of cloud computing. One goal is to introduce an alternative energy source and to orient this implementation into digital transformation technologies.

The hardware is composed of a solar energy system used to manage up to 1KW of power. It incorporates a system of current sensors, humidity, temperature, a driver that controls a pair of switching contactors between the solar energy system and the conventional energy system, finally a Zigbee communication network to manage and monitor the system in real time.

The software is oriented to cloud computing, which is why the Azure IoT tool is used in a backend server and frontend client architecture, using the Raspberry Pi Zero embedded system.

The web platform builds graphs in real time, presents and stores results of interest variables to the system such as the state of charge of the batteries, electricity consumed, plus the input voltage of the system and environmental variables such as temperature, humidity and lighting.

The integration of the system allows to register the energy consumption, to activate hardware alerts, to identify if the conditions of the solar energy system are optimal and to switch the energy systems autonomously with a latency dependent on the communication medium.

Keywords: IoT, Industry 4.0, renewable energy systems, cloud computing.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de cargas ineficientes desde los sistemas de iluminación convencionales (alógenos, incandescentes), la falta de supervisión de las cargas eléctricas y la no trazabilidad de los consumos ocasionan

en las organizaciones derroches de energía, consumos innecesarios produciendo a su vez efectos ambientales adversos. Los sistemas de energía convencionales como plantas generadoras de energía, termoeléctricas, hidroeléctricas, entre otros, generan consecuencias ambientales relacionadas con la producción de

gases de efecto invernadero o la deforestación de áreas extensas. Se estima que los sistemas de iluminación eléctrica representan entre el 40 y 50% del consumo total de energía en un edificio, y que provocan entre el 25 y 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Luis Córdova, 2016). De igual forma, recientemente se ha evidenciado una gran dependencia de los sistemas eléctricos convencionales, los cuales por los efectos climáticos resultan, en algunas ocasiones, insuficientes para la cubrir la demanda nacional, como se pudo apreciar con las fallencias en los recursos energéticos que presentó el país a principios del 2016, como consecuencia del fenómeno del niño, (Minnimas-2015). Aunado a esto se tiene que las empresas y hogares que implementan soluciones de energías alternativas, generalmente no cuentan con herramientas versátiles, para gestión, estado del sistema y supervisión de consumos, una de estas herramientas puede ser la introducción de sistemas IoT, pero IoT implica la coordinación tanto de hardware como de software, de forma general es un sistema compuesto por los elementos ilustrado en la Figura 1.



Figura 1 Despliegue IoT

- **Hardware:** Conjunto de todos los sensores, actuadores y demás elementos electrónicos que posibilitan capturar datos del entorno.
- **Software:** Gestión de repositorios donde se almacena la información recolectada de manera efectiva y segura.
- **Comunicaciones:** mecanismos que permiten la conexión entre los objetos a través de redes de datos.

- **Soluciones analíticas:** interpretación de datos a través de análisis cada vez más sofisticados y Big Data.
- **Servicios:** Es el uso que se le da a la información recolectada.

Un objetivo es introducir una fuente de energía menos contaminante y que esta se oriente a tecnologías de transformación digital.

Por esta razón se trazan los siguientes objetivos:

- Identificar los requerimientos de sistema.
- Desarrollar el hardware del sistema.
- Implementar la red inalámbrica de gestión y medida.
- Integrar los componentes en una interfaz de tipo cloud computing orientada a IoT.

Con el fin de hacer un uso racional y eficiente de la energía, fomentar el uso de energías renovables y en pro de atacar los problemas ambientales a los que conlleva el derroche de energía eléctrica, se desarrolló e implementó en un sistema de gestión de las fuentes de energía eléctrica que combinan elementos de software y hardware.

El hardware se compone de una red de comunicaciones Zigbee que aprueba supervisa y gestiona la integración de todo el sistema bajo el concepto de cloud computing, un sistema de energía solar que consiente gestionar hasta 10 kilo vatios almacenados en 5 acumuladores, un regulador de carga de las baterías el cual tiene un sistema de protección contra sobrecargas, un inversor, sensores de corriente, humedad, temperatura, actuadores que permiten la conmutación de la energía solar y de la red convencional

En este artículo se presenta la descripción de las etapas del diseño y desarrollo de un sistema de energía solar orientado a la transformación digital utilizado herramientas de IoT.

2. METODOLOGÍA

Identificación de requisitos y Vigilancia Tecnológica
Se realiza una vigilancia tecnológica sobre la eficiencia de cargas, los sistemas de gestión y monitoreo de cargas eléctricas, energías alternativas y una aproximación a cambios tecnológicos y competencias asociadas a las tecnologías con el fin de determinar la disponibilidad de tecnologías para atender esta necesidad. A partir de esto se identifican los requerimientos de equipos y materiales para el desarrollo de un sistema de gestión energética inteligente articulado con el laboratorio de energía solar, integrado al sistema de iluminación de la línea. Así se establecen el monitoreo de variables ambientales que impactan el desempeño, medición de parámetros del laboratorio de energía solar como nivel de tensión de las baterías, corriente de consumo; transferencia entre el sistema de energía solar y la red eléctrica convencional y el registro de las mediciones.

Para este ejercicio es prudente realizar un modelo de casos de uso, para nuestro ejercicio ver figura 2 la cual muestra el modelo de casos de uso utilizado, tomando como actores: el sistema solar, el controlador Raspberry Pi, la plataforma Azure y el Usuario (quien utiliza la aplicación), muestra la funcionalidad, el comportamiento esperado en términos de la interacción de los actores.

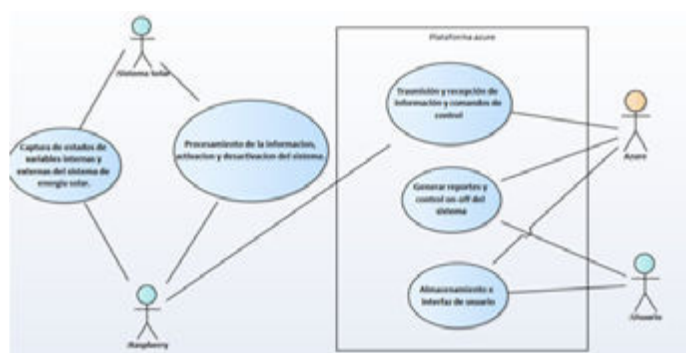


Figura2 Casos de uso

De igual forma el Diagrama de secuencias ver Figura 4, en la cual se encuentra el diagrama de secuencias para el procesamiento de los datos y control de actuadores. Este diagrama también es conocido como diagrama de eventos o escenarios de eventos.

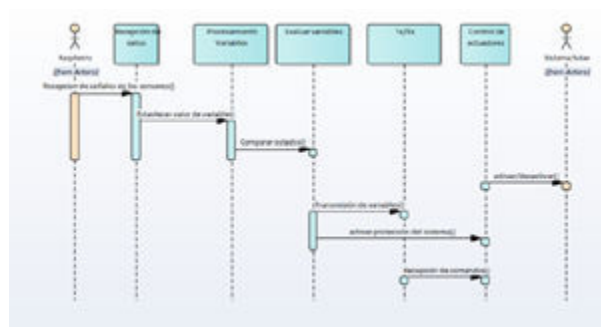


Figura3 Casos de uso.

Diseño y desarrollo del hardware

El hardware está compuesto por un sistema de energía solar con el cual se gestionan hasta 1KW (Kilo Watt). Se incorpora un sistema de sensores de corriente, humedad, temperatura, un conjunto de contactores de conmutación con el cual seleccionar el sistema de energía solar o la red convencional de forma manual o por gestión del software, el diagrama de bloques de interacción para el sistema es el propuesto en la figura 4.

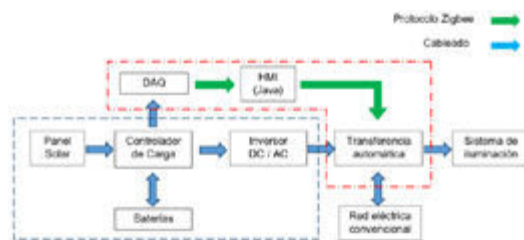


Figura 4: Componentes del Sistema y tipo de interconexión utilizada

Se implementa una red de comunicación Zigbee con la cual se gestiona y monitorea en tiempo real y de forma integral el sistema compuesto por receptores y emisores que obtienen datos de sensores instalados en el sistema de energía solar.

La conexión entre el software de gestión y los periféricos del sistema se realiza a través de una red Zigbee enmarcada en el estándar IEEE 805.14.2. El sistema de transferencia permite la conmutación de la red eléctrica convencional al sistema de energía solar.

Diseño y desarrollo del software

Como características funcionales, el software de gestión se desarrolla en Java, Javascript, node Js, Php y MySQL como motor de base de datos. Dentro de la plataforma Azure se crean tres recursos: una base de datos para almacenar el estado de las variables, un

recurso de aplicación web para implementar el servicio RESTful y finalmente otro recurso de aplicación web para configurar la interfaz de visualización de las variables orientado a servicios, implementado en la nube con un motor de base de datos en MySQL, como se orienta en el libro electrónico de (Matthews, 2003). Mediante esta herramienta se almacenan los datos de medición de los consumos de energía y se calcula el promedio de ahorro generado por la implementación del sistema de gestión, en la figura 5 se muestra la secuencia para crear un recurso de base de datos MySQL en Azure.

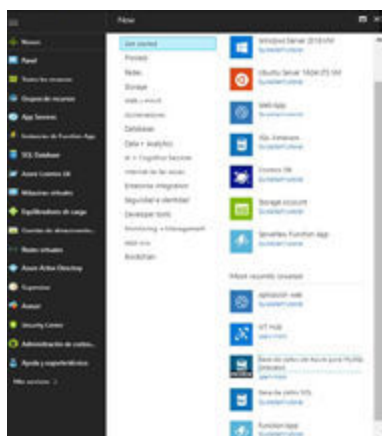


Figura 5: Crear el recurso de MySQL en Azure

El software es un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) en la nube el cual utiliza la herramienta de Azure para IoT, en la figura 6 se muestra una vista de la configuración de recursos instalados en la plataforma, que permite supervisar variables ambientales que inciden sobre su funcionamiento, así como el estado de las baterías y la corriente que consume la carga.

De igual forma conmuta entre el sistema de energía solar o el convencional, de forma autónoma, cuando identifica que las condiciones del sistema de energía solar no son adecuadas y finalmente permite llevar un registro sobre los consumos, alertas del sistema y otros.

Nombre	Tipo	Grupo de recursos	Ubicación	Suscripción
MySQL Database	MySQL Database	MySQL Database	Centro de EE. UU.	Pay As You Go
App Service	App Service	App Service	Centro Sur de EE. UU.	Pay As You Go
IoT Hub	IoT Hub	IoT Hub	Centro Sur de EE. UU.	Pay As You Go
Storage Account	Storage Account	Storage Account	Centro Sur de EE. UU.	Pay As You Go
Event Hub	Event Hub	Event Hub	Centro Sur de EE. UU.	Pay As You Go

Figura 6: Recursos instalados

Este software es orientado a cloud computig por lo cual se utiliza Azure IoT como servidor backend y el cliente frontend es implementado sobre un sistema embebido Raspberry Pi Zero mediante el cual se supervisa el estado de carga de las baterías, la corriente consumida, algunas variables ambientales. El software es capaz de registrar el consumo de energía, activar alertas del sistema, identificar si las condiciones del sistema de energía solar son óptimas y conmutar los sistemas de energía de forma autónoma.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló de un software de gestión eficiente en un lenguaje de programación libre con interfaz gráfica amigable al usuario simulando la pantalla de un osciloscopio que permite visualizar las variables de corriente, voltaje de las baterías, voltaje a la salida del inversor, como se muestra en las figuras 7a y 7b. Esta versión es de tipo nube, se implementa en node.js e incorpora responsive para equipos móviles. Permite realizar la gestión y visualización de variables de forma remota, lo cual es una evolución frente a la versión de escritorio desarrollada en Java en la primera versión del sistema que se controla por puerto USB, la vista de la esta versión se observa en la figura 8



Figura 7 Visualización de las variables

- Se logró hacer seguimiento a las variables del entorno como temperatura, humedad y finalmente permite la supervisión de los estados del regulador.
- El sistema tiene dos modos de operación, manual en el cual el usuario decide cuando quiere consumir la energía almacenada en las baterías y el automático en el cual el sistema determina de forma autónoma el accionamiento del sistema.

- Se desarrolló una transferencia automática que permite la conmutación de la red eléctrica pública con la del laboratorio de energía solar, mediante el uso de contactores y con un sistema de protección de lógica cableada



Figura 8 Vista de aplicación de escritorio

- Se implementó una red Zigbee la cual hace uso del estándar 802.15.4, para articular los tres pilares del sistema que son el software de gestión, el sistema de transferencia y el sistema de energía solar

4. CONCLUSIONES

- Se evidencio que mediante la implementación del sistema de gestión de energía solar se logra un ahorro representativo del consumo de energía eléctrica traducido en menores costos del servicio y menor afectación ambiental.
- Se determinó que la eficiencia de la carga es un factor importante para el uso de la energía solar, actualmente la iluminación de la línea está compuesta de tubos halógenos de 18 W para un total de 72 W por luminaria, si se modificaron las lámparas por iluminación led y se obtiene un ahorro aproximado del 37%.

- Las redes Zigbee ofrecen flexibilidad y bajo consumo al sistema para que este sea usado tanto en áreas rurales y urbanas sin necesidad de implementar una infraestructura compleja que permita la comunicación de los diferentes periféricos del sistema.

- Los sistemas de energía solar son una solución de fácil implementación y bajo costo para la reducción de la dependencia de la red de energía pública y para contrarrestar los efectos nocivos en el medio ambiente.

- No solo es importante tener un sistema de energía alternativa para la reducción de los consumos, también es importante la gestión de las cargas sobre todo en los sistemas de iluminación en los cuales se pueden implementar técnicas de dimerización, controles on/off y redes de sensores para evitar su accionamiento en espacios sin usuarios.

REFERENCIAS

- [1] Kalogirou, S. A. (2014). SOLAR ENERGY ENGINEERING PROCESS AND SYSTEM. Oxford: ELSEVIER.
- [1] Luis Córdova, J. V. (15 de 10 de 2016). Iluminación híbrida de espacios arquitectónicos confibra óptica solar e iluminación LED: línea base. Loja, Ecuador.
- Mark Matthews, J. C. (2003). MYSQL AND JAVA DEVELOPER'S. Indiana: Wiley publishing. Inc.
- [1] Minminas. (26 de 05 de 2015). www.minminas.gov.co. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/170046/Decreto+%F2nico+Reglamentario+Sector+Minas+y+Energ%92a.pdf/8f19e-d1d-16a0-4a09-8213-ae612e424392>