

Plataforma de servicios basada en IoT para el monitoreo y control de un sistema de generación fotovoltaica (FV) integrado con vegetación

IoT-based services platform for the monitoring and control of a photovoltaic (PV) generation system integrated with vegetation

M. Camargo^{1a}, G. Osma², H. Ortega^{1b}

¹Grupo de Investigación RadioGIS, E3T, Universidad Industrial de Santander, Colombia. Email: ^amcamargo@radiogis.uis.edu.co,

^bhomero.ortega@radiogis.uis.edu.co

²Grupo de investigación GISEL, E3T, Universidad Industrial de Santander, Colombia. Email: gealosma@uis.edu.co

RECIBIDO: abril 21, 2017. ACEPTADO: junio 2, 2017. VERSIÓN FINAL: noviembre 1, 2017

RESUMEN

Un sistema *Green Building Integrated Photovoltaics* (GRIPV) consiste en la integración de paneles FV y vegetación sobre terrazas de edificaciones, con lo cual se busca favorecer la generación de energía eléctrica y la climatización pasiva. Dado que es una tecnología verde emergente en el mercado de la construcción sostenible a nivel mundial, se hace necesario llevar a cabo estudios intensivos sobre su desempeño en la zona tropical, lo cual conlleva la monitorización de variables eléctricas y térmicas del GRIPV y micro-climáticas en sitio. No obstante, la diversidad de fuentes de datos (medidores de energía, dataloggers, sensores, webservices, etc.) hace dispendioso y poco efectivo el estudio de los GRIPV. Por tal razón, este documento expone consideraciones orientadas al diseño de una plataforma de servicios basada en IoT para el monitoreo y control remoto en tiempo real de un sistema GRIPV, que abarca el análisis del desempeño histórico y en tiempo real de estos sistemas y la visualización *online*.

PALABRAS CLAVE: GRIPV, IoT, plataforma de servicios, monitoreo y control.

ABSTRACT

A Green Building Integrated Photovoltaics (GRIPV) system consists of the integration of PV panels and vegetation on terraces of buildings, which seeks to favor the generation of electric energy and passive air conditioning. Since it is an emerging green technology in the sustainable construction market worldwide, it is necessary to carry out intensive studies on its performance in the tropical zone, which entails the monitoring of electric and thermal variables of GRIPV and micro-climatic in place. However, the diversity of data sources (energy meters, dataloggers, sensors, web-services, etc.) makes the GRIPV study expensive and ineffective. For this reason, this document presents considerations for the design of an IoT-based service platform for real-time remote monitoring and control of a GRIPV system, which encompasses historical and real-time performance analysis of these systems and the online display.

KEYWORDS: GRIPV, IoT, Service platform, monitoring and control.

1. INTRODUCCIÓN

Una alternativa dentro de las tecnologías verdes es la combinación de paneles fotovoltaicos (FV) con techos verdes [1]. Este tipo de sistemas son denominados *Green Building Integrated Photovoltaics* (GRIPV), una opción de generación de energía eléctrica y de climatización de terrazas, que combina la producción de energía eléctrica

de un sistema FV con los beneficios de las cubiertas verdes. Tal integración adicionalmente logra un incremento moderado de la potencia fotovoltaica debido al efecto de refrigeración evapotranspiración (ET) y a la interacción entre la vegetación y el panel FV [2].

Los sistemas GRIPV como tendencia reciente mundial en el sector de la construcción, presentan poca documentación en la literatura; por ende se hace necesario investigar

su desempeño en la zona tropical. Ello implica la monitorización de variables eléctricas y térmicas del GRIPV y micro-climáticas en sitio, para lo cual se cuenta con diversos equipos de medición. Dicha diversidad hace dispendiosa las labores de investigación, pues se utilizan diferentes software para la adquisición y almacenamiento de datos, que no ofrecen una solución sencilla para la integración de información.

A partir de lo mencionado, este trabajo expone consideraciones orientadas al diseño de una plataforma de servicios basada en IoT para favorecer la investigación de una instalación experimental en el contexto de sistemas de generación fotovoltaica integrados con techo verde (GRIPV). El objetivo de esta solución es aprovechar las tecnologías clave de IoT y computación en la nube para proporcionar una plataforma bajo una arquitectura que contemple la escala y heterogeneidad (dispositivos, protocolo de comunicación y servicios) de este tipo de sistemas y sea adaptable a infraestructuras con necesidades y características similares que abarquen áreas más allá de la generación fotovoltaica.

A continuación se presentan los conceptos IoT y *cloud computing* que son los pilares para la integración de protocolos de comunicación, bases de datos y aplicativos web.

1.1. Internet de las cosas (IoT)

IoT es una arquitectura emergente basada en la Internet global que facilita el intercambio de bienes y servicios entre redes, que pertenecen a una cadena de suministro y vela por la seguridad y privacidad de los interesados [3]. La estructura de IoT se conforma por objetos conectados, tecnologías de red, protocolos de comunicación, plataforma IoT y aplicaciones de usuario.

Uno de los restos de esta red global de objetos conectados entre sí, es el gran flujo de información que debe ser almacenada, procesada y presentada de forma eficaz. Para afrontarlo es posible recurrir a los servicios que ofrece la computación en la nube, apoyándose en su infraestructura virtual que integra dispositivos de monitoreo y almacenamiento, herramientas para el análisis de datos y visualización, entre otros [4]. No obstante, el IoT enfrenta otros desafíos que se relaciona con las soluciones disponibles en el mercado, ya que éstas son principalmente cerradas, adaptadas a dominios específicos y limitadas al contexto para las cuales fueron desarrolladas [5].

1.2. Sistemas y protocolo de comunicación

Una red de comunicación en la industria es definida como un conjunto de dispositivos conectados que se comunican e intercambian información, empleado en un

sistema de producción que conecta diferentes procesos de aplicación para asegurar la explotación de la instalación (control, vigilancia, mantenimiento y gestión), concepto que se puede aplicar también en otros contextos fuera de la industria [6], [7].

Un componente de estos sistemas son los protocolos de comunicación, definidos como un conjunto de reglas para la transmisión de la información entre dos puntos. Su propósito es permitir una comunicación transparente entre componentes heterogéneos, especificando tanto las secuencias de datos a intercambiar como el formato de éstos [7], [8].

1.3. Bases de datos (BD)

Una BD constituye una colección de datos interrelacionados y organizados, un conjunto de información agrupada y estructurada, sin redundancias innecesarias. Ahora bien, para definir, administrar y procesar dicha BD y sus aplicaciones surgieron los sistemas de gestión de bases de datos (SGBD) [9].

1.4. Aplicativos web

Las aplicaciones web son herramientas que permiten generar contenido de forma automática, crear páginas que atiendan las necesidades de los interesados e interactuar con sistemas informáticos de gestión, por medio de una página web [10].

En las aplicaciones web se pueden diferenciar tres niveles generalmente, el nivel superior que interactúa con el usuario (cliente web), el nivel intermedio encargado de procesar datos (servidor web) y el nivel inferior que proporciona dichos datos (base de datos). Basado en ello, en la aplicación se establece una relación entre el cliente (navegador, explorador o visualizador), el servidor (servidor web) y el protocolo de comunicación que utilizan (HTTP forma parte de la familia de protocolos de comunicaciones TCP/IP empleados en Internet) los cuales están estandarizados [10].

1.5. Computación en la nube

Computación en la nube (*Cloud computing*) es el espacio donde es posible acceder a servicios que ofrecen almacenamiento o ejecución de aplicaciones de software desde cualquier parte del mundo y en el momento deseado, a través de Internet [11]. Está conformado por una serie de servidores conectados a Internet, por medio del cual el usuario puede acceder, almacenar e interactuar con una gran variedad de datos, como documentos, videos, música, entre otros; a través de servicios a aplicaciones web [12].

La arquitectura de la computación en la nube se basa en capas que responden a una separación entre el hardware, la plataforma y las aplicaciones, como se aprecia en la **Figura 1**. La capa más alta es **software como servicio (SaaS)** que ofrece aplicaciones completas como servicios en la nube. La **plataforma como servicio (PaaS)** es la capa de la mitad, que proporciona un servicio de plataforma, un entorno de programación y compilación, que incluye lo necesario para dar soporte al ciclo de desarrollo y pruebas de software. La **infraestructura como servicio (IaaS)** es la capa más baja de la arquitectura y corresponde a servicios principalmente de almacenamiento en línea, bases de datos y tiempo de cómputo [13]–[15].

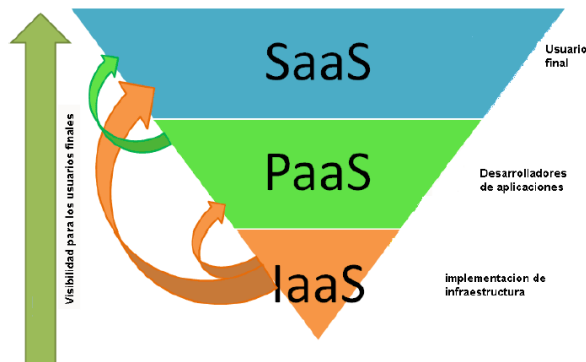


Figura 1. Capas de la nube: (a) la capa naranja es infraestructura como servicio, (b) la capa verde es plataforma como servicio y (c) la capa azul es Software como servicio. **Fuente.** [13].

1.6. Estructura del documento

La Sección 2 aborda la descripción del sistema GRIPV caso de uso de este proyecto. La Sección 3 describe hallazgos de la literatura relacionados con la integración de dispositivos con IoT y/o computación en la nube. Posteriormente, la Sección 4 expone consideraciones sobre el diseño de la plataforma bajo el concepto de IoT y las herramientas a utilizar y desarrollar. Finalmente, la Sección 5 presenta las conclusiones del trabajo.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA GRIPV DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA – UIS

El sistema GRIPV del Edificio de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Industrial de Santander tiene una capacidad instalada de 6,75 kW (27 paneles fotovoltaicos) conectado a la red eléctrica e instalados sobre una sección de techo verde (aprox. 200 m²), tal como muestra la Figura 3. Este sistema coexiste con un sistema de riego inteligente de paneles FV y techo verde.

Este sistema ha servido para la formulación y desarrollo de proyectos de investigación en torno a la sostenibilidad energética en edificaciones. La ejecución de tales

proyectos ha demandado la monitorización de las variables que describen el comportamiento del sistema FV, del techo verde y del sistema de irrigación, tales como: temperatura de los paneles FV, temperatura del techo verde, temperatura de la placa de concreto y temperatura del agua de irrigación, el flujo de calor, temperatura ambiente, velocidad del viento, irradiación solar y variables eléctricas (corriente DC, tensión DC, corriente AC, tensión AC, potencia y energía); para lo cual se cuenta con diversos equipos de medición, como medidores de energía, dataloggers, tarjetas de desarrollo y sensores, que se presentan en la **Figura 2**.



Figura 2. Paneles FV instalados sobre la terraza del Edificio de Ingeniería Eléctrica. **Fuente.** Elaboración propia.

Tabla 1. Equipos de medición utilizados en los proyectos (a) sensores, (b) equipos de medición, (c) registradores de datos. **Fuente.** Elaboración propia.

	Equipo	Protocolo de comunicación
Sen- sores (2 de 6)	Sensor de viento	Modbus
	Piranómetro	Modbus
Medi- dores (2 de 5)	Microinversor Enphase	Conexión a la nube
	Medidor de energía AC AcuRev 2020	Modbus
Registra- dores de datos (2 de 3)	Datalogger PACE XR5-SE-20mV	Software propio
	Datalogger Campbell Scientific CR800	Modbus

La diversidad de equipos utilizados para la supervisión y control del sistema hace dispendiosa las labores de investigación, pues se utilizan diferentes software para la adquisición y almacenamiento de datos. Esto implica recolectar y guardar la información por segmentos para luego rigurosamente realizar la integración manual que permita su posterior estudio y análisis. Esta problemática incita la búsqueda de una solución que inicialmente resuelva las dificultades en relación con la gestión de la información y sirva como pilar para la creación de servicios que pro de la monitoreo, control y estudio de este tipo de sistemas y similares.

La **Figura 3** describe la dinámica de monitorización de los equipos dispuestos junto con el medio de comunicación para la transferencia de información.

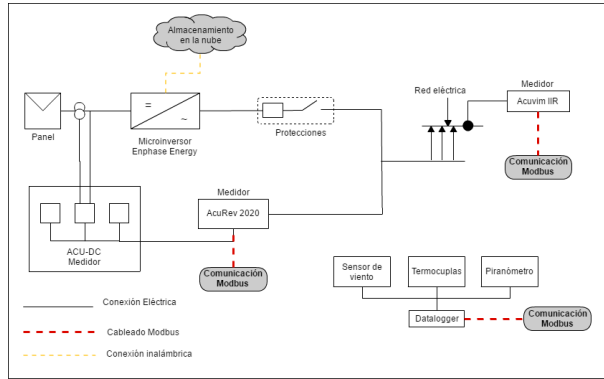


Figura 3. Esquema de dispositivos y medios de comunicación del sistema GRIPV instalado en la terraza del Edificio de Ingeniería Eléctrica. **Fuente.** Elaboración propia.

3. RETOS Y OPORTUNIDADES PARA LA INTEGRACIÓN DE DISPOSITIVOS CON IoT Y COMPUTACIÓN EN LA NUBE

La integración de la información provenientes de diferentes fuentes, tanto software como hardware, es uno de los principales retos que se afronta en diversas áreas, como la industria, donde se hace uso de una variedad de dispositivos de diferentes proveedores y propietarios, los cuales generalmente no ofrecen una opción de interoperabilidad entre ellos, por lo que se hace necesario la búsqueda de una estrategia de comunicación que permita centralizar la información para contar con sistemas de monitoreo y control más completos y eficientes.

A continuación se presentan algunos hallazgos en la literatura sobre el desarrollo de proyectos que incluyen la integración de dispositivos con IoT y computación en la nube, identificando sus principales componentes, protocolos de comunicación, gestores de bases de datos, medios de almacenamiento de la información y aplicaciones web.

Coronel y Chairez [16] presentan la integración de un nuevo equipo adquirido con uno ya instalado en una planta de energía nuclear, tomando como ventaja la compatibilidad de los equipos con el protocolo de comunicación Modbus. Zhao *et al.* [17] usa Modbus como uno de los protocolos de bus para el campo industrial, por medio del cual el equipo de control y el instrumento producido por diferentes fabricantes pueden ser combinados como una red industrial y monitorearlos conjuntamente.

Bilic *et al.* [18] describen tres formas para la combinación de datos de múltiples fuentes y/o diferentes dispositivos de fabricantes y bases de datos propietarias, haciendo hincapié en la centralización de datos. En otro de los trabajos consultados, Yang *et al.* [19] presentan una plataforma de servicio y gestión de datos llamada

DSP (*Data Service Portal*) en el entorno de *cloud computing*, la cual facilita la integración de aplicaciones.

En general, se encuentran soluciones para la integración de información que utilizan protocolos de comunicación comunes entre los dispositivos para crear nuevos sistemas de adquisición de datos; aquellos que no cuentan con esta característica, introducen estándares de comunicación como OPC (*OLE for Process Control*) y otras soluciones hacen usos de los servicios de *cloud computing* para integrar y compartir la información en la nube.

Además de los trabajos mencionados, a continuación se presentan diseños e implementaciones para la gestión de datos con la integración del IoT y la computación en la nube. Los trabajos atienden diferentes sectores y estos pueden ser adaptados a cualquier contexto, según los requerimientos y necesidades de los sistemas en cuestión.

Doukas y Maglogiannis [20] exponen una arquitectura compuesta por sensores portátiles y móviles, una Gateway que recoge todas las señales de los sensores y las envía a Internet y las API de comunicación que proporcionan la plataforma *cloud*. Sánchez *et al.* [5] para el monitoreo ambiental, utilizan lecturas recolectadas de sensores fijos y móviles, un equipo de pares, como repetidores, se despliega en una zona para garantizar la conexión con Internet, esto se conoce como una malla WSN. Por su parte, Ryu *et al.* [21] diseñaron e implementaron un sistema de granja conectado, compuesto por dispositivos IoT conectados que incluyen sensores y controladores de supervisión, una pasarela IoT (denominada &Cube) y una plataforma de servicio IoT (llamada Mobius).

Gokul y Tadeballi [22] implementan un sistema de nodos sensores, cada uno de estos incluye una unidad de detección, de procesamiento, de comunicación y de potencia. Liu *et al.* [23] definen e implementan el sistema denominado eBPlatform, que incluye un eBox, un sensor que se despliega en el hogar del paciente para la recolección de datos; un servicio de datos y un portal Web. Lee *et al.* [24] presenta un sistema de controlador doméstico, un sistema de gestión de comunidad y una plataforma de servidor de nube.

Kiefer y Behrendt [25] propone un sistema de monitorización SEMS que consta principalmente de un teléfono Android, una placa de interfaz de hardware abierta y una tarjeta de alimentación personalizada. Shrihariprasath y Rathinasabapathy [26] diseñan e implementan un sistema que se compone principalmente de dos bloques, el sistema integrado de puerta de enlace y la red de acogida.

Thakare *et al.* [27] proponen un nuevo sistema inteligente de energía doméstica. El sensor de corriente SCT-013-

030 es la parte principal del circuito. Los datos se detectan y luego se envían de forma inalámbrica al servidor por medio del módulo Wi-Fi ESP8266, que se conecta a un Arduino Nano. Por último Yacchirema *et al.* [28] implementan WSN para su sistema, los datos recogidos se envían a la GW-TSI utilizando protocolos IoT, la cual incluye diferentes módulos de comunicación para soportar la conexión de dispositivos heterogéneos, el protocolo MQTT para dispositivos no basados en IP y el protocolo CoAP para los que si se basan en IP.

Mayormente, los trabajos consultados se centran en sistemas con dispositivos como sensores que tienen características propias que les permiten conectarse a una red y enviar la información que recolectan, para que esta pueda ser procesada. No se ofrece información para la adquisición de datos centralizada en el caso de sistemas que cuentan con equipos de diversos propietarios y por tanto se diferencian en software y hardware. Una vez obtenido los datos, estos son almacenados en bases de datos que se encuentran en servidores propios o en la nube, con los cuales se pueden interactuar a través de aplicaciones web o API.

4. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE SERVICIOS BASADA EN IoT

La **Figura 4** presenta el esquema del componentes de una plataforma de servicios basada en el concepto IoT para el monitoreo del sistema GRIPV descrito en la Sección 2.

Este esquema consta de cuatro módulos, el primero hace referencia a la parte de medición de la irradiancia, el segundo a los sensores de variables ambientales, el tercero se relaciona con la monitorización de la vegetación y sus componentes y el cuarto hace referencia a los paneles FV instalados y sus respectivos equipos de medición.

Este esquema ejemplifica el propósito de esta solución IoT, conseguir direccionar los datos recolectados de cada dispositivo a través de la Internet hacia la nube, independientemente del protocolo de comunicación utilizado por cada uno de ellos, para ser almacenada y procesada y visualizar la información por medio de un aplicativo web.

El diseño de esta plataforma se desarrollaría en tres etapas.

Arquitectura de la plataforma: Consiste en definir las reglas y principios de estructuración de cada uno de los elementos y las relaciones funcionales, jerárquicas y operativas que existen entre ellos, ya sean físicos o no, así como su agrupación e integración como unidades independientes llamadas módulos, ya sean de tipo funcional o constructivo, para ofrecer una solución que se adecue a todos los requerimientos y formas de comportamiento del sistema GRIPV. De este modo el reto consiste en establecer una arquitectura que englobe este tipo de sistema GRIPV con todos los desafíos que conlleva su monitoreo y control, en especial que se concentre en ofrecer una solución IoT a la que se puedan adaptar sistemas con

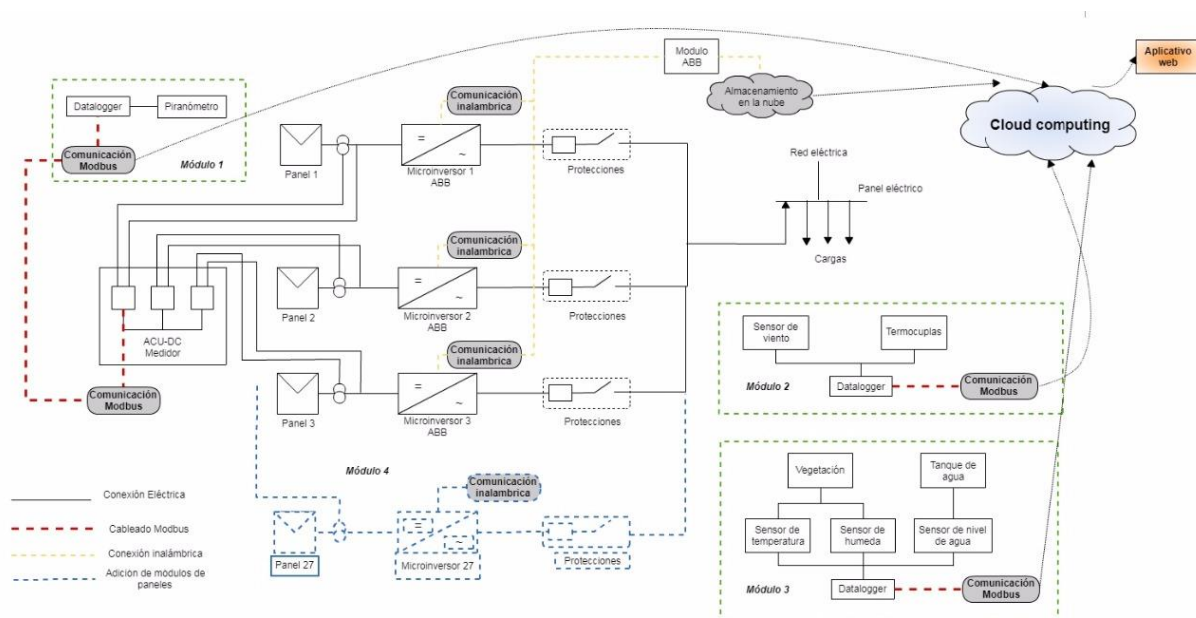


Figura 4. Esquema del sistema GRIPV caso de uso de la presente propuesta de investigación, que incluye cada uno de sus componentes y las conexiones eléctricas y de comunicación. Se delimitan cuatro módulos y una conexión centralizada en la nube para el almacenamiento y tratamiento de la información que podrá visualizarse en un aplicativo web. **Fuente.** Elaboración propia.

características y necesidades similares, ya que no se limita al caso de uso en la que fue desarrollada.

La **Figura 5** muestra el esquema general de una arquitectura de 5 capas. La **capa de procesos físicos** hace referencia a la fuente de la información, los dispositivos relacionados con los fenómenos físicos que hacen parte del sistema GRIPV. La **capa de interfaz de medición** corresponde a los dispositivos de medición por medio de los cuales se detectan las variables de interés. La **capa de comunicación** se refiere al equipo que permite la transmisión de datos desde la fuente al servidor de almacenamiento. La **capa de gestión de datos** consiste en las herramientas utilizadas para el almacenamiento y procesamiento de datos, apoyadas en la tecnología *cloud computing* ofrecidas por proveedores como Google y Amazon. Finalmente, la **capa de aplicación** hace alusión a las aplicaciones desarrolladas que se entregan al cliente para que este pueda visualizar, gestionar e interactuar con la información del sistema en general.

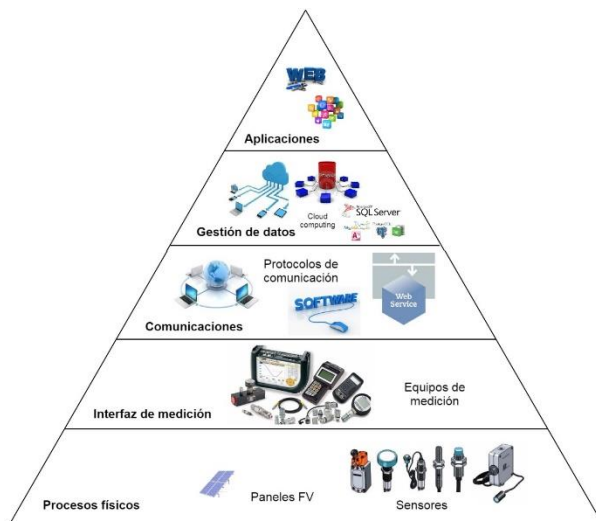


Figura 5. Arquitectura de la plataforma de servicios dividida en cinco capas. **Fuente.** Elaboración propia.

Adquisición centralizada de datos: La adquisición centralizada de datos dentro del sistema GRIPV se centra en tres clases de dispositivos clasificados según el protocolo que implementan para transmitir la información: (i) dispositivos que usan el protocolo Modbus, (ii) dispositivos que envían la información directamente a un sistema en la nube y (iii) dispositivos que tienen un software único para la descarga de datos. Para estos tres tipos de equipos se desarrollan herramientas para la adquisición de datos de tipo software y/o hardware para automatizar este proceso, recolectar y direccionar los datos a un mismo lugar de almacenamiento.

Desarrollo de una aplicación Web: La aplicación web puede basarse en HTML o un lenguaje con características similares. Su objeto es el análisis y la visualización del comportamiento del sistema GRIPV a partir de un conjunto de indicadores e información de la BD, asequible desde cualquier equipo con acceso a Internet y soportada en los servicios de *cloud computing*.

El desarrollo de esta arquitectura y la incorporación de estas herramientas conformarán la plataforma de servicios basada en IoT para el sistema GRIPV del Edificio de Ingeniería Eléctrica; que posteriormente podrá incluir otros servicios. Adicionalmente, se debe indicar que este tipo de plataforma podrá ser adaptada a otros sistemas con necesidades similares, ya que la importancia de esta investigación reside precisamente en la creación de una plataforma que facilite la interacción de dispositivos a través de IoT, donde los usuarios y/o clientes no requieran conocer lo que sucede en sus capas inferiores para hacer uso de diversos hardware y software.

5. CONCLUSIONES

La plataforma de servicios basada en IoT facilitará las labores de investigación para el análisis y estudio del sistema GRIPV descrito, incluyendo herramientas para una gestión centralizada, sincronizada y automática de los datos, que contribuyen con la integridad y seguridad de la información. Adicionalmente contará con la característica de adaptabilidad para implementarla en sistemas que tengan estructuras y necesidades similares y de este modo hacerse extensiva a otros casos de uso.

La arquitectura de la plataforma basada en IoT e integrada con *cloud computing* constituirá la herramienta operativa que soportará la etapa de diseño y concepción de una plataforma cuyas reglas de diseño estarán orientadas al desarrollo de una solución de monitorización que parte de un sistema GRIPV como caso de uso; pero busca ser adaptable a otros escenarios con propiedades semejantes. Esta arquitectura será capaz de responder a los diferentes modos de operación, ocasionales y/o accidentales del sistema, de forma que se contemplen todos los posibles eventos.

La solución planteada en este artículo busca ser fiel a la visión de IoT de “cosas” que se comunican con otras “cosas” independientemente de su origen de creación, por tanto se aprovecharán las herramientas de software y/o hardware existentes en el mercado o se desarrollarán otras, para lograr conectar estos objetos a la internet y aprovechar los servicios ofrecidos por el computo en la nube, desde la infraestructura de almacenamiento hasta la capa de aplicaciones, para gestionar la información.

6. REFERENCIAS

- [1] D. Chemisana and C. Lamnatou, "Photovoltaic-green roofs: An experimental evaluation of system performance," *Appl. Energy*, vol. 119, pp. 246–256, 2014.
- [2] C. Lamnatou and D. Chemisana, "A critical analysis of factors affecting photovoltaic-green roof performance," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 43, pp. 264–280, 2015.
- [3] J. Salazar and S. Silvestre, "Internet de las Cosas," *PMQuality*, pp. 1–27, 2014.
- [4] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [5] L. Sanchez *et al.*, "SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed," *Comput. Networks*, vol. 61, pp. 217–238, 2014.
- [6] J. Hurtado, "Introducción a las redes de comunicación industrial," *Comun. Ind.*, p. 19.
- [7] L. Ramírez del Pino, "Sistemas de comunicación de datos."
- [8] Güimi, "Redes de comunicaciones," *Creative Commons*, 2009. [Online]. Available: <http://guimi.net>.
- [9] M. del C. Gómez Fuentes, *Notas del curso: Bases de datos*. 2013.
- [10] S. Luján Mora, "Programación de aplicaciones WEB: Historia, principios y clientes WEB," 2002.
- [11] TrendLabs, "Archivos en vuelo : Todo lo que necesita saber sobre el almacenamiento en la nube," 2015, pp. 1–20.
- [12] U. de Alicante, "Herramientas en la nube," pp. 0–12, 2011.
- [13] O. Avila Mejía, "Computación en la nube," *Ing. ía Eléctrica. UAM-I*, pp. 45–52, 2011.
- [14] S. Management, "La nube: oportunidades y retos para los integrantes de la cadena de valor," *Artículo*, 2012.
- [15] W. Voorsluys, J. Broberg, and R. Byya, "INTRODUCTION TO CLOUD COMPUTING," 2016.
- [16] E. R. Coronel Flores and C. Chairez Campos, "Subsystem of Data Acquisition Using the Modbus Protocol in Real Time of the Digital Electro-Hydraulic Control and its Integration with the Integral System of Process Information of Laguna Verde Nuclear Power Plant," *Proc. - 2012 9th Electron. Robot. Automot. Mech. Conf. CERMA 2012*, pp. 153–156, 2012.
- [17] Y. Zhao, Y. Wang, H. Ren, and M. Ding, "Design of a Data Acquisition System for Building Electrical Fault Diagnosis," no. 51271011, pp. 3364–3368, 2015.
- [18] I. Bilic, I. Novakovic, and D. D. Sabin, "Power Quality Reporting in Systems with a Diverse Mix of PQ Monitors," *Proc. Int. Conf. Harmon. Qual. Power, ICHQP*, pp. 507–511, 2014.
- [19] J. Yang, R. Anand, S. Hobson, J. Lee, Y. Wang, and J. M. Xu, "Data Service Portal for Application Integration in Cloud Computing," *2011 8th Int. Conf. Expo Emerg. Technol. a Smarter World, CEWIT 2011*, pp. 4–6, 2011.
- [20] C. Doukas and I. Maglogiannis, "Bringing IoT and Cloud Computing towards Pervasive Healthcare," *6th Int. Conf. Innov. Mob. Internet Serv. Ubiquitous Comput. IMIS 2012*, pp. 922–926, 2012.
- [21] M. Ryu, J. Yun, T. Miao, I.-Y. Ahn, S.-C. Choi, and J. Kim, "Design and Implementation of a Connected Farm for Smart Farming System," *2015 IEEE SENSORS*, pp. 1–4, 2015.
- [22] V. Gokul and S. Tadepalli, "Implementation of a WiFi based Plug and Sense Device for Dedicated Air Pollution Monitoring using IoT," *2016 Online Int. Conf. Green Eng. Technol.*, pp. 1–7, 2016.
- [23] Y. Liu, J. Niu, L. Yang, and L. Shu, "EBPlatform: An IoT-based System for NCD Patients Homecare in China," *2014 IEEE Glob. Commun. Conf. GLOBECOM 2014*, pp. 2448–2453, 2014.
- [24] Y. T. Lee, W. H. Hsiao, C. M. Huang, and S. C. T. Chou, "An Integrated Cloud-Based Smart Home Management System with Community Hierarchy," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 62, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [25] C. Kiefer and F. Behrendt, "Smart e-bike monitoring system: real-time open source and open hardware GPS assistance and sensor data for electrically-assisted bicycles," *IET Intell. Transp. Syst.*, vol. 10, no. 2, pp. 79–88, 2016.
- [26] B. Shrihariprasath and V. Rathinasabapathy, "A Smart IoT System for Monitoring Solar PV Power Conditioning Unit," *IEEE WCTFTR 2016 - World Conf. Futur. Trends Res. Innov. Soc. Welf.*, 2016.
- [27] S. Thakare, A. Shriyan, V. Thale, P. Yasarp, and K. Unni, "Implementation of an Energy Monitoring and Control Device based on IoT," *India Conf. (INDICON), 2016 IEEE Annu.*, pp. 1–6, 2016.
- [28] D. C. Yacchirema, M. Esteve, and C. E. Palau, "Design and implementation of a Gateway for Pervasive Smart Environments," *2016 IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern. SMC 2016*, pp. 4454–4459, 2017.