



Modelo de gestión de energía eléctrica domiciliaria: propuesta preliminar

Home energy management model: preliminary proposal

Adriana Marcela Vega Escobar¹ Francisco Santamaría² Edwin Rivas Trujillo³

Para citar este artículo: Vega, A.M., Santamaría, F. y Rivas, E. (2015). Modelo de gestión de energía eléctrica domiciliaria: propuesta preliminar. *Redes de Ingeniería*, 6(1), 95-105.

Recibido: 30-abril-2015 / **Aprobado:** 12-junio-2015

Resumen

Se propone una aproximación conceptual de un modelo de gestión de energía en el hogar, denominado GEDE (Gestión de Energía Eléctrica Domiciliaria), el cual tiene como fin principal contribuir con la eficiencia energética domiciliaria; el modelo involucra protocolos de comunicación, infraestructura y software como herramienta de gestión para la toma de decisiones energéticas, relacionadas con el consumo y/o generación de energía eléctrica por parte del usuario final residencial.

Palabras clave: domótica, monitoreo, protocolos, sistemas de gestión, software.

Abstract

A conceptual approach of a home energy management model called GEDE (acronym in Spanish), which mainly aims at contributing to the domiciliary energy efficiency is proposed; The model involves communication protocols, infrastructure and software as a management tool for making energy decisions related to consumption and / or generation of electricity from the residential end user.

Keywords: domotic, monitoring, protocols, home management, software.

1. Ingeniera Industrial - Universidad América - Colombia. Maestría Ingeniería Industrial - Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia. Docente Asociada de la Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia. avegae@udistrital.edu.co; amvescobar@gmail.com
2. Ingeniero Electricista - Universidad Nacional - Colombia. Maestría Ingeniería Eléctrica - Universidad Nacional - Colombia. Ph. D. en Ingeniería - Universidad Nacional - Colombia. Docente Asociado de la Facultad de Ingeniería - Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia. fsantamariap@udistrital.edu.co; fsantamariap@gmail.com
3. Ingeniero Electricista - Universidad del Valle – Colombia. M. Sc. en Ingeniería Eléctrica - Universidad Carlos III – España. Ph. D. en Ingeniería - Universidad Carlos III - España. Docente Titular de la Facultad de Ingeniería - Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia. erivas@udistrital.edu.co; edwinrivast@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los elementos tradicionales de la cadena de valor de la energía eléctrica: generación, transmisión, distribución y consumidor [1], hacen que este último sea solo un receptor del servicio sin aportar al sistema ningún valor agregado, ya que el proceso es unidireccional. Sin embargo, en la última década el desarrollo tecnológico a nivel residencial, el cual pretende mejorar la calidad de vida y aumentar el confort del usuario, ha propiciado el incremento del uso de la energía eléctrica, dando apertura a la aparición de los sistemas de gestión de energía en el hogar-HEMS (Home Energy Management System, por sus siglas en inglés), los cuales hacen posible la conexión de dispositivos domésticos en red para su gestión remota como sistema de ahorro en tiempo real [2]. De igual manera, la incorporación de las redes inteligentes, que son una mejora de la infraestructura del sistema de suministro de energía eléctrica [3], al permitir flujos de energía de manera bidireccional por la cadena de valor de la energía eléctrica, ha creado un nuevo escenario energético, en lo que refiere a la participación del usuario final en la toma de decisiones energéticas relacionadas con el consumo y/o generación de energía eléctrica domiciliaria (energías renovables y no renovables). Si bien en aplicaciones domiciliarias es más factible implementar fuentes no renovables, como generadores diesel o micro turbinas, en el sistema propuesto se incluyen fuentes renovables, tales como sistemas fotovoltaicos, ya que representan una alternativa de energía limpia, no suponen riesgos para la salud y sus fuentes son inagotables; además su empleo incide en aspectos relacionados con la concientización de los problemas ambientales y los aportes al sostenimiento del mismo mediante su utilización por parte de los consumidores.

Los autores plantean un modelo conceptual denominado GEDE para gestionar la energía domiciliaria según las necesidades del usuario final,

que en adelante se denominará “usuario activo” del proceso de gestión energética; GEDE habilita la inclusión del uso de energías renovables dentro de las residencias y posibilita la interacción de las tecnologías de la información y las comunicaciones en el proceso de gestión de la energía eléctrica [4].

2. CONCEPTUALIZACIÓN PARA UN MODELO DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA

Los sistemas de gestión de energía en el hogar (HEMS) trabajan conjuntamente con las redes inteligentes y la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) [5] para utilizar la energía eléctrica en las residencias a partir de los principios de eficiencia energética.

En la figura 1 se presenta un resumen de las características más relevantes de algunos sistemas de gestión para el hogar relacionados por la literatura científica entre 1970 y 2014, donde el 91% corresponde a infraestructura, 68% software, 43% comunicación, 38% relación con usuario final y 6% la influencia de las variables externas en los modelos [6]. Dichas características de los sistemas de gestión se definen en los apartados 2.1 a 2.4.

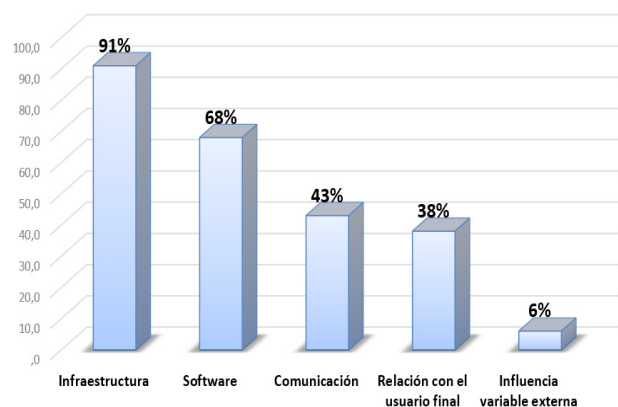


Figura 1. Características de los sistemas de gestión analizados (1970-2014).

2.1. Infraestructura

Los sistemas de gestión energéticos se fundamentan en el monitoreo, control y supervisión de variables eléctricas tales como corriente, voltaje, frecuencia y fase, dentro de una instalación eléctrica; a continuación se presentan algunos de los conceptos involucrados en el aspecto de infraestructura.

Domótica:

Se refiere a la automatización y control de dispositivos y sistemas eléctricos y electrotécnicos de forma centralizada y/o remota en la vivienda, está determinado por una medición avanzada de la infraestructura de red eléctrica domiciliaria con un medidor inteligente programable y dispositivos interconectados [7]. La domótica presta servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, todo controlado por un sistema central para el hogar; su objetivo principal es mejorar la calidad de vida de los usuarios residenciales, proporcionando automatización en las actividades diarias de manera eficiente [8].

Instrumentos de monitoreo:

Los instrumentos para monitoreo están conformados por sensores, adaptadores de señales, sistemas de medida y comunicación, que hacen posible la implementación del sistema de monitoreo que es el fundamento para la supervisión y control. El sistema de monitoreo se implementa con dispositivos electrónicos con funciones de detección, calibración, auto-test, toma de decisiones, comunicación o incluso la combinación de ellos [9]. Parte de estos sistemas se soportan en redes inalámbricas de sensores (WSN), que son redes distribuidas espacialmente con recolección de datos limitados, controlan y gestionan la información de servicios inteligentes como los energéticos [10]. Sin embargo, existen inconvenientes debido a movimientos impredecibles, diseño no estacionario, problemas ergonómicos,

alta dimensionalidad (por la localización exacta el seguimiento se complica) e incertidumbre inevitable (varianza y error) [11]. La nueva generación de medidores inteligentes posee tecnologías de la información y las comunicaciones, ya que no solo proporcionan lecturas de consumo de energía, sino también información adicional de su uso [12].

Se han planteado enfoques para monitorear la carga de los electrodomésticos por diferentes autores, como por ejemplo: B. Powers, y B. Margossian [13], quienes evidencian un algoritmo con normas basado en el reconocimiento de patrones, el cual requiere al menos un sensor por aparato. G. Hard [14] desarrolla un aparato no intrusivo (NALM) para el monitoreo de carga, caracteriza la señal de potencia en etapas sucesivas o eventos y se relacionan con los electrodomésticos. R. Farinaccio y R. Zmeureanu [15] presentan un algoritmo basado en reconocimiento de patrones para el consumo total de electricidad en una casa, asumen un dispositivo constante, que en realidad varía con la carga y su configuración. M. Marceau y R. Zmeureanu [16] muestran un algoritmo de desagregación de carga que compara cada cambio de rango de operación del aparato con la señal de energía total. De otro lado, Z. Younghun, T. Schmid y M. Srivastava [17] presentan sensores indirectos, para evaluar el consumo de energía de los electrodomésticos midiendo las variaciones de campos acústicos y magnéticos cuando los aparatos están encendidos o apagados.

2.2. Comunicación

Los protocolos de comunicación son procedimientos utilizados por los sistemas de domótica para la comunicación entre todos los dispositivos conectados a la red. Los protocolos pueden ser del tipo estándar abierto (uso libre para todos), estándar bajo licencia (abierto para todos bajo licencia) o propietario (uso exclusivo del fabricante o los fabricantes propietarios) [18]. En la figura 2, se observa la relación de los protocolos con las redes

de comunicación y los que están directamente involucrados a nivel domiciliario, al igual que su interacción dentro del Modelo OSI (Open System Interconnection) de comunicaciones [19].

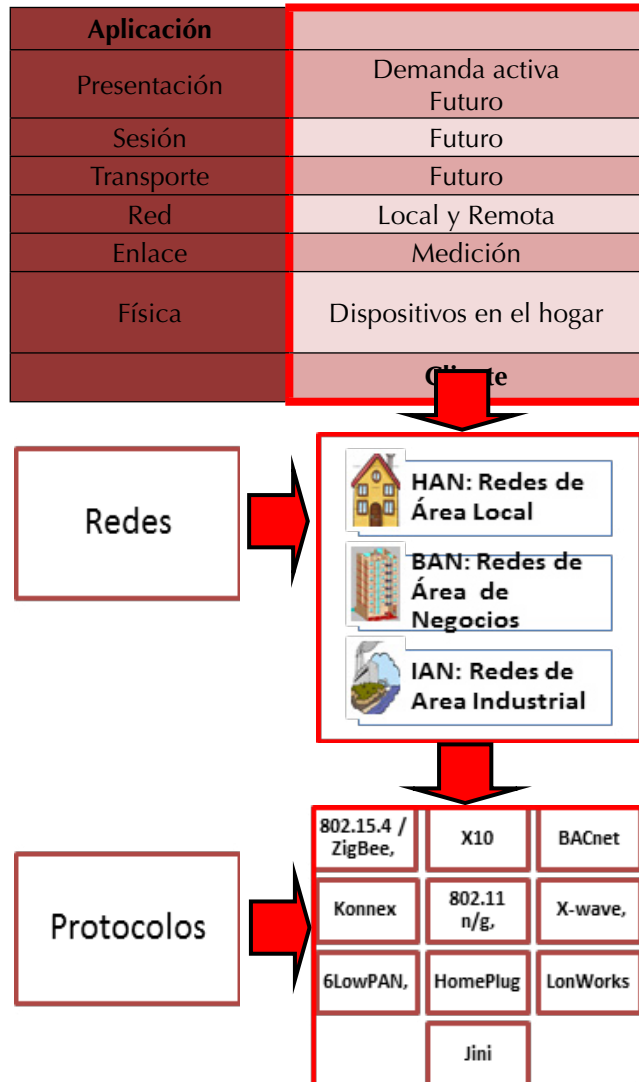


Figura 2. Modelo OSI unido a los protocolos de domótica.

2.3. Software para monitoreo, supervisión y control de variables eléctricas

La implementación de elementos de hardware (enchufe inteligente, sensores) conjuntamente con algoritmos de software simples para la

reducción del consumo en las horas pico, facilita el monitoreo, supervisión y control de variables eléctricas [20].

En 1982, la facultad de Ingeniería de la Universidad de la Florida desarrolló un algoritmo de optimización de gestión energética para reducir el costo de la electricidad mirando la estructura de precios y el tiempo de uso o demanda, simulando por medio de un computador las necesidades de energía eléctrica de una residencia típica para probar la eficacia de los algoritmos [21]. Para el año 2003, se propone una casa inteligente llamada Grenoble experimental Smart home, cuyo modelo se basa en un marco de infraestructura informática el cual tiene tres capas: la capa de aplicación que ofrece servicios de monitoreo, la capa de hardware que tiene dispositivos eléctricos y una capa intermedia que permite la unión entre las dos anteriores [22].

Luego, en 2013, se desarrolló iCHEMS el cual es un sistema de gestión que se basa en la predicción de la capacidad de energía renovable, emplea la tecnología Zigbee con el estándar IEEE802.15.4, cuenta con un iCMS (servidor de gestión inteligente en la nube), un iPMD (monitoreo inteligente de potencia de los dispositivos), y iEMD (monitoreo Inteligente ambiental de dispositivos) [23]. En ese mismo año también se presenta un Sistema de Gestión Energética basado en el algoritmo Rete. El sistema propuesto tiene conectores inteligentes y sensores que se conectan a una red LAN para comunicarse. Los electrodomésticos se encuentran enchufados en los conectores inteligentes. La información de los aparatos eléctricos y sensores procesan algoritmos basados en las reglas IF-THEN [24].

El sistema de gestión eléctrica inteligente (iEMS) [25], fue propuesto en el año 2014 y se compone de dos partes: un subsistema difuso y tabla de búsqueda inteligente, que se basa en reglas y entradas difusas que producen una salida a la tabla

de búsqueda inteligente alimentada de insumos como sensores externos, variables externas (precio, almacenamiento de la batería, condiciones ambientales), y el comportamiento y preferencias de los usuarios. La segunda parte corresponde a un nuevo modelo de red neuronal asociativa capaz de asignar entradas a las salidas deseadas. Lo que se pretende es buscar escenarios en diferentes condiciones para encontrar la mejor eficiencia energética y demanda responsable por parte de los usuarios, coincidiendo con sus preferencias y comportamientos. De igual manera Li et al, presentan un experimento computacional que incluye un simulador de consumo de energía residenciales, mecanismos de respuesta a través de la optimización, un método heurístico y una plataforma de computación con técnicas de regresión y algoritmos de optimización para observar la respuesta a la demanda [26].

2.4. Elementos transversales al modelo

La influencia de variables externas, como por ejemplo las económicas, sociales, políticas, ambientales, regulatorios, entre otras, afectan el comportamiento y hábitos de consumo energético domiciliario [27], las cuales a su vez se encuentran influenciadas por elementos como el precio, *comfort* del usuario, conciencia de los problemas ambientales y la confianza en las empresas de servicios [28].

Los cambios en el comportamiento del consumidor utilizando adecuadamente sistemas de gestión energética pueden conducir al ahorro de energía, uso energético más eficaz y tomar decisiones que maximicen la generación de energía con fuentes renovables [29]. Dependiendo de la manera como sean empleados los sistemas de gestión eléctrica domiciliaria, las variables externas tienen impacto directo, siendo necesario tenerlas en cuenta para estimaciones más precisas en los modelos [30].

3. APROXIMACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA-GEDE

3.1. Arquitectura del modelo

En la figura 3 se presenta el diagrama esquemático de GEDE, el cual cuenta con tres módulos: infraestructura, comunicaciones y software para monitoreo, supervisión y control de variables eléctricas, los cuales son explicados a continuación:

Módulo infraestructura: en este módulo se encuentran los dispositivos físicos para comunicación, medición, supervisión y control que harán parte de la instalación eléctrica gestionable.

Módulo de comunicaciones: este módulo está conformado por los diferentes protocolos estándar que se implementan para la comunicación entre todos los dispositivos y/o cargas eléctricas domiciliarias.

Módulo de software: donde están los algoritmos de gestión para monitoreo, supervisión y control de las variables eléctricas, de acuerdo con las cargas utilizadas por los usuarios y las diferentes fuentes de alimentación de energía, es la herramienta fundamental para la toma de decisiones.

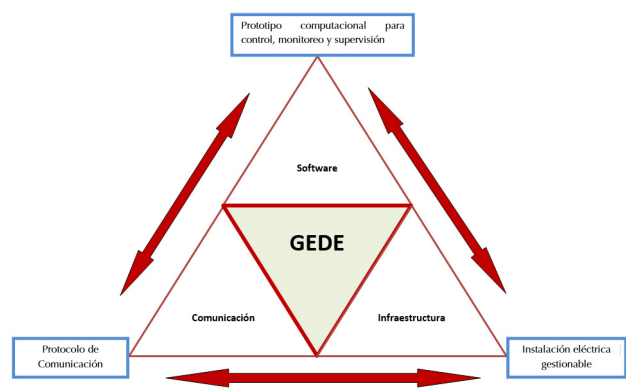


Figura 3. Diagrama esquemático del modelo de gestión de energía eléctrica domiciliaria-GEDE.

3.2. Diagrama esquemático del modelo

La figura 4 muestra el diagrama de bloques del funcionamiento del modelo de gestión de energía eléctrica domiciliaria GEDE. En este diagrama se relacionan los elementos de infraestructura y las comunicaciones. Se visualiza la llegada de energía de dos maneras: desde el sistema interconectado de energía (Y1) o por medio de generación distribuida instalada en la vivienda (Y2), se tiene previsto que estos recursos energéticos se almacenen o consuman de acuerdo a la toma de decisiones energéticas del usuario [31].

Otros elementos del diagrama de la figura 4 son los siguientes:

- Cargas o dispositivos (C): elementos que requieren energía y están conectados a la instalación eléctrica y para ser gestionados por el usuario activo.
- Sensores (S): detectan variables eléctricas que se convierten en datos básicos como voltaje y corriente del sistema mediante los dispositivos (X).

- Interruptor de potencia (I): realiza la conexión o desconexión de la carga para efectos de protección de acuerdo con la programación del sistema de monitoreo, supervisión y control, mediante algoritmos de software.

Aspectos de infraestructura

El modelo de gestión propuesto incorpora los dispositivos eléctricos básicos a nivel de fuentes y carga para las pruebas del sistema, los cuales se monitorean, supervisan y controlan, con el módulo autónomo de GEDE.

Cada uno de los módulos autónomos IP (Protocolo de Internet) de GEDE consta de cinco componentes fundamentales (figura 5): sistema de medida, sistema autónomo de procesamiento, sistema de control y protección, sistema de comunicaciones TCP/IP (protocolo de control de transmisión) y modem PLC (Power Line Communication, por sus siglas en inglés), que permitirá utilizar la infraestructura de la instalación eléctrica para las comunicaciones entre los dispositivos que la conforman y el sistema de gestión energética.

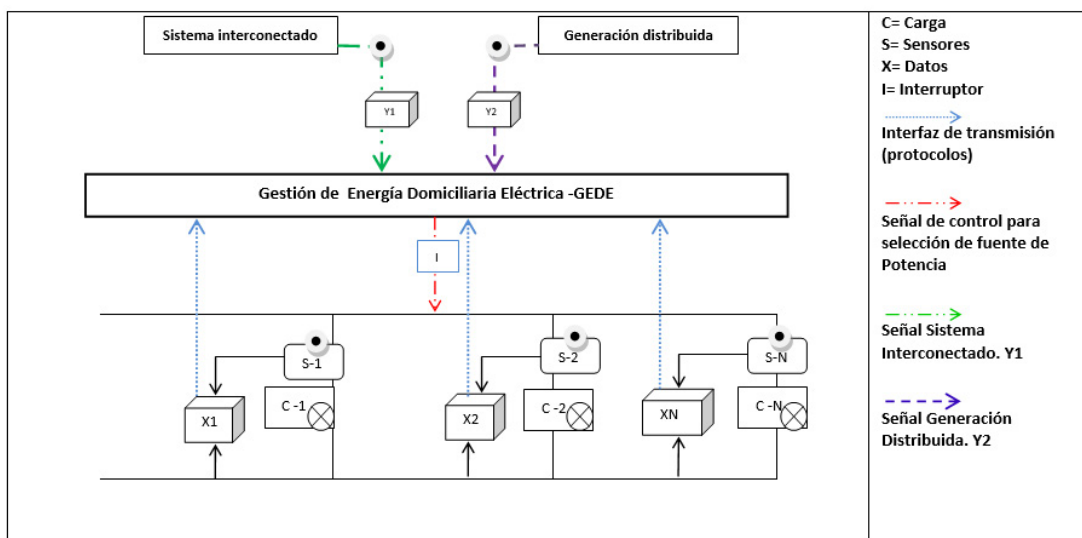


Figura 4. Diagrama de bloques del funcionamiento del modelo GEDE.

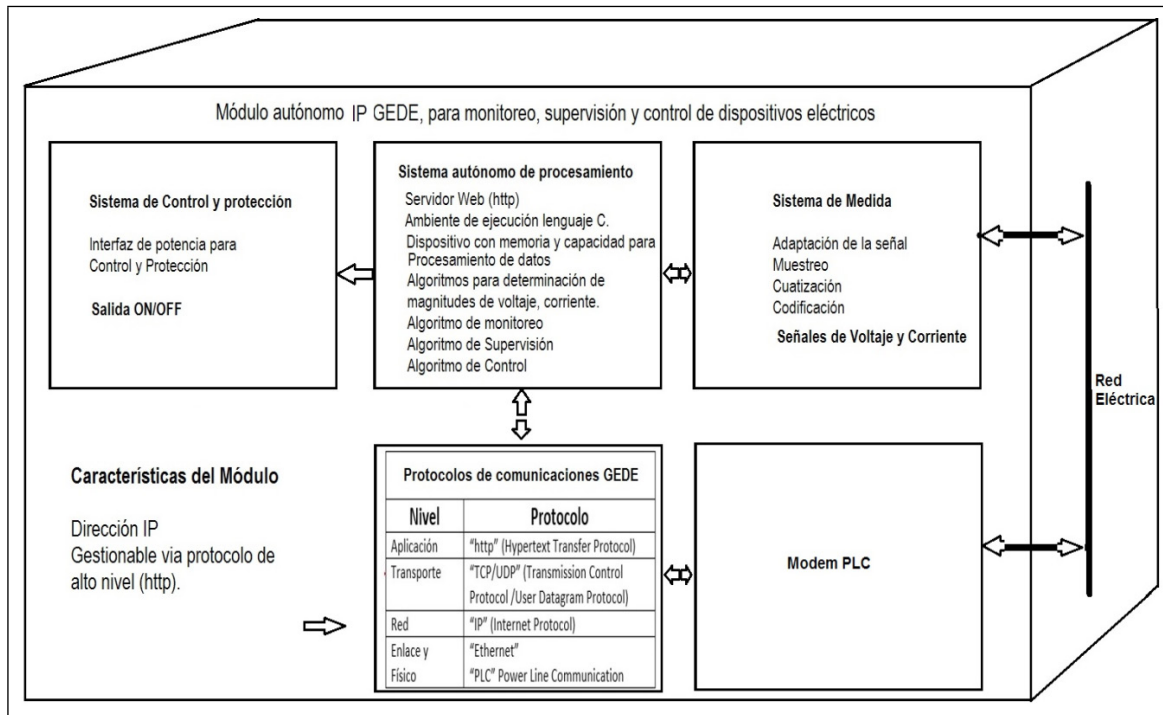


Figura 5. Diagrama de componentes del módulo autónomo IP de GEDE.

El sistema es escalable, lo que hace posible adicionar módulos de acuerdo con la cantidad de elementos que se quieran gestionar. La información obtenida por cada uno de los módulos es transmitida por la línea de potencia utilizando protocolo PLC, al módulo principal GEDE, que se encarga de implementar los algoritmos de gestión para mejorar la eficiencia energética. El módulo principal de GEDE monitorea, supervisa y controla tanto la carga como las fuentes, haciendo posible de esta forma que se implementen los algoritmos de gestión necesarios de acuerdo con los parámetros de operación establecidos en el sistema.

La información que se obtiene por parte de cada uno de los módulos tiene como base las medidas de voltaje y corriente a través de cada carga, o que es suministrada por las fuentes, de tal forma que en todo momento y en tiempo real se conozca el estado de la potencia entregada por la red y la Generación Distribuida (GD) y potencia consumida por

las cargas, así como determinar para cualquier periodo de tiempo la energía tanto consumida como entregada por las fuentes. El sistema con la infraestructura mostrada permite hacer un mejor uso de las fuentes de GD, por ejemplo, para incorporarlas en horas pico y desconectar parte de la carga o toda del sistema interconectado, dependiendo del escenario de eficiencia energética que se quiera gestionar.

Aspectos de comunicación

El modelo de interacción entre el sistema de comunicaciones y la infraestructura, que se muestra en la figura 6, utiliza la línea de potencia como base para las comunicaciones, eliminando el uso de cableados o sistemas alternos para el transporte de datos. Por otra parte, se ha seleccionado como protocolo principal de comunicaciones PLC, ya que no requiere sistema de alimentación adicional, implementar redes inalámbricas o alámbricas

paralelas y de esta manera se utiliza de forma más eficiente la instalación eléctrica. Sin embargo, no se descarta como alternativa de respaldo utilizar protocolos WiFi, Bluetooth, Zigbee, X10 o los referenciados en la figura 2, lo cual se establecerá en etapas posteriores del estudio, dependiendo de los resultados que se obtengan con la presente propuesta.

Las señales de voltaje y corriente son muestreadas, cuantificadas y codificadas para ser procesadas por el sistema autónomo de procesamiento GEDE, que permite mediante los algoritmos de procesamiento establecer los valores eficaces de voltaje y corriente, los cuales son transmitidos a través de protocolos de comunicaciones ajustados al modelo OSI (HTTP, TCP/IP, ETHERNET) al módulo principal de GEDE. Toda la comunicación en este escenario queda soportada a nivel físico sobre protocolo PLC, utilizando la misma línea de potencia que alimenta los dispositivos.

En la actualidad existen dispositivos que facilitan la comunicación con el protocolo PLC al interior de las viviendas, permitiendo comunicaciones de alto ancho de banda para acceso a internet y televisión [32]. Por otra parte, se están efectuando

investigaciones para reducir el BER (Bit Error Rate Performance, por sus siglas en inglés), evaluando el desempeño del PLC por medio de funciones de probabilidad observando el comportamiento de la tasa de error de la señal binaria modulada por los canales de transmisión [33], lo cual hace prever que esta tecnología adquiera mayor confiabilidad en sistemas domiciliarios.

Las comunicaciones son controladas por el software que implementan cada uno de los módulos autónomos IP, que incorporan un servidor web de http, que conforma una infraestructura de comunicaciones entre servidores (cada dispositivo autónomo incorpora un servidor IP).

Aspectos de software

El software del sistema tiene dos componentes principales: 1) El software del sistema autónomo IP de GEDE, que implementa un servidor web, los algoritmos de medida, supervisión y control para el elemento que está gestionando, junto con el sistema de comunicaciones con el sistema principal GEDE y, 2) El sistema de gestión principal del GEDE, mostrado en la figura 7, por medio de un diagrama de clases, integra la información de cada

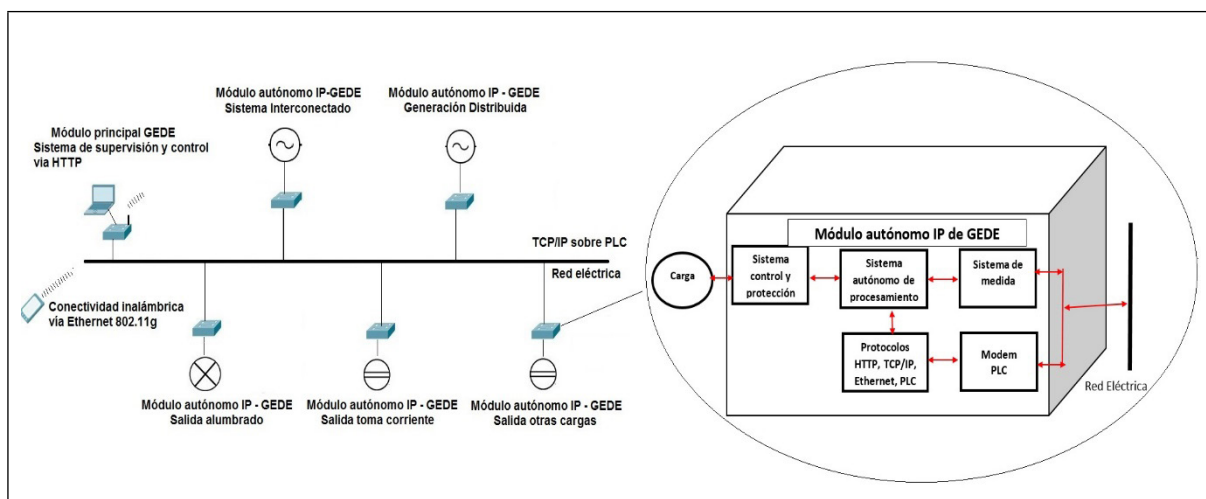


Figura 6. Diagrama despliegue con protocolos de comunicaciones para GEDE.

uno de los sistemas autónomos, donde se procesan las señales de voltaje y corriente suministradas a través de la red de comunicaciones de la instalación eléctrica, tanto por las fuentes de alimentación, como por las cargas eléctricas, con el fin de establecer por medio de algoritmos la mejor condición de operación del sistema. El software del sistema principal de gestión será implementado con lenguajes de alto nivel orientados a objetos y además contempla el desarrollo de un objeto con la información en tiempo real del estado de cada sistema autónomo.

Para la gestión del sistema se pretende implementar un software en aplicación web, que opere en equipos y en dispositivos móviles, el cual haga posible la adquisición y almacenamiento de datos básicos como voltaje y corriente para determinar potencia y energía, con el fin de establecer la eficiencia del sistema.

4. CONCLUSIONES

Este modelo de gestión energética planteado permite aprovechar la integración de avances tecnológicos en un mismo entorno utilizando infraestructura, software y comunicaciones, con el fin de hacer un mejor uso de la energía en la residencia y así mismo explorar nuevas oportunidades que propongan mejoras en varios aspectos regulatorios del sector, con programas para utilizar generación distribuida desde las viviendas a partir de fuentes renovables.

Se propone un nuevo tipo de instalación domiciliaria que permita conmutar circuitos eléctricos de manera automática para buscar la mejor configuración del sistema con el fin de alimentar las cargas, integrando fuentes renovables para contribuir con la eficiencia energética y aprovechando el sistema tarifario de energía de acuerdo con el marco regulatorio de cada región.

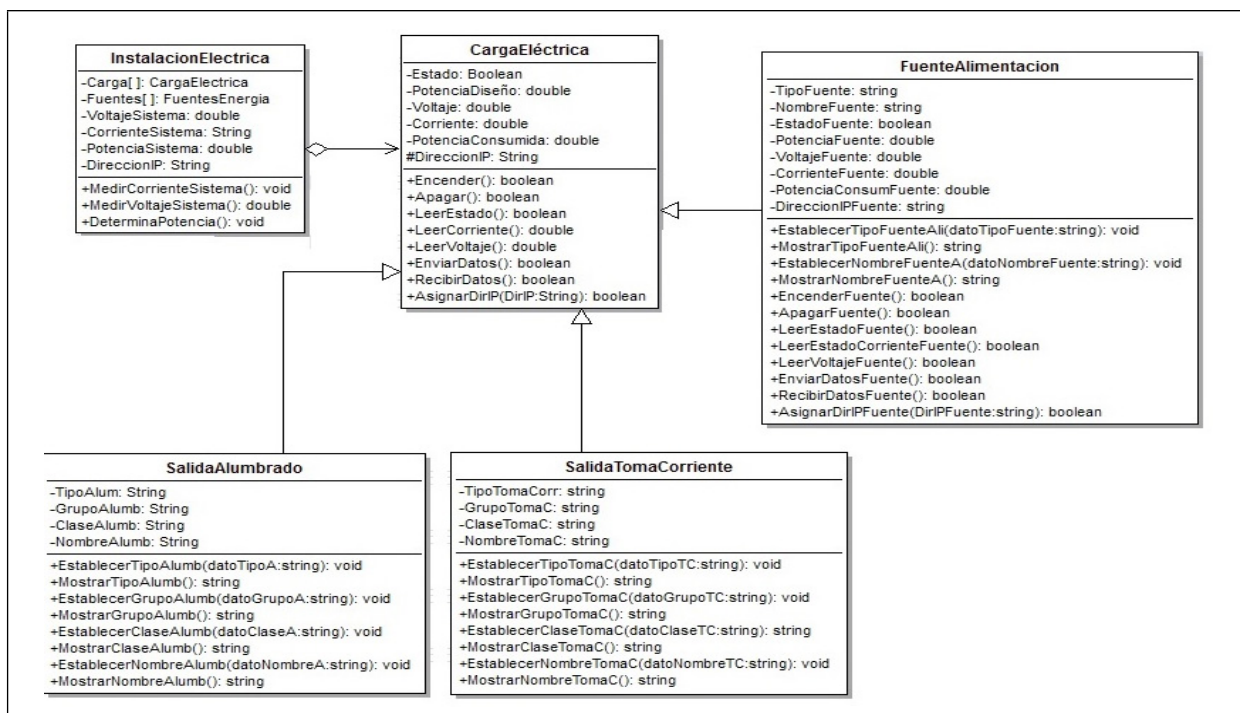


Figura 7. Diagrama de clases para el sistema principal de GEDE.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren dar sus agradecimientos al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (CIDC) y al grupo de investigación GCEM, por haber hecho posible este estudio.

6. REFERENCIAS

- [1] H. Chen, T. Ngoc Cong, W. Yang, C. Tan, Y. Li and Y. Ding, "Progress in electrical energy storage system: A critical review". *Progress in Natural Science*, pp. 291-312, 2009.
- [2] H. Jinsoo, C. Chang Sig and L. Llwoo Lee, "More efficient home energy management system based on ZigBee communication and infrared remote controls". *Consumer Electronics IEEE Transactions on*, vol. 57, pp. 85-89, 2011.
- [3] S. Amin and B. Wollenberg, "Toward a smart grid: power delivery for the 21st century". *Power and energy Magazine, IEEE*, vol. 3, pp. 34-41, 2005.
- [4] A. Vega, F. Santamaría y E. Rivas, "Propuesta para elaborar un Modelo de Gestión para redes eléctricas domiciliarias: Aproximación conceptual". *Sixth International Symposium on Energy & Technology Innovation Forum, Gurabo–Puerto Rico*, 2014.
- [5] D. Villa, C. Martin, F. Villanueva, F. Moya and J. López, "A dynamically reconfigurable architecture for smart grids". *Consumer Electronics IEEE Transactions on*, vol. 57, pp. 411-419, 2011.
- [6] A. Vega, F. Santamaría and E. Rivas, "Modeling for home electric energy management: a review". *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, [en revisión], 2015.
- [7] A. Snyder, E. Gunther and S. Griffin, "The smart grid homeowner: An IT guru?". *Future of Instrumentation International Workshop (FIIW)*, pp. 1-4, 2012.
- [8] M. Coral and F. De la Rosa, "Simulation Platform for Domotic Systems". *Communications and Computing (COLCOM), 2014 IEEE Colombian Conference*, Bogotá, D.C., 2014.
- [9] B. JinSung, J. Boungiu, N. Junyoung, K. Youngil and P. Sehyun, "An intelligent self-adjusting sensor for smart home services based on ZigBee communications". *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, vol. 58, pp. 794-802, 2012.
- [10] L. Ching-Hu, W. Chao-Lin and F. Li-Chen, "Reciprocal and Extensible Architecture for Multiple-Target Tracking in a Smart Home". *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, vol. 41, pp. 120-129, 2011.
- [11] Y.-X. Lai, C.-F. Lai, Y.-M. Huang and H.-C. Chao, "Multi-appliance recognition system with hybrid SVM/GMM classifier in ubiquitous smart home". *Information Sciences*, vol. 230, no. 230, pp. 39-55, 22 of octubre, 2012.
- [12] M. C. Bozchalui, S. A. Hashmi, H. Hassen, C. Canizares and K. Bhattacharya, "Optimal Operation of Residential Energy Hubs in Smart Grids". *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 3, 2012.
- [13] B. Powers and B. Margossian, "Using a rule-based algorithm to disaggregate end-use load profiles from premise-level data". In *Transactions of the IEEE Computer Applications in Power*, 1991.
- [14] G. Hart, "Nonintrusive appliance load monitoring". *Proceedings of the IEEE*, vol. 80, no. 12, pp. 1870-1891, 1992.
- [15] L. Farinaccio and R. Zmeureanu, "Using a pattern recognition approach to disaggregate the total electricity consumption in a house into the major end-uses. In *Energy and Buildings*". *Energy and Buildings*, vol. 30, no. 3, pp. 245-259, 1999.
- [16] L. Marceau and R. Zmeureanu, "Nonintrusive load disaggregation computer program to estimate the energy consumption of major end uses in residential buildings". *Energy Conversion and Management*, vol. 41, pp. 1389-1403, 2000.
- [17] Z. Younghun, K. Schmid and M. Srivastava, "Viridiscop: design and implementation of a fine grained power monitoring system for homes". *UbiComp*, pp. 245-254, 2009.
- [18] The Cambridge, *The Cambridge Dictionary of Statistics*, 2012.

- [19] G. Tolosa, "Protocolos y Modelo OSI", marzo 2014, [en línea]. Consultado el 15 de noviembre de 2014, disponible en: <http://www.tyr.unlu.edu.ar/TYR-publica/02-Protocolos-y-OSI.pdf>
- [20] H. Morsali, S. M. Shekarabi, K. Ardekani, H. Khayami, A. Fereidunian, M. Ghassemian and H. Lesani, "Smart plugs for building energy management systems". Smart Grids (ICSG), 2nd Iranian, Iranian, 2012.
- [21] B. Capehart, E. Muth and M. Storin, "Minimizing residential electrical energy costs using microcomputer energy management systems". Computers & Industrial Engineering, vol. 6, no. 4, pp. 261-269, 1982.
- [22] H. Pigot, B. Lefebvre, J. Meunier, B. Kerherve, A. Mayers y S. Giroux, "The role of intelligent habitats in upholding elders in residence". 5th international conference on Simulations in Biomedicine, Slovenia., Slovenia, 2003.
- [23] J. Byun, I. Hong and S. Park, "Intelligent cloud home energy management system using household appliance priority based scheduling based on prediction of renewable energy capability". Consumer Electronics, IEEE Transactions on, vol. 58, pp. 1194-1201, 2012.
- [24] T. Kawakami, T. Yoshihisa, N. Fujita and M. Tsukamoto, "A Rule-Based Home Energy Management System Using the Rete Algorithm". 2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Japón, 2013.
- [25] D. Shahgoshtasbi and M. Jamshidi, "A New Intelligent Neuro-Fuzzy Paradigm for Energy-Efficient Homes". IEEE Systems Journal, 2014.
- [26] S. Li, D. Zhang, A. Roget and Z. O'Neill, "Integrating Home Energy Simulation and Dynamic Electricity Price for Demand Response Study". IEEE Transactions On Smart Grid, vol. 5, no. 2, pp. 779-788, 2014.
- [27] M. Zaeri, N. Sharda and A. Zahedi, "A Five Layer Model for Simulating a Virtual Power Plant". IEEE Innovative Smart Grid Technologies, Kuala Lumpur, 2014.
- [28] A. Sachdeva and P. Wallis, Our demand: reducing electricity use in victoria throughdemans management, Melbourne, Monash Sustainability Institute, 2010.
- [29] B. Dahlbom, H. Greer, C. Egmond and R. Jonkers, Changing Energy Behaviour. Madrid, Intelligent energy europe, 2009.
- [30] L. Hernandez, C. Baladron, J. Aguiar, B. Carro, A. Sanchez, J. Lloret and J. Massana, "A Survey on Electric Power Demand Forecasting: Future Trends in Smart Grids, Microgrids and Smart Buildings". Communications Surveys & Tutorials, IEEE, vol. 16, no. 3, pp. 1460-1495, 2014.
- [32] Tp-link, "TP-Link Technologies CO". marzo 2015, [en línea]. Consultado el 19 de marzo de 2015, disponible en: <http://www.tp-link.com/co/products/?-categoryid=206>
- [33] Y. Kim, Y.-H. Kim, H.-M. Oh and S. Choi, "BER Performance of Binary Transmitted Signal for Power Line Communication under Nakagami-like Background Noise". The First International Conference on Smart Grids, Green Communications and IT Energy-aware Technologies, Venice, 2011.

