



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEGESTIÓN IOT PARA TOMACORRIENTES EN LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN DE USO GENERAL

DESIGN OF AN IOT TELEMAGEMENT SYSTEM FOR OUTLETS IN LOW VOLTAGE INSTALLATIONS FOR GENERAL USE

¹Yiosef Alonso Villegas, ²Freddy Torres Payoma

^{1,2}Universidad Nacional Abierta y a Distancia —UNAD—

Recibido: 10/15/2021 Aprobado 11/20/2021

RESUMEN

En búsqueda de propuestas que den cumplimiento a la normatividad relacionada con el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE), se propone el desarrollo de un prototipo de telegestión basado en el Internet de las Cosas (IoT) para la supervisión, monitoreo, control y registro del consumo eléctrico de los aparatos conectados a los tomacorrientes de 120/240 V 15/20 A en instalaciones de Baja Tensión de Uso General (BT-UG) en Colombia. En el presente documento se muestran los resultados obtenidos en la etapa de diseño del prototipo del sistema de telegestión, el cual incluye tomacorrientes inteligentes para la telemetría del consumo eléctrico y el telecontrol de los aparatos eléctricos, un punto de acceso de perímetro para la gestión de los tomacorrientes inteligentes, un enrutador de red para la gestión de las redes de comunicaciones, Interfaces Gráficas de Usuario (GUI) para la interacción del usuario con el sistema, un registro histórico para el análisis estadístico del comportamiento de consumo del usuario, y servicios de Nube para el acceso al sistema de telegestión desde cualquier ubicación geográfica. A futuro se espera que el prototipo desarrollado establezca una base científica y tecnológica, y una evidencia experimental para el desarrollo de un producto comercial en miras de un aumento de la eficiencia del URE.

Palabras clave: eficiencia energética, Internet de las cosas, sector eléctrico, tomacorriente inteligente.

ABSTRACT

In search of proposals that comply with the regulations related to the Rational and Efficient Use of Energy (URE), the development of a telemanagement prototype based on the Internet of Things (IoT) is proposed for the supervision, monitoring, control and recording of electrical consumption of devices connected to 120/240 V 15/20 A outlets in Low

Citación: Cita: Alonso Villegas, Y. . ., & Torres Payoma, F. . (2021). Diseño de un sistema de telegestión IOT para tomacorrientes en las instalaciones de baja tensión de uso general. *Publicaciones E Investigación*.

¹yalonsov@unadvirtual.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-6261-4161>

²freddy.torres@unad.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-5206-0836>

<https://doi.org/10.22490/25394088.5604>

Voltage General Use (LV-UG) installations in Colombia. This document shows the results obtained in the design stage of the remote management system prototype, which includes smart outlets for telemetry of electrical consumption and remote control of electrical appliances, a perimeter access point for the management of smart outlets, a network router for managing communication networks, Graphical User Interfaces (GUI) for user interaction with the system, a history log for statistical analysis of user consumption behavior, and Cloud for access to the telemanagement system from any geographical location. In the future, it is expected that the prototype developed will establish a scientific and technological base, and experimental evidence for the development of a commercial product with a view to increasing the efficiency of the URE.

Keywords: energy efficiency, Internet of things, electricity sector, smart outlet.



1. MATERIALES Y MÉTODOS

Se define el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como “el aprovechamiento óptimo que se le da a la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas”, por tanto, el URE tiene como objetivo lograr una reducción de la intensidad energética; mejorar la eficiencia energética de los aparatos eléctricos; promover el uso, la participación y las tecnologías basada en Fuentes de Energías Renovables No Convencionales (FERNC) (Niño-Vega *et al.*, 2021). En Colombia se han establecido políticas, normatividades, regulaciones y estándares técnicos que orientan a los usuarios del sector eléctrico hacia el cumplimiento del URE (Alcaldía de Bogotá, 2021).

Por otra parte, gracias a las diferentes herramientas tecnológicas existentes, donde se destaca la Infraestructura Avanzada de Medición (AMI), se evidencia la importancia de los sistemas, equipos y dispositivos inteligentes para la gestión eficiente en la generación, la transformación y el uso de la energía eléctrica (Bustos, 2021; Tellez Gutiérrez *et al.*, 2018). En búsqueda del cumplimiento del URE, y tomando como referencia los sistemas inteligentes de gestión de la energía eléctrica, es importante contar con las respectivas herramientas tecnológicas para que los usuarios de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión de Uso General (BT-UG)¹ puedan supervisar, monitorear,

controlar y registrar detalladamente 240 V, y que no son instalaciones especiales ni de defensa (militares) (Ministerio de Minas y Energía, 2021) el consumo eléctrico de los aparatos conectados a los tomacorrientes (Arévalo López, 2020). En los últimos cinco años se han realizado diferentes investigaciones en Latinoamérica y Colombia relacionadas con el desarrollo de dispositivos de medición inteligente del consumo de los aparatos eléctricos, especialmente los de uso residencial, como se evidencia en (Arévalo López, 2020; García Herrera, 2018; Rodríguez & López, 2017). Cabe señalar que en las instalaciones similares de BT-UG se deben cumplir requerimientos específicos bajo metas de cumplimiento referentes a la gestión energética (Rodríguez & López, 2017; Ramírez Madrid, 2018). Siguiendo la línea de desarrollo de sistemas inteligentes para la gestión del consumo eléctrico, actualmente se encuentra en curso un proyecto de desarrollo tecnológico enfocado hacia un sistema de telegestión IoT para los tomacorrientes de las instalaciones BT-UG, cuya metodología de trabajo se basa en el desarrollo y proceso tecnológico que se resume en el documento de la Universidad Internacional de Valencia (2016).

A la fecha, se ha consolidado el diseño de la solución tecnológica que incluye funciones de telemetría

de las variables eléctricas que inciden en el consumo eléctrico (Alexander & Sadiku, 2016; Endesa, 2021), telecontrol ON/OFF de los aparatos eléctricos, monitoreo de las condiciones de operación del sistema, visualización local y remota de las variables del sistema

de telegestión y registro histórico en la Nube del consumo eléctrico de las cargas conectadas al tomacorriente. A partir de estas funciones y requerimientos, se diseñó el diagrama de bloques del sistema de telegestión, que se presenta en la Figura 1.

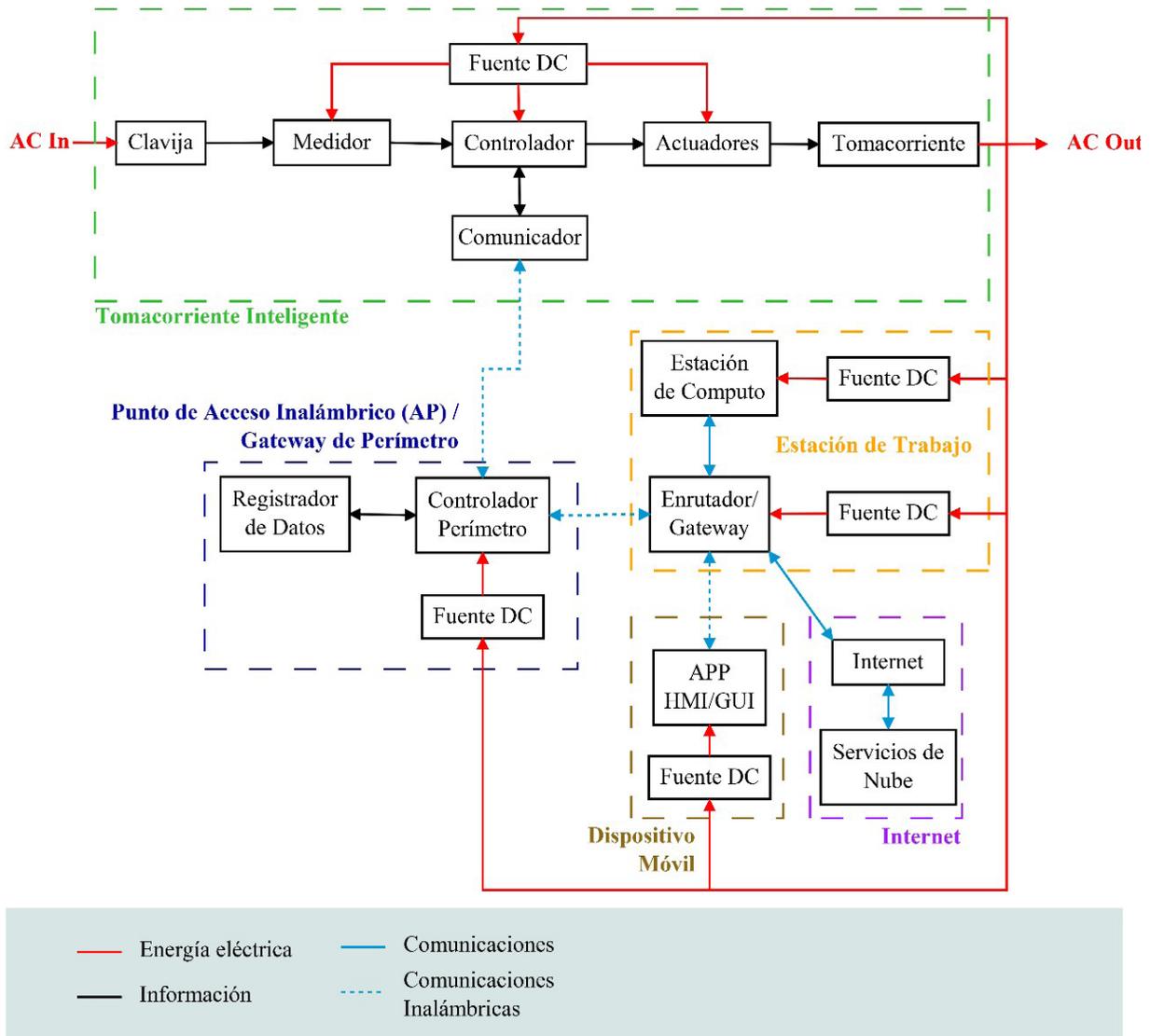


Figura 1: Diagrama de Bloques Lógico para el sistema de telegestión.

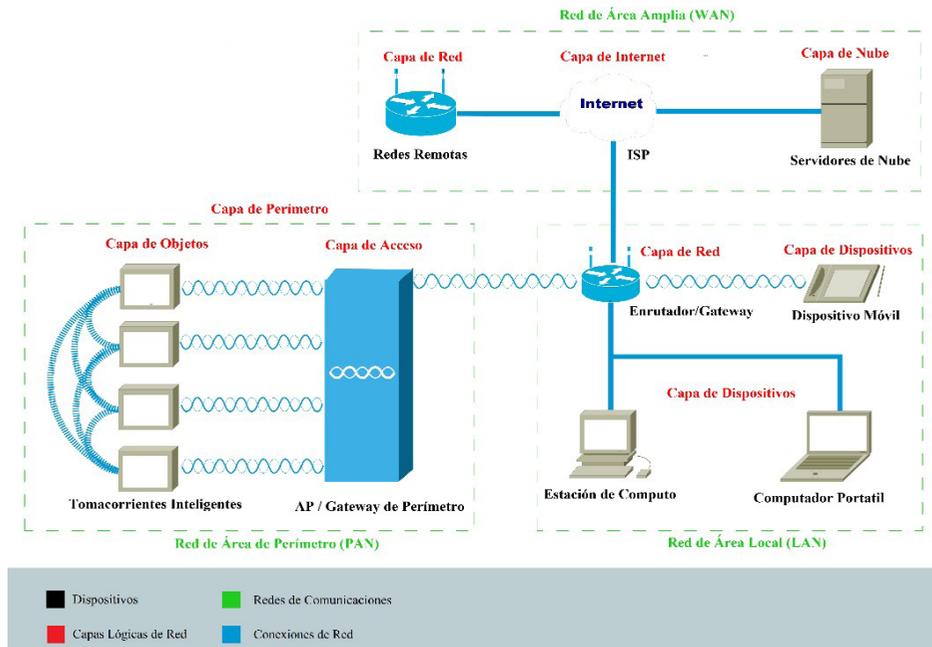


Figura 2. Diagrama de la topología y arquitectura IoT para las comunicaciones

Por otra parte, uno de los aspectos más importantes del sistema de telegestión es la arquitectura y topología de comunicaciones. Al ser el objeto de trabajo los tomacorrientes de instalaciones BT-UG, es pertinente la aplicación del IoT que habilita la conexión de los objetos a las redes de comunicación para que las personas puedan generar una interacción con dichos objetos (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2021; CISCO, 2019). Por lo tanto, con base al modelo de referencia para el IoT presentando por (CISCO, 2019) se diseñó la arquitectura y topología para el sistema de telegestión, que se muestra en la Figura 2, teniendo en cuenta los componentes físicos, las capas lógicas, la topología, y las redes requeridas para lograr una óptima integración del IoT en el sistema de telegestión.

Planteadas la idea para el sistema de telegestión, su funcionamiento lógico, topología y arquitectura de comunicaciones IoT requerida, se realiza el diseño funcional, en el cual para cada elemento del sistema de telegestión se le asocian los componentes físicos

requeridos para su respectivo funcionamiento y operación. Lo anterior se organizó bajo el esquema mostrado en la Figura 3 describiendo componentes y conexiones eléctricas, electrónicas y de comunicaciones para que el sistema de telegestión realice todas las funciones planteadas en el diseño conceptual.

Conocidas las variables del sistema que se supervisaran, monitorearan y/o controlaran, tomando como referencia lo expuesto en Alexander & Sadiku (2016) y Endesa (2021), se realizó así mismo el diseño de las Interfaces Gráficas de Usuario (GUI), siendo el componente principal de interacción entre el usuario y el sistema de telegestión, y el diseño del archivo de registro histórico el cual será almacenado en una plataforma de Nube, y que servirá para realizar un análisis estadístico del comportamiento del consumo eléctrico. Es importante resaltar que tanto las GUI como el registro histórico podrán ser visualizados desde dispositivos de cómputo y móviles gracias a la integración y uso de plataformas y aplicaciones móviles IoT y de almacenamiento en Nube.

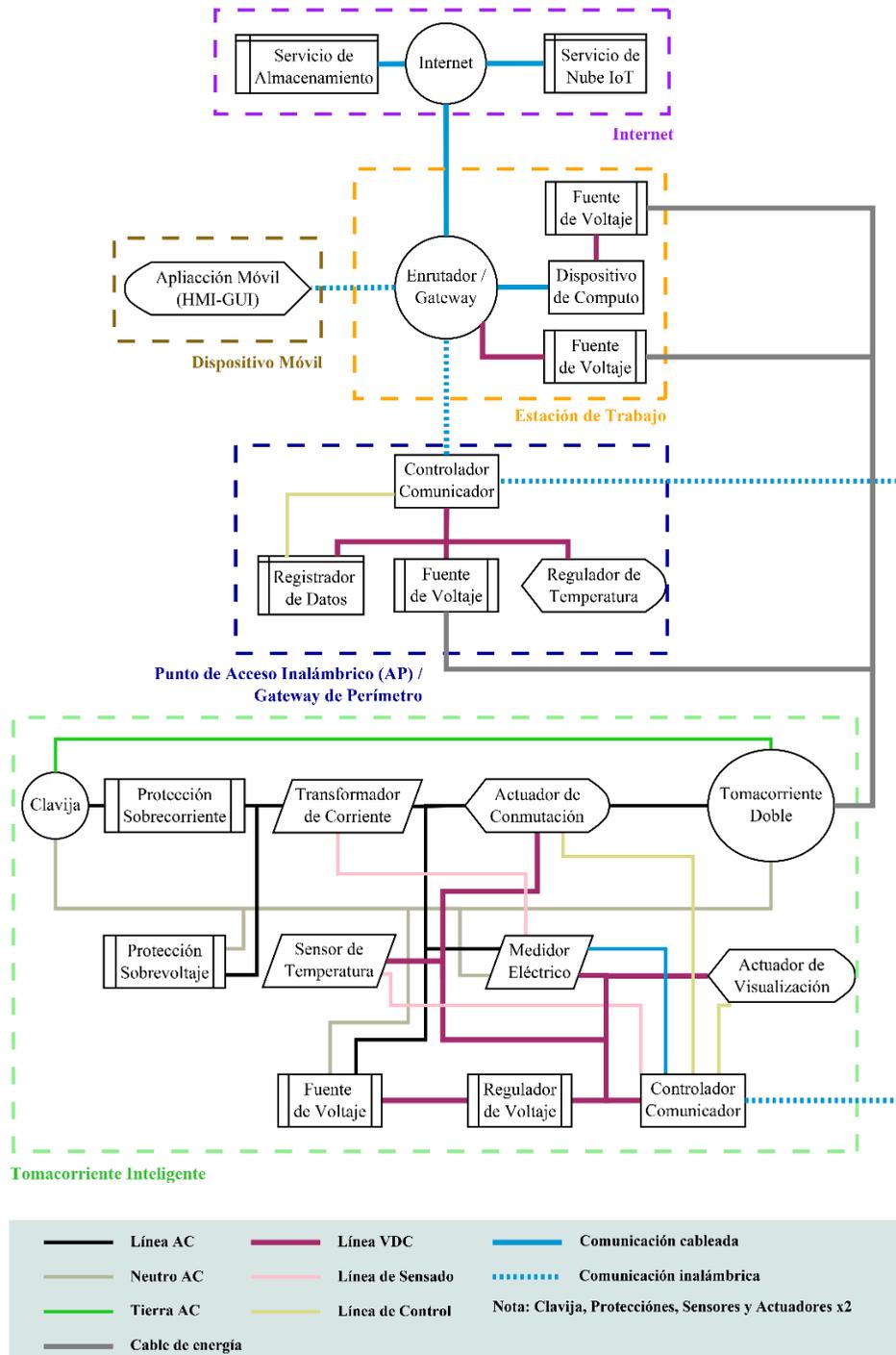


Figura 3. Diagrama de Bloques Funcional de los elementos, componentes y conexiones del sistema.

La importancia de implementar el IoT y la computación en Nube al sistema de telegestión radica en que habilitan una supervisión, monitoreo y control del sistema de telegestión desde cualquier ubicación geográfica desde que se cuente con un dispositivo con acceso a Internet.

Finalmente, a partir de los diseños conceptual, funcional y de la red de comunicaciones, se procedió a consolidar la tabla de especificaciones del prototipo, donde se describieron detalladamente las funciones y requerimientos de cada elemento y componente del sistema de telegestión.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los siguientes son los productos y resultados de la etapa de diseño del proyecto:

- Diagrama de Bloques Lógico, que describe conceptual y lógicamente el funcionamiento del sistema de telegestión
- Diagrama de Topología y Arquitectura IoT, que describe la topología y bloques lógicos de red, los dispositivos, y las diferentes redes de área requeridas para implementar una arquitectura de comunicaciones basada en el IoT.
- Diagrama de Bloques Funcional, donde se asignan a cada elemento del sistema los diferentes componentes físicos, así como las conexiones eléctricas, electrónicas y de comunicaciones entre estos.
- Diseño de las Interfaces Gráficas de Usuario (GUI) en la plataforma Blynk. Gracias a esta plataforma se tiene una GUI para ser accedida desde equipos de cómputo (Blynk Cloud) y otra GUI para ser accedida desde dispositivos móviles (Blynk App).
- Diseño del archivo de registro histórico en la plataforma Google Sheets el cual se almacena en la

plataforma de Nube Google Drive, y se puede acceder tanto desde equipos de cómputo como desde dispositivos móviles.

- Tabla de especificaciones donde se describen los requerimientos, características y especificaciones de cada elemento y componente del sistema de telegestión.

Los anteriores productos permiten describir el funcionamiento y la operación del sistema de telegestión desde diferentes perspectivas, pero generando una comprensión de forma holística.

El Diagrama de Bloques Lógicos describe abstractamente el sistema de telegestión, lo que brinda una idea o punto de partida para su desarrollo al poder identificar los elementos requeridos para realizar las diferentes funciones planteadas.

El Diagrama de Topología y Arquitectura IoT permite comprender cómo se dan las comunicaciones entre los diferentes componentes siendo esto fundamental para lograr una correcta transcripción de la información a lo largo de todo el sistema de telegestión.

El Diagrama de Bloques Funcional acota, hacia un plano aplicado y real, la idea abstracta del sistema de telegestión a través de la identificación de los componentes físicos requeridos para implementar cada elemento del sistema.

Las GUI son de alta relevancia en los sistemas tecnológicos al funcionar como Interfaces Humano-Máquina (HMI), constituyéndose como el medio principal para la interacción entre el usuario y el sistema. Igualmente, el registro histórico genera un valor agregado a los sistemas tecnológicos al poder almacenar en el tiempo la información del comportamiento de estos sistemas, para así evaluar, analizar y procesar dicha información con el objetivo de tomar decisiones a futuro en miras del aumento de la eficiencia de los sistemas tecnológicos.

Por último, la tabla de especificaciones reunió todo lo anterior de forma descriptiva, generando una comprensión más detallada del funcionamiento, la operación, los requerimientos y los componentes del sistema de telegestión.

3. CONCLUSIONES

Se realizaron los diseños conceptual, funcional, de la red de comunicaciones, de las Interfaces Gráficas de Usuario (GUI), del archivo de registro histórico y de la tabla de especificaciones del sistema de telegestión, a través de los cuales se logró definir la solución tecnológica que se espera desarrollar para el prototipo de telegestión IoT de los tomacorrientes.

Con el desarrollo del sistema de telegestión IoT se busca establecer una base y evidencia tanto tecnológica como científica para desarrollar un producto electrónico comercial nacional que les brinde a los usuarios de las instalaciones de BT- UG una herramienta basada en el IoT para la telegestión del consumo eléctrico de las tomacorrientes de estas instalaciones en búsqueda del cumplimiento eficiente de las metas propuestas en la gestión energética y de las políticas del URE y de la eficiencia energética.

Como etapa final del proyecto, se plantea realizar una validación experimental del sistema de telegestión, tanto en un ambiente controlado en laboratorio como en una implementación de aplicación real en una instalación residencial, que permita validar tecnológica y científicamente el prototipo desarrollado.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Bogotá. (2021). *Documentos para Energía Eléctrica-Uso Racional y Eficiente. Colombia*. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=24354>
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2016). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. (3ra edición). México: McGraw- Hill/Inte-ramericana.
- Arévalo López J. A. (2020). *Implementación de un sistema de reconocimiento de hábitos de consumo de energía eléctrica en hogares*. (Tesis de maestría). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1225>
- Bustos, J. S. (2021). *Análisis de datos con medida inteligente AMI. Documentos de Trabajo ECBTI, 1(2)*, 2021. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/4362>
- Centro de la Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial (2016). *medición y gestión inteligente de consumo eléctrico*. Superintendencia de Industria y Comercio. Colombia. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/pdf/medicion_energia.pdf
- CISCO (2019). *Introduction to IoT*. CISCO Networking Academy. <https://www.netacad.com/es/courses/iot/introduction-iot>
- Endesa (03 de marzo de 2021) ¿Cómo saber cuánta *electricidad gasta tu casa?*
- García Herrera, J. Y. F. (2018). *Orientaciones para la construcción de viviendas inteligentes en Colombia basada en el Internet de las Cosas*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Bucaramanga. https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/3545/2018_Tesis_Garcia_Herrera_Jose%20Yon%20Frans.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Herrera Heredia, E. A., & Chávez Enríquez, A. S. (2020). *Diseño e Implementación de un Smart Meter de energía eléctrica enlazado en una plataforma de visualización para monitoreo y control del consumo energético domiciliario basado en IoT*. [Presentación de Power Point]. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPEC). http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23119/2/ESP_EL-EMI-0396-P.pdf
- <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13742/RamirezMadridDavidAndres2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <https://www.endesa.com/es/conoce-la-energia/blog/cuanta-luz-consume-casa>
- <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabeddb13>
- Ministerio de Minas y Energía (2021). *ABC sobre Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)*. Colombia. <https://www.minenergia.gov.co/infraestructura-de-medicion-avanzada>
- Ministerio de Minas y Energía (2021). *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)*. Colombia.
- Moreno Quizhpe, A. B. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo de medición y control de consumo de energía eléctrica para dispositivos domésticos*. (Tesis de grado). Universidad Católica de Loja. <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/20.500.11962/23503/1/Moreno%20Quizhpe%20Alex%20Bryan.pdf>

- Niño-Vega, J. A., Fernández-Morales, F. H., & Duarte, J. E. (2021). Diseño de un recurso educativo digital para fomentar el uso racional de la energía eléctrica en comunidades rurales. *Saber, Ciencia y Libertad*, 14(2), 256–272, 2021. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2019v14n2.5889>
- Palavecino, N., Seeber, L., & Herrero, S. (2018). *Adaptador inteligente para medición y control de consumo eléctrico de electrodomésticos*. (Tesis de grado) Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1648/FLU_XUS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Poma Aliaga, L. F. (2017). *Diseño de un sistema inteligente de ahorro de energía eléctrica*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9116>
- Ramírez Madrid, D. A. (2018). *Metodología para la implementación de IoT*. (Tesis de especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rodríguez Litardo, V. M., & Luna Cruz, J. G. (2019). *Diseño de un sistema inteligente para monitoreo y control de consumo eléctrico en residencias*. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45166>
- Rodríguez Moreno, E. S., & López Ordoñez, V. F. (2017). *Diseño e implementación de un sistema inteligente para un edificio mediante IoT utilizando el protocolo de comunicación LoRaWAN®*. (Tesis de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7394/RodriguezMorenoEdwardStiven2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tellez Gutiérrez, S. M., Rosero García, J. & Céspedes Gandarillas, R. (2018). Sistemas de medición avanzada en Colombia: beneficios, retos y oportunidades. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(2), 469-488. <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v36n2/2145-9371-inde-36-02-469.pdf>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (2021). Recomendación ITU-T Y.4000/Y.2060 (06/2012) Visión general de la Internet de las cosas. 2012. <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=11559&clang=es>
- Universidad Internacional de Valencia (07 de septiembre de 2016). ¿Qué es el proceso tecnológico y cuáles son sus fases? <https://www.universidadvlu.com/co/actualidad/nuestros-expertos/que-es-el-proceso-tecnologico-y-cuales-son-sus-fases>