InGenio Journal

Revista de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

<https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/ingenio>

e-ISSN: 2697-3642 CC BY-NC-SA 4.0

**PowerVision: Un Sistema Inteligente para Monitoreo y Control de Energía en Tiempo Real en Hogares**

***PowerVision: An Intelligent System for Real-time Energy Monitoring and Control in Smart Homes***

Ericka Bravo Meca1, Michell Aviles Litardo2, JeanDavid Cabrera Guerra3

123 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

[*ericka.bravo2018@uteq.edu.ec*](mailto:ericka.bravo2018@uteq.edu.ec)*,* [*michell.aviles2018@uteq.edu.ec*](mailto:michell.aviles2018@uteq.edu.ec)*,* [*jeandavid.cabrera2018@uteq.edu.ec*](mailto:jeandavid.cabrera2018@uteq.edu.ec)

#### INTRODUCCIÓN

El uso eficiente de la energía eléctrica se ha convertido en un tema de gran importancia en la actualidad debido a su impacto en el medio ambiente y en la economía de los usuarios [1]. Por esta razón, la implementación de sistemas de monitoreo y control de consumo de energía se ha vuelto cada vez más significativo.

En este documento, se propone el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo de consumo de energía para el hogar basado en IoT, denominado PowerVision. Este sistema permitirá a los usuarios monitorizar el consumo de energía en tiempo real y tomar medidas para reducirlo, lo que contribuirá a un consumo más responsable y sostenible de la energía eléctrica.

Se han desarrollado trabajos relacionados con el consumo de energía responsable, entre los que se destacan: el trabajo de Condón F et al. [2] y el trabajo de Shafique M et al. [3], que son similares en su enfoque de monitoreo y gestión de energía en hogares inteligentes, es más ofrecen las mismas funcionalidades (plataformas basadas en la nube y aplicaciones móviles). Sin embargo, difieren en la tecnología utilizada para su implementación, uno utiliza la tecnología de medición de corriente no invasiva, mientras que el otro hace especial énfasis en el uso de redes de sensores inalámbricos. La implementación de estos trabajos suele ser costosa, ya que estos sistemas están implementados en hogares inteligentes, lo que provoca que no estén al alcance de todos los usuarios. En este sentido, PowerVision ofrece una solución económica y accesible que permite a los usuarios monitorizar el consumo de energía de manera efectiva.

El objetivo de este trabajo es mostrar el proceso de diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo de consumo de energía para el hogar que sea accesible y eficiente. En este proceso se aplican metodologías de desarrollo de software y tecnologías de IoT, que permiten crear un sistema robusto y escalable.

Para el desarrollo de PowerVision, se ha utilizado la metodología TDDM4IoTS [4], que combina metodologías de desarrollo de software tradicional con IoT. Además, en este proceso de desarrollo se implementa el concepto de computación en la nube para el almacenamiento de datos y la ejecución de procesos, lo que mejora la capacidad de respuesta y la eficiencia del sistema. PowerVision ofrece a los usuarios llevar un control del consumo de energía a través de dispositivos móviles.

#### ANTECEDENTES

El uso de la energía eléctrica es uno de los pilares fundamentales de nuestra vida moderna, ya que prácticamente todas las actividades que realizamos requieren de este servicio [5]. Sin embargo, este consumo de energía no es gratuito y puede representar un costo significativo en el presupuesto mensual de las familias. Por esta razón, es importante tener una herramienta que permita monitorizar el consumo eléctrico en tiempo real, con esto los usuarios podrán tener un mayor control y tomar decisiones informadas para ahorrar en la factura de energía eléctrica.

El problema radica en que para los usuarios el consumo de energía en el hogar es un misterio, se desconoce cuánta energía se está consumiendo en tiempo real, ni en qué momentos del día se está consumiendo más energía. Esto puede llevar a situaciones en las que se sobrepasa el límite de consumo y se termina pagando una factura de energía mucho más alta de lo esperado [6]. Para resolver este problema, se presenta PowerVision que permite medir el consumo en tiempo real, registrar el tiempo de uso y el horario de consumo, y recibir alertas cuando se sobrepasa el límite de consumo establecido.

Existen diferentes soluciones con respecto al monitoreo de consumo de energía [7]–[9], pero muchas de ellas tienen limitaciones (disponibilidad de los datos, la complejidad de los modelos y el costo de implementación) o simplemente no se adaptan a las necesidades específicas de cada hogar. Por ejemplo, el trabajo de Martins J et al. [10] se centra en el proceso de carga de vehículos eléctricos en espacios compartidos, donde hacen uso de sensores para medir la energía y los usuarios pueden monitorizar los datos a tiempo real por medio de una aplicación móvil. Sin embargo, no se centra en el control del consumo de energía para aliviar los gastos. Por otro lado, el sistema que propone Yunlong [11] si tiene como objetivo el gestionar el consumo de energía para aliviar los gastos sin comprometer la comodidad del usuario. Sin embargo, en este trabajo utilizan la tecnología de redes de sensores inalámbricos, controladores y varios dispositivos inteligentes para la recopilación de la información, lo que hace que su implementación no sea nada económica.

Por estas razones, se presenta PowerVision, el cual permite tener un control total del consumo eléctrico y contribuye al ahorro en la factura de luz. Además, ofrece monitorizar el consumo de energía por medio de alertas y gráficos estadísticos que ayudan a la toma de decisiones. Cabe mencionar que PowerVision utiliza dispositivos de bajo costo, lo que lo hace accesible para la mayoría de los usuarios.

#### OBJETIVOS

A continuación, se presentan una serie de objetivos que buscan integrar la tecnología para permitir a los usuarios monitorizar el consumo de energía eléctrica de manera eficiente, reduciendo costos y disminuyendo el impacto ambiental.

* Implementar un sistema de alertas para notificar a los usuarios cuando el consumo de energía en su hogar excede los límites establecidos, con el fin de fomentar hábitos de consumo responsable y reducir el costo de la factura de energía eléctrica.
* Integrar el sistema de monitoreo de consumo de energía con una plataforma IoT, que permita a los usuarios controlar y monitorizar el consumo de energía de sus dispositivos desde cualquier lugar y en cualquier momento.
* Diseñar una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, que permita a los usuarios visualizar los datos de consumo de energía de su hogar en tiempo real y tomar decisiones informadas sobre cómo reducir su consumo y ahorrar en su factura de energía eléctrica.

Este documento está organizado de la siguiente forma: En la sección 1 se encuentra una introducción al proyecto, junto con los antecedentes y los objetivos. En la sección 2 se describen los trabajos relacionados con el tema de investigación.

#### TRABAJO RELACIONADO

En esta sección se analizaron diversos documentos relacionados con el desarrollo de sistemas de monitoreo, control de consumo de energía, entre otros. Los cuales abordan la problemática del uso eficiente de la energía eléctrica y su impacto en el medio ambiente. En estos trabajos se proponen soluciones mediante el uso de tecnologías como el internet de las cosas (IoT), la computación en la nube y la medición de corriente.

Con respecto a los trabajos relacionados, se encontraron estudios relevantes que se enfocan en el uso óptimo del consumo energético en hogares e implementación de estrategias para ahorrar energía en los hogares inteligentes.

Uno de los principales enfoques para lograr un uso óptimo del consumo energético en hogares es el uso del Internet de las cosas (IoT). Con la ayuda de sensores y dispositivos conectados a Internet, el IoT nos permite una monitorización del consumo de energía en tiempo real. Por lo tanto, los autores Andrade S et al. [12], Martins J et al. [10], Muliadi M et al. [13] y Caldera M et al. [14] presentan soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia energética haciendo uso de sensores y dispositivos inteligentes para monitorizar

y controlar el consumo de energía en el hogar. Los cuatro estudios tienen en común la mejora de la eficiencia energética y la reducción de los costos de energía para el usuario.

En cuanto a las diferencias, el primer estudio se centra en una arquitectura de hogar inteligente para optimizar el consumo de energía en hogares con múltiples usuarios. Esto se logra mediante la instalación de sensores ACS712 en diferentes partes de la casa para medir la corriente eléctrica, con un microcontrolador ESP8266 para monitorizar la actividad de los usuarios y ajustar la temperatura, la iluminación y otros dispositivos de consumo de energía. En el segundo estudio, usaron sensores de corriente SCT-013-000 (no invasivos) y ACS712 20A (invasivos) para monitorizar y controlar el consumo de energía en la red eléctrica, junto con un controlador Arduino R3 Uno.

En el tercer estudio, se desarrolló un sistema de monitoreo de consumo de energía en el hogar que utiliza tecnología IoT e integra una conexión a internet para recopilar y analizar datos sobre el consumo de energía. Este sistema utilizó un sensor de medición de energía eléctrica PZEM-004T y el ESP8266 NodeMCU, lo que permitió la comunicación inalámbrica a través de Wi-Fi con la aplicación web. El estudio cuatro se presenta una técnica para detectar los patrones de consumo de energía de los electrodomésticos en el hogar, esto con el objetivo de utilizar la información en plataformas de hogares inteligentes. La técnica propuesta se enfoca en el monitoreo del consumo conjunto de los dispositivos y no en el monitoreo individual de cada uno de ellos, utilizando sensores Aeotec/ZW095-C, Aeotec/Door window sensor y Aeotec/ Multisensory 6.

Por otro lado, la simulación de consumo energético es una técnica que nos permite modelar y analizar el comportamiento del consumo de energía en diferentes situaciones y condiciones. Por lo tanto, en los estudios de Et-Tolba E et al. [15] y Xia T et al. [16] se utiliza la simulación para desarrollar perfiles de consumo energético y estrategias de gestión eficiente en situaciones del mundo real. El primer estudio está enfocado en un hogar inteligente y la simulación de electrodomésticos para desarrollar perfiles de consumo energético. Se utiliza un modelo de simulación basado en el análisis estadístico de los datos recopilados de los electrodomésticos inteligentes, lo que permitió predecir el consumo de energía. En el segundo estudio, el autor se enfoca en el modelado y evaluación de estrategias de gestión de energía eficientes. En el cual se destacan las herramientas y técnicas que se pueden utilizar para lograrlo, presentando varios casos de estudio para ilustrar la aplicación de estas técnicas.

En las investigaciones de Errapotu S et al. [17] y Kim M et al. [18] se presentan propuestas innovadoras para mejorar la eficiencia energética y el consumo de energía en el hogar. Destacando la necesidad de una mayor conciencia y planificación en el uso de los dispositivos electrónicos. Ambas investigaciones están dirigidos a la creación de sistemas inteligentes que integran tecnologías para mejorar la eficiencia energética, considerando el uso de sensores para recopilar información y algoritmos para analizar los datos recopilados, y así tomar decisiones inteligentes sobre la energía utilizada en el hogar.

Por último, el estudio realizado por los autores Jensen R et al [19] se basa en la recopilación de 10 hogares inteligentes, esto con el fin de comprender cómo las personas interactúan con las tecnologías de estos hogares y cómo afecta esto el consumo de energía. Este estudio mostró que las tecnologías del hogar inteligente pueden influir en el consumo de energía de los hogares, pero que el impacto varía según el tipo de tecnología implementada y la forma en que se implementa. Además, el estudio demostró que la experiencia del usuario y la comodidad del hogar son factores importantes que deben considerarse en el diseño y desarrollo de tecnologías para los hogares inteligente.

En conclusión, diversos estudios han demostrado el éxito del uso de tecnología para monitorizar el consumo de energía en hogares inteligentes, tanto para usuarios individuales como para múltiples usuarios. Esta herramienta resulta valiosa, ya que fomenta un consumo consciente de energía y reduce los costos. En el caso de usuarios multiusuarios, permite a diferentes personas monitorizar su consumo de energía en tiempo real y tomar medidas para reducir el consumo innecesario de manera colaborativa. En el caso de usuarios individuales, la tecnología les permite tener un mayor control y conocimiento sobre su consumo de energía, lo que puede resultar en un uso más eficiente y responsable de los recursos. En ambos casos, el uso de tecnología en hogares inteligentes se presenta como una solución eficiente para mejorar la gestión energética en el hogar.

En la tabla I se muestra los resultados de los obtenido mediante el uso la herramienta FRAMendeley, sobre los trabajos relacionados.

TABLA I TRABAJOS RELACIONADOS

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Paper** | **Citation key** | **Technology** | **Methodology** | **Outcome** | **Year** |
| This work |  | Sensor SCT-013, ESP32,analog converter,protoboard. | TDDT4IoTS | Mobile app, device | 2023 |
| IoT system | Martins2019IoTSystem | PN532, SCT-013-000, ACS712 20A , ESP8266 , SRD-05VDC-SL-C, DHT11 | Systematic Mapping Studies (SMS) | Mobile app | 2019 |
| Energy-Consumption Platform | Caldera2023Energy-ConsumptionPlatform | Aeotec Door window sensor, Multisensory 6, switch 7, ZW095-C | energy consumption patterns | Web and Mobile app, decive | 2023 |
| A Smart Home Energy Consumption Internet Connection | Muliadi2020AConnection | ESP8266, ACS712, PZEM-004T | No tiene methodology | web app, device | 2020 |
| A Smart Home Architecture for Multiple Users | Andrade2021AUsers | LoRaWAN, ATmega328, ESP8266 | design methodology and implementation of a monitoring system | device, Mobile app, web app | 2021 |

#### Referencias

[1] R. A. Almasri and M. S. Alshitawi, “Electricity consumption indicators and energy efficiency in residential buildings in GCC countries: Extensive review,” *Energy Build*, vol. 255, p. 111664, 2022, doi: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111664.

[2] F. Condon, J. M. Martínez, A. M. Eltamaly, Y.-C. Kim, and M. A. Ahmed, “Design and Implementation of a Cloud-IoT-Based Home Energy Management System,” *Sensors*, vol. 23, no. 1, 2023, doi: 10.3390/s23010176.

[3] M. T. Shafique, H. Kamran, H. Arshad, and H. A. Khattak, “Home Energy Monitoring System using Wireless Sensor Network,” Apr. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICET.2018.8603654.

[4] G. Guerrero-Ulloa, M. J. Hornos, and C. Rodríguez-Domínguez, “TDDM4IoTS: A Test-Driven Development Methodology for Internet of Things (IoT)-Based Systems,” *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1193 CCIS, pp. 41–55, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-42517-3\_4/COVER.

[5] V. Smil, *Energía y sociedad: Una historia*. Madrid: Alianza Editorial, 2017.

[6] “Se revisarán los 630 mil medidores de Guayaquil ante quejas por facturas elevadas | Comunidad | Guayaquil | El Universo.” https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/se-revisaran-todos-los-medidores-de-guayaquil-ante-quejas-por-facturas-elevadas-nota/ (accessed Apr. 03, 2023).

[7] E. H. Et-Tolba, M. Ouassaid, and M. Maaroufi, “Smart home appliances modeling and simulation for energy consumption profile development: Application to Moroccan real environment case study,” in *2016 International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 2016, pp. 1050–1055. doi: 10.1109/IRSEC.2016.7983908.

[8] T. Xia *et al.*, “Efficient Energy Use in Manufacturing Systems&mdash;Modeling, Assessment, and Management Strategy,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 3, 2023, doi: 10.3390/en16031095.

[9] M. J. Kim, J. H. Lee, X. Wang, and J. T. Kim, “Health Smart Home Services incorporating a MAR-based Energy Consumption Awareness System,” *J Intell Robot Syst*, vol. 79, no. 3, pp. 523–535, 2015, doi: 10.1007/s10846-014-0114-x.

[10] J. Martins, J. Ferreira, V. Monteiro, J. Afonso, and J. L. Afonso, “IoT and Blockchain Paradigms for EV Charging System,” *Energies (Basel)*, vol. 12, p. 2987, Apr. 2019, doi: 10.3390/en12152987.

[11] X. Yunlong and L. Xie, “Smart Homes Energy Management System for Efficient Energy Utilization,” *Frontiers (Boulder)*, vol. 9, p. 10, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990357.

[12] S. H. M. S. Andrade, G. O. Contente, L. B. Rodrigues, L. X. Lima, N. L. Vijaykumar, and C. R. L. Frances, “A Smart Home Architecture for Smart Energy Consumption in a Residence with Multiple Users,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 16807–16824, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3051937.

[13] Muliadi, M. Y. Fahrezi, I. S. Areni, E. Palantei, and A. Achmad, “A Smart Home Energy Consumption Monitoring System Integrated with Internet Connection,” in *2020 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite, Comnetsat 2020 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020, pp. 75–80. doi: 10.1109/Comnetsat50391.2020.9328960.

[14] M. Caldera, A. Hussain, S. Romano, and V. Re, “Energy-Consumption Pattern-Detecting Technique for Household Appliances for Smart Home Platform,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 2, Jan. 2023, doi: 10.3390/en16020824.

[15] E. H. Et-Tolba, M. Ouassaid, and M. Maaroufi, “Smart home appliances modeling and simulation for energy consumption profile development: Application to Moroccan real environment case study,” *Proceedings of 2016 International Renewable and Sustainable Energy Conference, IRSEC 2016*, pp. 1050–1055, Jul. 2017, doi: 10.1109/IRSEC.2016.7983908.

[16] T. Xia *et al.*, “Efficient Energy Use in Manufacturing Systems—Modeling, Assessment, and Management Strategy,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.3390/en16031095.

[17] S. M. Errapotu, J. Wang, Y. Gong, J. H. Cho, M. Pan, and Z. Han, “SAFE: Secure Appliance Scheduling for Flexible and Efficient Energy Consumption for Smart Home IoT,” *IEEE Internet Things J*, vol. 5, no. 6, pp. 4380–4391, Dec. 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2866998.

[18] M. J. Kim, J. H. Lee, X. Wang, and J. T. Kim, “Health Smart Home Services incorporating a MAR-based Energy Consumption Awareness System,” *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, vol. 79, no. 3–4, pp. 523–535, Aug. 2015, doi: 10.1007/s10846-014-0114-x.

[19] R. H. Jensen, Y. Strengers, J. Kjeldskov, L. Nicholls, and M. B. Skov, “Designing the desirable smart home: A study of household experiences and energy consumption impacts,” in *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, Association for Computing Machinery, Apr. 2018. doi: 10.1145/3173574.3173578.

Aplicaciones Distribuidas |