

Prototipo funcional para el monitoreo del flujo de energía eléctrica en establecimientos comerciales

Functional prototype for monitoring electrical energy flow in commercial establishments

Ruiz Pinilla, Dany¹, Castillo Mateus, Oscar¹, Méndez Rojas, Diego¹
Cortés Rojas, Héctor² y Caicedo Rojas, Edison³
Fundación Universitaria de San Gil, UNISANGIL
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Ingeniería de Sistemas
Chiquinquirá, Colombia

danyruiz120@unisangil.edu.co
oscarcastillo120@unisangil.edu.co
diegomendez120@unisangil.edu.co
hcortes@unisangil.edu.co
ercaicedo@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: noviembre 14 de 2024
Fecha de aceptación: diciembre 19 de 2024

Resumen — Se presenta el desarrollo de un prototipo funcional para el monitoreo del flujo de energía eléctrica, tomando como estudio de caso a los supermercados del barrio La Pola de Chiquinquirá, Boyacá, con el fin de mejorar la eficiencia energética y reducir los costos de consumo eléctrico. Se utilizó la metodología de marco lógico en su planificación, así mismo, se identificaron y definieron las actividades necesarias para el desarrollo eficiente del proyecto. Este proceso incluyó la búsqueda de antecedentes a través de Publish or Perish y una encuesta a los residentes de La Pola para evaluar el perfil de consumo y la aceptación del dispositivo de monitoreo. Para el diseño y construcción del prototipo, se utilizaron Dart y Flutter para el desarrollo de la aplicación móvil, junto con Arduino y un sensor no invasivo SCT-013-030 para la recolección de datos de corriente. La comunicación entre la aplicación y el Arduino se realizó mediante el protocolo IP (Internet Protocol). La metodología de árbol se empleó en el análisis y desarrollo del proyecto, permitiendo una identificación estructurada y detallada de los requisitos y componentes necesarios. Este enfoque metodológico facilitó la creación de una solución integral que proporciona información en tiempo real sobre el consumo de energía eléctrica. La aplicación móvil resultante ofrece datos precisos y actualizados, contribuyendo a una mejor gestión y eficiencia del consumo energético en los establecimientos comerciales.

Palabras clave— Arduino, medición de flujo eléctrico, flutter, monitoreo y control, sensores.

Abstract – The development of a functional prototype for monitoring electrical energy flow is presented, using the supermarkets in the La Pola neighborhood of Chiquinquirá, Boyacá, as a case study, with the aim of improving energy efficiency and reducing electricity consumption costs. The logical framework methodology was used in the planning phase, and necessary activities for the efficient development of the project were identified and defined. This process included a background search through Publish or Perish and a survey of La Pola residents to assess consumption profiles and acceptance of the monitoring device. For the design and construction of the prototype, Dart and Flutter were used for the development of the mobile application, along with Arduino and a non-invasive SCT-013-030 sensor for current data collection. Communication between the application and Arduino was established using the IP protocol (Internet Protocol). The tree methodology was employed in the analysis and development of the project, allowing a structured and detailed identification of the requirements and necessary components. This methodological approach facilitated the creation of an integrated solution that provides real-time information on electricity consumption. The resulting mobile application delivers accurate and up-to-date data, contributing to better management and energy efficiency in commercial establishments.

Keywords - Arduino, measurement of electrical flow, flutter, monitoring and control, sensors.

¹ Estudiante de Ingeniería de Sistemas, UNISANGIL.

² Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones; Docente – Investigador grupo IUTIC UNISANGIL.

³ Ingeniero de Sistemas; Director programa Ingeniería de Sistemas sede Chiquinquirá; Investigador grupo IUTIC, UNISANGIL.

I. INTRODUCCIÓN

El control y la gestión de la energía eléctrica han sido temas de interés creciente desde los descubrimientos de pioneros como Michael Faraday y las innovaciones de Thomas Edison y Nikola Tesla. A medida que se avanza en el entendimiento de este fenómeno físico, también han surgido nuevas tecnologías y enfoques para optimizar su uso. En la actualidad, la eficiencia energética se ha convertido en una prioridad a nivel global. La creciente demanda de energía, junto con la preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir costos operativos, impulsa el desarrollo y la adopción de prácticas y tecnologías orientadas a mejorar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica [1].

Para enfrentar este desafío, es fundamental desarrollar estrategias efectivas que promuevan la adopción de tecnologías de eficiencia energética. Un enfoque viable es implementar un sistema de monitoreo de energía eléctrica mediante un dispositivo IoT integrado en los tomacorrientes del establecimiento. Este dispositivo recopila datos de consumo eléctrico y los presenta al usuario final, a través de una interfaz interactiva, lo que facilita la identificación de oportunidades para reducir el gasto energético en términos de kW-h y el uso de recursos no renovables [2]. Además, la generación de un historial de consumo eléctrico permite analizar el funcionamiento de los electrodomésticos y optimizar su eficiencia energética. De acuerdo con un estudio reciente de Fang y He (2023), el uso de tecnologías avanzadas de predicción de consumo energético puede mejorar significativamente la precisión y la eficiencia en la previsión del consumo eléctrico, permitiendo una mejor gestión y reducción del consumo de energía en los hogares [3].

La metodología empleada sigue el enfoque del marco lógico, comenzando con la identificación del problema y la formulación de objetivos claros. Se diseñó y construyó un prototipo de dispositivo utilizando Arduino con módulo Wi-Fi para la captura de datos. La aplicación móvil fue desarrollada con Dart y Flutter para proporcionar una interfaz de usuario interactiva y accesible. Los datos de consumo eléctrico se almacenan en Firebase Firestore Cloud, permitiendo un acceso y análisis eficientes.

Durante el proceso de aprendizaje en el Semillero de Investigación (SICOM), se decidió adoptar como metodología una búsqueda exhaustiva de antecedentes, con el fin de construir una base sólida para este proyecto. Este enfoque permitió explorar una amplia gama de proyectos y conceptos relevantes en el campo, los cuales fueron esenciales para orientar y fundamentar el desarrollo de esta investigación.

A. Búsqueda de antecedentes

En 2018, en la Universidad Autónoma de Querétaro, el proyecto “Arquitectura de software SIEM para el monitoreo en línea de consumo de energía eléctrica” fue desarrollado por la M.S.I. Sandra Patricia Arreguin Rico y el investigador Martín Santiago Francisco [4]. Este trabajo introdujo un algoritmo inteligente basado en *Software Inteligente en la Energía y la Gestión de Energía* para medir y gestionar el consumo eléctrico de hogares a través de un sistema en línea. En la Figura 1 se visualizan los antecedentes relacionados con la arquitectura de este software.

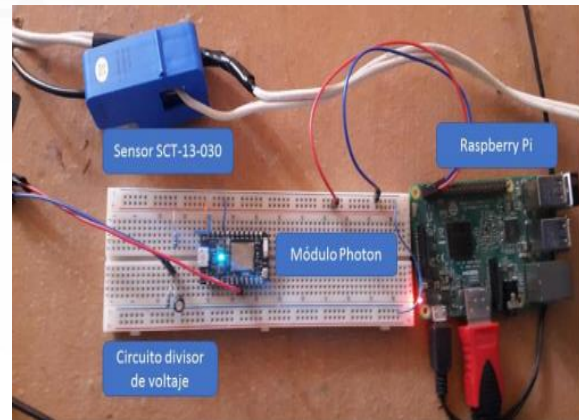


Fig 1. Antecedentes de la arquitectura de software SIEM del proyecto explicado.

En 2020, en la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, el estudiante Pablo Martín Cargua Ramos se tituló con el proyecto *Caracterización de energía eléctrica de clientes residenciales por medio de IoT* [5]. Este proyecto se centró en el uso de dispositivos IoT para monitorear y analizar el consumo de energía en los hogares. En la Figura 2 se muestra el prototipo desarrollado para este fin.



Fig 2. Elementos utilizados en el antecedente del proyecto, estos sirvieron de apoyo para el desarrollo del prototipo.

En 2022, en la Universidad de Chile, Felipe Sandoval presentó el proyecto "Desarrollo de dispositivo de medición energética residencial para su uso en proyección de demanda" [6]. Este proyecto tiene como objetivo crear un dispositivo de medición que permita caracterizar el comportamiento energético, adaptando un modelo desarrollado en el Reino Unido, el cual no es directamente aplicable en el contexto chileno. El dispositivo, basado en la plataforma Arduino, utiliza sensores de corriente y voltaje para obtener datos sobre consumo energético, como corriente, voltaje, potencia aparente y activa (Figura 3).

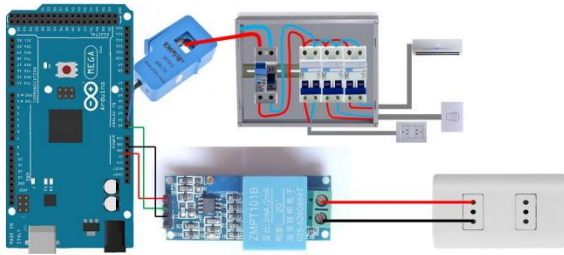


Fig 3. Diseño del modelo del proyecto desarrollo de dispositivo de medición energética residencial para su uso en proyección de demanda.

En el año 2023 se publicó en la revista SENNOVA (*Revista del sistema de ciencia, tecnología e innovación*), un proyecto que describe el diseño y construcción de un dispositivo de bajo costo para la medición en tiempo real del consumo energético en instalaciones industriales. El caso de estudio corresponde a la empresa Transportes P & M S.A.S. en Bogotá, Colombia. El dispositivo utiliza sensores distribuidos en los cuartos de refrigeración y en los tableros eléctricos que los controlan. Los datos recolectados por los sensores son centralizados mediante microcontroladores ESP32, procesados por una computadora de placa única (Raspberry Pi) y luego enviados a un servidor web [7].

B. Herramientas utilizadas

El desarrollo del proyecto se apoyó en diversas herramientas tecnológicas clave para la investigación y construcción del sistema. Entre ellas, *Publish or Perish* fue utilizada para extraer citas de publicaciones académicas, mientras que *VOSviewer* facilitó la creación de redes bibliométricas para visualizar las conexiones entre los trabajos relacionados. En la Figura 4, se muestra la herramienta *Publish or Perish* en uso durante la búsqueda de artículos relevantes.

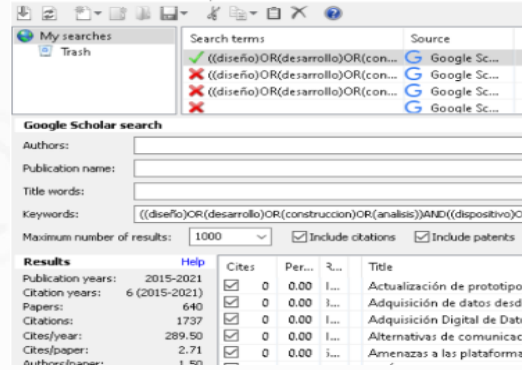


Fig 4. Publish or Perish, esta tabla muestra que se realizó una búsqueda para los antecedentes.

En el ámbito de la electrónica, se utilizó la plataforma *Arduino* como base para el desarrollo de hardware, permitiendo la integración de diversos sensores y componentes. Además, para el diseño 3D del prototipo, se empleó *Blender*, lo que facilitó la creación de un modelo visual detallado de la caja que alojaría los componentes del dispositivo. La Figura 5 muestra el proceso de diseño y modelado de la caja en *Blender*.

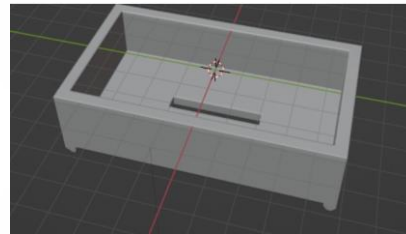


Fig 5. Diseño en blender de una caja para el prototipo del proyecto, con el fin de sea más agradable a la vista del usuario.

Para el desarrollo de la aplicación móvil, se utilizó *MIT App Inventor*, que permitió crear una interfaz gráfica sencilla mediante programación por bloques. La Figura 6, ilustra el proceso de diseño de los botones en la interfaz de usuario para el primer prototipo del sistema.



Fig 6. Programación en bloques de nuestro primer prototipo en App Inventor.

En el ámbito de la programación, se utilizó Dart, un lenguaje de programación de código abierto. Además, se empleó Flutter, un framework de desarrollo de aplicaciones móviles nativo y multiplataforma creado, basado en el lenguaje de programación Dart (Figura 7). Esto con el fin de establecer la versión más estable y final del proyecto [8].



Fig 7. Primer vistazo del aplicativo usando flutter y Dart. Se visualiza la pantalla inicial del aplicativo, en donde el usuario se tiene que registrar.

Finalmente, para el almacenamiento y sincronización de datos, se utilizó *Cloud Firestore*, una base de datos NoSQL que facilita la gestión de datos entre el cliente y el servidor. Este sistema es clave para el manejo eficiente de la información generada por el monitoreo en tiempo real de los dispositivos eléctricos.

II. MÉTODOS Y MATERIALES

El proyecto se realizó en el barrio La Pola del municipio de Chiquinquirá, capital religiosa de Colombia, departamento de Boyacá. Empleando la investigación aplicada. Por medio de un análisis de la problemática identificada, donde se identificaron las causas y se evaluaron los impactos negativos, por el consumo excesivo de energía eléctrica en el barrio la Pola. Con base en estos hallazgos, se propuso como solución el desarrollo de un sistema de monitoreo y control del consumo energético a través de un aplicativo móvil, orientado a promover el bienestar y eficiencia energética entre los usuarios.

Además, se empleó la metodología de marco lógico, descrita por varios autores como esquema de marco lógico, que permite estructurar y visualizar el proyecto de forma integral. Esta metodología consta de varias etapas que facilitan la planificación y comprensión del proyecto en su totalidad.

A. Primera fase el análisis de involucrados

Esta fase permite definir las variables e indicadores claves, para medir y controlar el flujo de energía eléctrica, en los supermercados del barrio La Pola. A través de esta metodología, se establecieron objetivos específicos para el proyecto, como identificar métodos de monitoreo y control de consumo energético, diseñar un prototipo funcional y construir una herramienta efectiva de medición. El enfoque en indicadores claros ayudó a estructurar el proceso de desarrollo, asegurando que cada componente (desde la recolección de datos hasta el diseño y prueba del prototipo) estuviera alineado con las metas de eficiencia y control energético del proyecto.

B. Segunda fase árboles

El árbol de problemas se desarrolló como herramienta para identificar el problema central del consumo excesivo de energía eléctrica en los supermercados del barrio La Pola, en Chiquinquirá. Este análisis permitió descomponer y comprender las causas y efectos asociados al uso ineficiente de energía. A partir de esta base, se construyó el árbol de objetivos, enfocado en la reducción del consumo de kWh.

Esta metodología facilita la identificación de medios concretos para abordar el problema, como el uso moderado de la energía eléctrica, y permite definir objetivos a largo plazo y resultados específicos. Así, contribuye al enfoque en eficiencia energética y sostenibilidad en el desarrollo del proyecto.

C. Materiales empleados

TABLA 1. TABLA DE HARDWARE SELECCIONADO

Nombre	Características
Arduino MKR 1000	Corre a 48 MHz mediante oscilador Voltaje de funcionamiento: 3.3V
Batería LiPo 164575	Voltaje nominal: 3.7V Capacidad nominal: 6000mAh
Display OLED SH1106	Diagonal: 1.3" Resolución: 128 x 64 Interface: I2C
Cables macho hembra	Número de cables: 10 Tipo: macho/macho Conectores macho de 2.54mm Longitud del cable: 30cm

D. Arquitectura empleada

El uso de patrones de diseño en el desarrollo de software es una práctica comúnmente adoptada por los programadores. Entre los diversos tipos de patrones existentes, los patrones arquitectónicos se destacan, siendo el Modelo-Vista-Controlador (MVC) uno de los más prevalentes [9]. En este caso, esta permite dividir el lado del servidor, lo que va a ver el usuario y la gestión de funciones de la base de datos por módulos para una mejor flexibilidad, escalabilidad y reutilización (Figura 8).

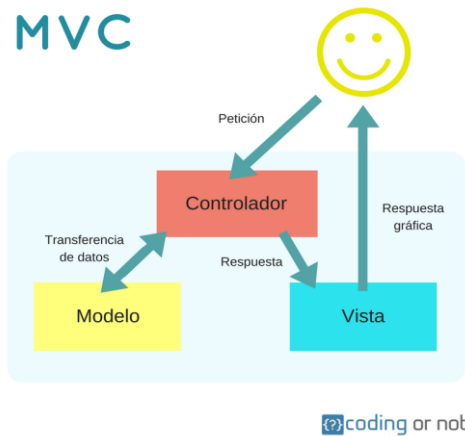


Fig 8. Patrón MVC, Patrón de diseño de la arquitectura, en donde explica cómo funciona este modelo [10].

Con la metodología mencionada se definen como fases relevantes el diseño de la interfaz de usuario mediante mockups, la creación de la primera versión del prototipo con un condicionamiento de medición en tiempo real para los sensores, la validación del diseño en TinkerCad y las pruebas de eficiencia que permitirán definir la segunda versión del prototipo, mejorando la interfaz y añadiendo gráficas del consumo energético junto con el montaje físico del circuito con la placa Arduino MKR1000 y el sensor SCT-013-030, asegurando el funcionamiento del sistema.

III. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados clave obtenidos a lo largo del proyecto, comenzando con los diseños detallados de la interfaz de usuario, la estructura de la base de datos y los diagramas de casos de uso y secuencia. También se incluyen los mockups del proyecto, los cuales ilustran de manera visual el diseño propuesto para la aplicación. Es importante resaltar que se mostrará una representación significativa de cada uno de estos elementos, con el fin de ofrecer una visión clara y concisa del desarrollo y la planificación del proyecto, reflejando los avances obtenidos en cada fase del proceso.

A. Maquetado del prototipo

Se desarrollaron varios mockups para definir la interfaz gráfica de la aplicación móvil. Estos mockups se crearon utilizando la herramienta *Pencil* para ofrecer una aproximación realista al diseño final. La Figura 9 muestra el diseño inicial de la pantalla de inicio de la aplicación.



Fig 9. Wireframe. Inicio de aplicación, esta es la pantalla principal que el usuario debe ver al ingresar al aplicativo del prototipo.

Una de las principales características del prototipo es el módulo de medición, que permite obtener lecturas en tiempo real del consumo de energía eléctrica. Este módulo presenta dos gráficos: el primero muestra las mediciones en tiempo real y el segundo, un gráfico de barras, ofrece un historial de consumo durante un período determinado.



Fig 10. Wireframe de medición.

B. Versión 1 del prototipo

En cuanto al primer prototipo, la pantalla de inicio está diseñada con una interfaz gráfica en tonos azul y gris, y un logo provisional (Figura 11). Esta pantalla incluye dos botones funcionales: *Medición por Bluetooth*, que permite al usuario medir el consumo de energía de un dispositivo conectado mediante Bluetooth; y *Manual*, que proporciona acceso a los manuales de usuario, instrucciones de uso y guías para el prototipo físico.

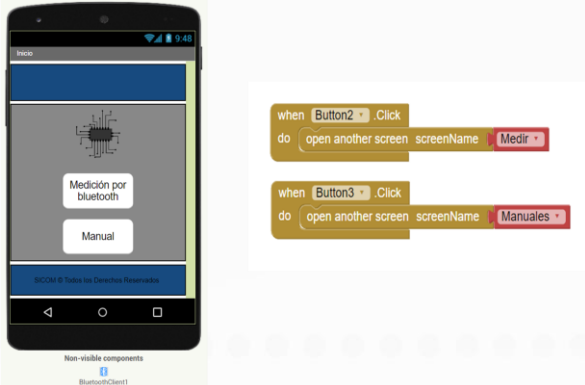


Fig 11. Primer prototipo, programación en bloques en donde se muestra la construcción de la pantalla principal. Usando MyApp Inventor.

La interfaz del aplicativo está diseñada para ser intuitiva, permitiendo a los usuarios realizar mediciones y consultar las lecturas del consumo eléctrico de sus dispositivos de manera sencilla. El aplicativo fue desarrollado con programación en bloques (Figura 12), lo que facilita su personalización y mejora la accesibilidad, permitiendo a los usuarios ajustar el sistema sin necesidad de escribir código complejo.

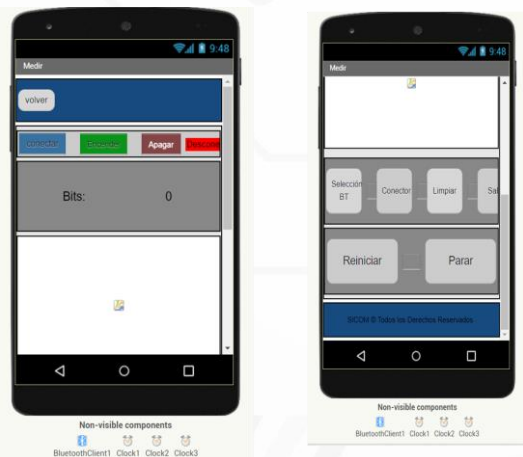


Fig 12. Primer prototipo, pantalla de medición con el mismo sistema de programación en bloques, usando MyApp Inventor

C. Diseño del dispositivo prototipo versión 1

El diseño del dispositivo se probó inicialmente de manera virtual en TinkerCad, como se muestra en la Figura 13, para validar las conexiones y el comportamiento de los componentes conectados. El circuito incluye un Arduino UNO, un sensor de proximidad para realizar pruebas iniciales y todos los componentes conectados a una protoboard. Este enfoque permitió simular el funcionamiento del sistema y verificar las conexiones electrónicas.

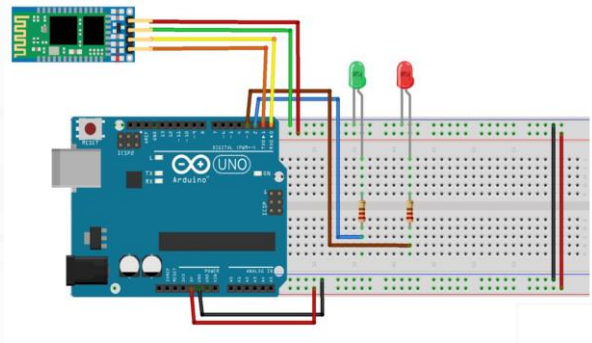


Fig 13. Diseño del dispositivo con Arduino usando TinkerCad.

El montaje físico del circuito, en la Figura 14 refleja la estructura y funcionalidad probada previamente en TinkerCad, garantizando la correcta interacción entre todos los componentes conectados a la placa Arduino. Este montaje permite verificar el funcionamiento real de las conexiones y componentes, asegurando que el sistema operará como se había planificado en el diseño digital.

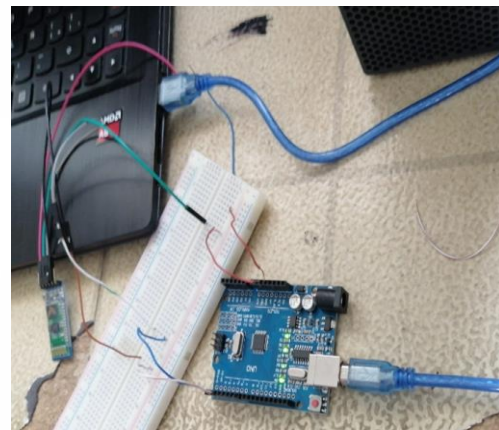


Fig 14. Circuito del dispositivo físico.

D. Prototipo versión 2

La segunda versión del prototipo fue desarrollada utilizando *Flutter* (Figura 15), con el objetivo de mejorar la eficiencia y profesionalismo del código. Flutter, como framework nativo y multiplataforma para el desarrollo de aplicaciones móviles, permitió crear una interfaz de usuario más robusta y flexible, además de optimizar la integración con los componentes del sistema. [11] Este avance mejoró la calidad del código y facilitó la implementación de características adicionales que no eran posibles con el prototipo inicial.



Fig 15. Segundo prototipo en flutter, en la imagen se muestra el registro extendido de datos de lectura de la aplicación.

Además, una de las funcionalidades clave que se implementó fue la visualización de gráficas, que permiten al usuario observar el consumo de energía de manera más visual y comprensible.

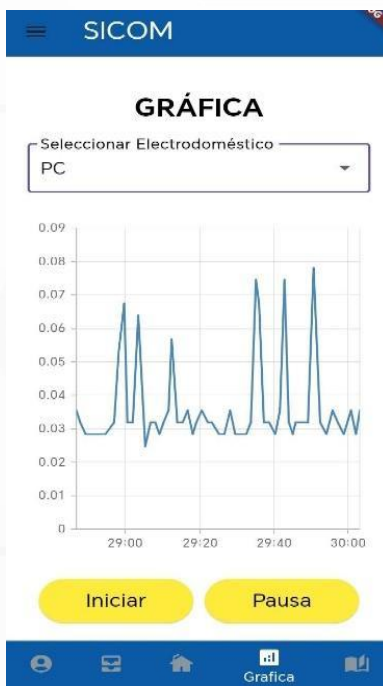


Fig 16. Segundo prototipo en flutter, en donde se muestra el diseño de la gráfica.

E. Montaje del circuito para el prototipo V2

El montaje del circuito para la segunda versión del prototipo se manejó en Tinkercad, como muestra la Figura 17, simulando su funcionamiento en un modelo de *Arduino UNO* debido a la falta de disponibilidad de un modelo específico de *Arduino MKR1000* y el sensor de energía SCT-013-030, se escogió este sensor, ya que se emplea para medir la corriente alterna sin necesidad de contacto directo con el conductor. Se puede usar para medir la corriente de edificios enteros, o para monitorear y proteger motores AC [12].

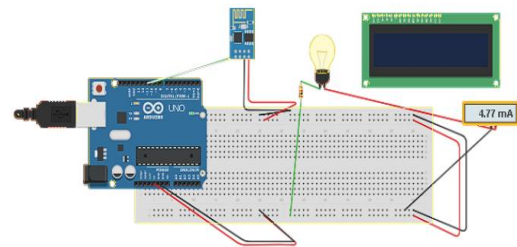


Fig 17. Simulado del circuito en Tinkercad versión 2 del prototipo.

Finalmente, en la figura 18 se muestra el montaje físico del circuito. El montaje incluyó la *Arduino MKR1000*, el sensor SCT-013-030, una protoboard para distribuir los pines y cables de VCC, GND y de entradas y salidas, lo que permitió verificar el correcto funcionamiento del sistema en su versión física.



Fig 18. Montaje del circuito en físico.

Para concluir los resultados del artículo, la Figura 19 ilustra cómo el usuario visualiza de manera gráfica los datos obtenidos del *Arduino* y el sensor. En este caso, se presenta la medición del consumo eléctrico de un computador *Lenovo*, que permanece conectado continuamente a la corriente. Durante las pruebas, el equipo es sometido a diversos procesos diseñados para evaluar su eficiencia energética.



Fig 19. Pruebas del funcionamiento del aplicativo, muestra a detalle lo que el usuario visualizará al momento de registrar mediciones de algún dispositivo o electrodoméstico.

A través de la representación gráfica, el usuario puede observar de forma clara y detallada cómo varía el consumo eléctrico del computador en función de los diferentes procesos de eficiencia aplicados, lo que facilita un análisis más preciso y permite identificar áreas en las que se podría mejorar el uso de la energía. Esta visualización proporciona una herramienta útil para optimizar el consumo eléctrico y promover un uso más sostenible de la energía.

IV. CONCLUSIONES

El desarrollo de dos versiones del prototipo resultó ser fundamental para mejorar la funcionalidad y eficiencia del sistema. En la primera versión, se identificaron varias limitaciones, especialmente relacionadas con la eficiencia en la toma de lecturas y la comunicación entre los componentes. Estos problemas evidenciaron la necesidad de realizar pruebas rigurosas desde las etapas iniciales del desarrollo. Al detectar estos inconvenientes en las primeras fases, fue posible rediseñar y optimizar el sistema, logrando una versión más estable y profesional en el segundo prototipo. Este proceso de iteración resalta la importancia de la evaluación constante y el ajuste dinámico del diseño, lo cual es clave para el éxito de proyectos técnicos.

Realizar simulaciones previas al montaje físico de los circuitos es crucial para evitar fallos en el diseño y la interacción de los componentes. En este proyecto, se

utilizó TinkerCad para simular el funcionamiento de los circuitos antes de realizar el armado físico. Este enfoque permitió verificar las conexiones electrónicas, optimizar el comportamiento de los componentes y detectar errores antes de la fabricación real del prototipo. La simulación reduce costos, tiempo y esfuerzo, y proporciona una representación visual y funcional que es clave para un diseño exitoso, sobre todo cuando se utilizan sensores como el de energía para la adquisición de datos.

Las herramientas utilizadas en el proyecto jugaron un papel crucial en el desarrollo y la optimización del prototipo. El uso de *Arduino* como plataforma de hardware permite una integración sencilla y flexible con los diferentes sensores, mientras que *Flutter* proporcionó una interfaz gráfica más robusta para la aplicación móvil. Además, la elección de sensores adecuados, como el sensor de energía SCT-013-030, fue clave para la adquisición de datos sobre el consumo eléctrico, en tiempo real. La correcta selección de herramientas y tecnologías no solo mejora la calidad del proyecto, sino que también permite que el proceso de desarrollo sea más ágil y menos propenso a errores.

REFERENCIAS

- [1] C. Salamanca, "La importancia de la sostenibilidad para las empresas, capitalistas conscientes," *capitalistas conscientes*. Accessed: Sep. 23, 2023. [Online]. Available: <https://www.capitalistaconsciente.com/post/la-importancia-de-la-sostenibilidad-para-las-empresas>
- [2] Grupo De Investigación XUE, "Balance energético potencial energético de generación en la región central. Semillero de investigación barión,," 2020. Accessed: May 13, 2024. [Online]. Available: https://regioncentralrape.gov.co/wp-content/uploads/2020/04/Balance_Energético-Región-Central.pdf
- [3] L. Fang y B. He, "A deep learning framework using multi-feature fusion recurrent neural networks for energy consumption forecasting," *Appl. Energy*, vol. 348, art. no. 121563, 2023. [Enlace]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261923009273>.
- [4] M. S. Francisco, curp, and SAFM901111HQTNRR04, "Arquitectura de software SIEM para el monitoreo en línea de consumo de energía eléctrica en un entorno residencial utilizando un algoritmo inteligente," Dec. 2018, Accessed: May 18, 2024. [Online]. Available: <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1050?mode=full>
- [5] P. M. Cargua Ramos, "Caracterización de energía eléctrica de clientes residenciales por medio de IOT," 2020, Accessed: May 18, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19376>
- [6] F. Sandoval Aquea, *Desarrollo de dispositivo de medición energética residencial para su uso en proyección de demanda*, 2022. [Enlace]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/187253>.
- [7] M. C. Bohorquez Ramirez, F. Rivero Niebla, N. Castaneda Álvarez, y L. C. Rincones Martínez, «Diseño y construcción de dispositivo de medición de consumo energético de bajo coste para instalaciones industriales: evaluación y caso de estudio para empresa transportadora de productos alimenticios en Bogotá», *Rev. SENNOVA*, vol. 8, n.º 1, pp. 55–63, dic. 2023.

- Disponible en:
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/sennova/article/view/6104>
- [8] Flutter.dev., "Flutter Bootstrap into Dart." Accessed: May 18, 2024. [Online]. Available: <https://flutter.dev/docs/resources/bootstrap-into-dart>.
- [9] F. Enríquez, S. Fierro, B. Flores, D. Imbaquingo Esparza, y J. Michelena, «Impacto del patrón modelo vista controlador (MVC) en la seguridad, interoperabilidad y usabilidad de un sistema informático durante su ciclo de vida», *easi*, vol. 2, n.º 1, pp. 11–16, jul. 2023. Accessed: Enero 18, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.53591/easi.v2i1.2043>
- [10] Miriam García, "MVC (Modelo-Vista-Controlador): ¿qué es y para qué sirve?," *CODING OR NOT*, 2018, Accessed: May 18, 2024. [Online]. Available: <https://codingornot.com/mvc-modelo-vista-controlador-que-es-y-para-que-sirve>
- [11] J. J. Barbosa León, "Desarrollo de un aplicativo móvil, para la gestión de incidencias en el sistema de alumbrado público para la empresa Tecnogestiones SAS," 2023. [Enlace]. <https://repositorioinstitucional.ufps.edu.co/handle/20.500.14167/3333>.
- [12] M. W. Hasan, "Measurement: Energy," *Measurement*, vol. 5, no. 10003, p. 3, 2025. Accessed: Enero 18, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/387753634_Design_of_an_IoT_model_for_forecasting_energy_consumption_of_residential_buildings_based_on_improved_long_short-term_memory_LSTM