

Plataforma de Apoyo para Prácticas de Laboratorio de Química Basada en IOT

Jeimy Vélez-Ramos, Luis Tovar-Garrido, and Francisco Scholborgh

Resumen—El objetivo de la investigación fue la construcción de una plataforma de apoyo para prácticas de laboratorio de química basada en Internet de las Cosas (IoT). La plataforma proporciona una alternativa económica para la realización de las prácticas de laboratorio de química. La investigación fue de tipo mixto, donde se aplicaron encuestas a docentes, estudiantes y administrativos de la Universidad de Cartagena, y para el desarrollo de la aplicación se utilizó un modelo en V. Las principales etapas del modelo incluyeron la realización del Benchmarking para determinar los componentes a utilizar, la construcción del hardware de adquisición de datos, el desarrollo del software de adquisición de datos de laboratorio y la aplicación de las pruebas integración de componentes, de confiabilidad y de aceptación tecnológica. Como resultado se creó una aplicación web y se instalaron sensores de TDS y temperatura conectados por wifi, además se realizó una prueba de aceptación tecnológica en el programa de Química. La prueba de aceptación se basó en el modelo de aceptación tecnológica de Davis (1989), que considera la facilidad de uso y utilidad percibida por el usuario, cuyo resultado fue un alto grado de aceptación. Además, la plataforma construida posee compatibilidad con múltiples sensores, incluidos aquellos ajenos a la química, permitiendo su uso en laboratorios de otras disciplinas.

Palabras claves: aplicación web, arduino, dispositivos de medición, internet de las cosas, laboratorio de química.

I. INTRODUCCIÓN

En la última década, la tecnología se ha convertido en una herramienta fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje, mejorando su eficiencia en el desarrollo académico. [1]. El desarrollo informático ha tomado gran impulso pues va de la mano con las necesidades y demandas que la sociedad manifieste, esto lleva a que se generen actualizaciones y avances continuamente respecto a los diferentes ámbitos en donde tiene cabida, tanto en: lo social, económico, académico e incluso en el campo cultural [2]. Una de las innovaciones con mayor impacto es el Internet de las Cosas (IoT) [3], transformando la educación en sus diferentes procesos y campos, entre ellos la química. La implementación de nuevas estrategias pedagógicas para la enseñanza de la ingeniería es el resultado de la discusión entre los roles profesor estudiante y la necesidad de incorporar métodos de aprendizaje activos en los procesos de formación [4]. Con la integración de dispositivos conectados y datos en tiempo real en los procesos de enseñanza y aprendizaje de química en las instituciones de educación, se abren nuevas oportunidades para el aprendizaje práctico, la colaboración y la comprensión de los conceptos y prácticas de esta área

[5].

Muestra de la implementación de IoT en las actividades académicas es la evidenciada en [6] en el cual se desarrolló un dispositivo IoT contentivo de una guía visual que facilita su construcción y montaje por parte de docentes y estudiantes, aún sin conocimientos previos sobre el uso de tecnologías IoT, con el fin de facilitar la realización de las tareas de aprendizaje y mejorar su rendimiento. Asimismo, en el área de la química, [7] construyeron, basados en iot, una aplicación digital para las clases de química, utilizada como herramienta de aprendizaje didáctica donde los estudiantes tuviesen mayor adquisición del conocimiento impartido. Por otra parte, [8] desarrollaron mediante IoT un sistema de monitoreo con microcontroladores de bajo costo, el cual mide los cambios en la turbidez y el procesamiento de señales de una resistencia dependiente de la luz, que se almacenan localmente en el microcontrolador y se transmiten por conexión WiFi a un servidor en la nube.

La implementación de IoT en el proceso pedagógico facilita a los estudiantes un acercamiento a un entorno real y a los docentes el seguimiento y control de las actividades académicas. En este sentido, la inclusión de estos dispositivos en los laboratorios de química para realizar experimentos genera oportunidades de aprendizaje y enseñanza didácticas, que serían difíciles de brindar sin su implementación [9]. Las prácticas de laboratorio son fundamentales para lograr la construcción del conocimiento científico práctico por parte de los estudiantes, puesto que resultan ser beneficiosas al incrementar el interés en el aprendizaje de nuevas conceptualizaciones y aplicar la enseñanza de los conceptos teóricos [10]. Sin embargo, las tutorías que se imparten en los laboratorios y a nivel teórico se realizan bajo una estructura de marco normalizado, lo cual en ocasiones priva al estudiante y docente a aplicar mecanismos de enseñanza creativa [11].

Pese al desarrollo de la tecnología en el campo de la educación y, al auge de casos de incorporación de IoT para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje, en áreas como la química, los estudiantes del programa de Química de la Universidad de Cartagena manifestaban dificultades asociadas al desarrollo de las prácticas de laboratorio en algunos de los cursos desarrollados. Entre los problemas de mayor relevancia se destacan: la escasez de dispositivos de medición debido a sus altos costos; ocasionando demoras y dificultades para el desarrollo de las prácticas de laboratorio y, en consecuencia, generando la prolongación de las sesiones de práctica. Asimismo, eran frecuentes los errores de digitación durante la elaboración de los preinformes de laboratorio, lo que afectaba la exactitud y confiabilidad de los datos obtenidos durante el desarrollo de la práctica.

Por todo lo descrito anteriormente, se llevó a cabo la construcción de una plataforma de apoyo para prácticas de laboratorio de química basada en Internet de las Cosas (IoT); La plataforma construida está conformada por tres componentes: un

hardware de adquisición de datos, un software de adquisición de datos y un Sistema de Gestión de Aprendizaje (LMS). El primer componente es un hardware de adquisición de datos tales como sensores, Computador de Placa única (SBC), entre otros, para recopilar los datos obtenidos en las prácticas de laboratorio sustituyendo los dispositivos de medición comerciales; el segundo componente es un software de adquisición de datos para visualizar los datos recopilados mediante el hardware de adquisición de datos; y el tercer componente es un LMS para la entrega de preinformes de laboratorio.

II. METODOLOGÍA

A. Tipo de investigación y enfoque

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo mediante un tipo de investigación aplicada con un enfoque mixto, que permite analizar, evaluar, y reflejar el impacto que genera la implementación de laboratorios de química.

B. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se escogió como técnica de recolección de información las encuestas con opciones de escala Likert, con la aplicación de cuestionarios como instrumentos de recolección, con el fin de identificar la percepción de los estudiantes, docentes y personal administrativo del programa de ingeniería Química de la Universidad de Cartagena, respecto a las problemáticas presentadas en los laboratorios de química.

C. Población y muestra

La población de estudio fueron 24 estudiantes, 9 docentes, y 6 administrativos, pertenecientes al programa de ingeniería química de la Universidad de Cartagena. Aunque la metodología es robusta y permitió hacer un aporte al escenario descrito, the small sample size of survey respondents (24 students, 9 teachers, and 6 administrative staff) might limit the generalizability of the findings. Por lo anterior, se espera seguir el desarrollo de la tecnología para generar nuevas versiones que mejoren los aspectos funcionales y permitan realizar pruebas con otros grupos de muestra. De esta forma poder generalizar los hallazgos.

D. Análisis de datos

Se realizó un proceso de triangulación de datos de tipo personal, en el cual se utilizaron diferentes sujetos como fuentes de información para posteriormente contrastar la información recolectada [12]. Para realizar esta triangulación se agruparon las respuestas de los encuestados en tres posturas: positiva (agrupa las respuestas “Totalmente de acuerdo” y “De acuerdo”), neutral (agrupa la respuesta “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”) y negativa (agrupa las respuestas “Totalmente en desacuerdo” y “En desacuerdo”).

E. Modelo implementado en la investigación

La metodología aplicada para el desarrollo del proyecto se basó en la propuesta del Modelo en V [13] el cual se basa en una secuencia de pasos empleados para el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto [14].

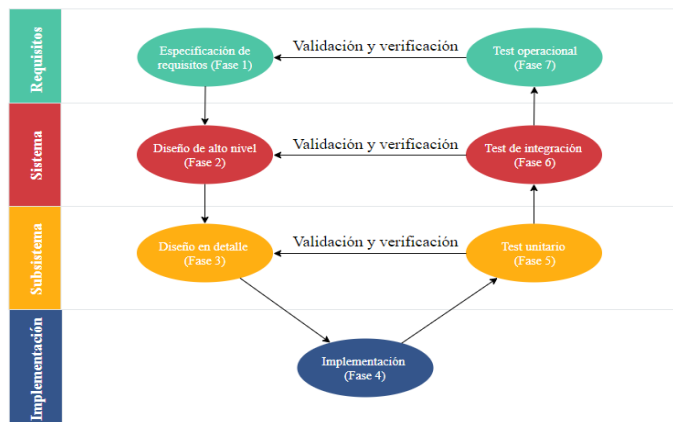


Fig. 1. Adaptación del Modelo en V ilustrado mediante VP Online Fuente: [14]

En el desarrollo de la metodología se llevaron a cabo las siguientes fases: análisis, diseño, implementación, y testing.

1. Fase de análisis

Se realizaron consultas a estudiantes, docentes y personal del área de laboratorios de química, sobre el estado actual de los dispositivos para las prácticas de las clases. De la misma manera, se consultaron los requisitos que debe cumplir el sistema para abarcar las necesidades actuales del laboratorio. Lo anterior se utilizó para definir la ficha técnica de las SBC candidatas para las prácticas, para evaluar aspectos afines al desarrollo del hardware de adquisición de datos y seleccionar aquella que mejor se adapte al contexto.

2. Fase de diseño

En esta fase se realizó una investigación sobre el funcionamiento y conexiones de los sensores establecidos para las prácticas de laboratorio. Con base en la información recopilada, se elaboró el diagrama esquemático del hardware de adquisición de datos. Finalmente, se seleccionaron las librerías para la codificación de la SBC. Las funciones requeridas de estas librerías fueron: conversión de datos análogos en digital; transformación de los datos obtenidos mediante los sensores a un formato de tipo JSON; y comunicación de la SBC con el servidor del software ADASLAB (Arduino Data Acquisition System Laboratory). Además, se estableció una conceptualización del sistema a través del modelo de dominio, estableciendo los requisitos del software, y tomando como referencia el modelo de vistas de arquitectura 4+1 para el diseño de la arquitectura del software ADASLAB.

3. Fases de desarrollo

En esta fase se desarrolló la plataforma mediante la implementación de la tecnología Python con el framework web Django, debido a su código abierto, velocidad en el desarrollo de la aplicación web, seguridad, escalabilidad y versatilidad [15]. Finalmente, se desarrolló el software como una PWA (Aplicación Web Progresiva) con el fin de favorecer la accesibilidad de ADASLAB. Se diseñó una práctica de laboratorio ficticia cuya finalidad era evaluar el correcto funcionamiento del proyecto.

4. Fase de pruebas

En esta fase, se realizaron pruebas funcionales a la plataforma, evaluando el funcionamiento del software ADASLAB, en cuanto a eficiencia, confiabilidad y de aceptación tecnológica, con el fin de verificar la fiabilidad de los datos obtenidos por el prototipo de laboratorio, estos datos fueron verificados con un dispositivo de medición comercial, el encuentro, al finalizar las pruebas de funcionamiento también fueron realizadas unas encuestas a los participantes con el fin de poder analizar sus percepciones ante la plataforma basada en IoT, y con ello realizar las mejoras necesarias.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Fase de análisis

La triangulación efectuada se hizo con base en las encuestas realizadas a los estudiantes, docentes y el personal administrativo y se concluye que los dispositivos de medición que poseen los laboratorios son suficientes, según el personal administrativo. Sin embargo, se observa que los docentes y estudiantes sostienen que los dispositivos son insuficientes, por ende, no cubren las actividades de laboratorio que son realizadas durante las clases en el laboratorio de Química.

Asimismo, la insuficiencia de dispositivos de medición ha generado retrasos en su uso y a su vez, es causa de retraso en la duración de las prácticas de laboratorio. Por ende, los docentes y administrativos del laboratorio de química señalaron que necesitaban dispositivos más actualizados y acorde a los estándares de tecnología para las actividades académicas de la asignatura, dispositivos de medición y captura de datos rápidos y sencillos al momento de utilizarlos, además de un sistema donde pudieran ver los datos y analizarlos con mayor detalle.

1. Determinación de los componentes a utilizar en la construcción del hardware de adquisición de datos

Se realizó un benchmark de los componentes disponibles para la construcción del hardware de adquisición de datos, donde se vio necesaria la presencia de una SBC. Algunas de las principales alternativas conocidas y utilizadas en proyectos relacionados con la electrónica e IoT eran Arduino y Raspberry.

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software para la creación de prototipos de forma fácil y rápida. No requiere de tanta experiencia en programación puesto que tiene entorno software flexible y multiplataforma [16] Por otra parte, Raspberry es una SBC con capacidad de emular una computadora común; con un tamaño reducido y menor consumo energético. Debido a su potencialidad, capacidad multimedia y gráficas, se puede utilizar en múltiples áreas como hogares, aulas, oficinas, centros de datos, fábricas, entre otras [17]. Estas cualidades, junto con su conectividad WiFi y Bluetooth (BLE) incorporada, le permiten actuar como un servidor de IoT [18].

Con base en lo anterior, se seleccionaron algunas SBC que, por su área de acción, número de pines (digitales y analógicos) y precio, pueden ser alternativas eficaces para el desarrollo del hardware de adquisición de datos. Estas son: Arduino UNO, Arduino MKR1000, Raspberry Pi Zero W y Raspberry Pi 3 Modelo b+. Para determinar cuál SBC es más adecuada se realizó un benchmarking reflejado en la Tabla 1.

Tabla 1
Benchmarking de SBC's de Arduino y Raspberry

SBC	Arduino Uno ^a	Arduino MKR1000 ^a	Raspberry Pi Zero W ^b	Raspberry Pi 3 b ⁺
Aspecto				
Rendimiento CPU / Microcontrolador	ATMega328P 16MHz	ATSAMD21G1848 MHz	Broadcom BCM2835 1GHz , single-core	Broadcom BCM2837B0 1.4GHz, Quad-core
RAM	SRAM 2 KB	SRAM 32 KB	512 MB	1 GB
Almacenamiento	32KB Flash memory 1KB EEPROM	256 KB Flash memory Sin EEPROM	Micro SD	Micro SD
Red	Requiere Shields o Módulos WiFi y/o Bluetooth	WINC1500 low power 2.4GHz IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi	802.11 b/g/n wireless LAN, Bluetooth 4.1, BLE	2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b /g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE
Pines I/O	14 digitales 6 analógicos	8 digitales 7 analógicos	40	40
Tamaño (mm)	68.6 x 53.4	61.5 x 25	65 x 30 ^c	85 x 56 x 17 ^c
Peso (gr)	25	32	9	45
Voltaje de entrada (Voltios)	7-12 (Recomendada) 6-20 (mínima y máxima)	5 (recomendada) 3.7(batería) 5(vía USB)	Cargador +5V (2.5 Amperios)	Cargador +5V (2.5 Amperios)
Fuentes de alimentación	Puerto USB, Baterías alcalinas	Puerto USB, Baterías alcalinas	Puerto USB, Baterías alcalinas	Puerto USB, Baterías alcalinas
Precio (USD)	\$23	\$38.80	\$10	\$178,500 (COP)

Fuentes: ^a[16]

^b[17]

Se observó que las placas Raspberry en términos generales son superiores a las de Arduino por un precio similar o incluso inferior. Por ende, se tendrán en cuenta otros factores como la disposición de pines y la flexibilidad para realizar la selección de la plataforma y placa.

En cuanto a la cantidad de pines, las cuatro SBC cuentan con la cantidad suficiente de pines para los sensores, 4 pines digitales y 4 análogos. Por otra parte, en la flexibilidad, la principal desventaja de Raspberry sobre Arduino es que funciona como un computador, lo que implica la necesidad de instalar un sistema operativo, por lo cual los tiempos de encendido y carga toman más tiempo, además de tener que usar adaptadores para poder trabajar con señales análogas [19]. Mientras que Arduino es casi instantánea, se conecta a corriente e inmediatamente empieza a ejecutar su sketch, además cuenta con pines que facilitan trabajar con señales análogas sin utilizar componentes externos.

Por ese motivo la SBC seleccionada para el desarrollo de prototipo de laboratorio fue la Arduino MKR1000, que cuenta con la flexibilidad que ofrece la plataforma Arduino, incluyendo capacidad de conexión WiFi-incorporada, que facilita el desarrollo del proyecto con IoT al ser una placa dedicada para proyectos en esa área y contar con el número de pines necesarios para el desarrollo del hardware de adquisición de datos.

2. Componentes del hardware de adquisición de datos

En la Tabla 2, se presentan cada uno de los elementos que componen el hardware de adquisición de datos, junto a una descripción de estos y la función que cumplen.

Tabla 2

Componentes del hardware de adquisición de datos

Componente	Descripción	Función	Rango de trabajo
Arduino MRK1000	Placa que combina la funcionalidad del Arduino Zero y Wi-Fi Shield.	Recopilar los datos obtenidos mediante los sensores, para posteriormente ser transmitidos en el software ADASLAB.	De 0V a 3,3V
Sensor Dallas DS18B20	Sensor para medir la temperatura.	Medir la temperatura en las prácticas. Valoración ácido - base: ácido fuerte - base fuerte; Valoración	De -55 ° C a 125 ° C (-67 ° F a + 257 ° F)

		ácido - base: ácido fuerte - base débil; Valoración ácido - base: base fuerte - ácido débil; y Destilación simple.	
Sensor MQ135	Sensor para medir el Dióxido de Carbono.	Obtener los datos en las prácticas de Generación de CO2 en una reacción ácido base; Medición de CO2 en proceso de fotosíntesis de las plantas; y Medición y concentración de CO2 en una habitación.	De 200 ppm a 10000 ppm
Sensor MQ4	Sensor para medir el Gas Metano.	Realizar la medición del Gas Metano en la práctica de Generación de gas metano en el laboratorio.	De 100 ppm a 10000 ppm
Keyestudio TDS Meter keyestudio v1.0	Sensor que mide el Total de Sólidos Disueltos (TDS) en agua.	Realizar medición de sólidos disueltos (TDS) en la práctica de Total de sólidos disueltos (TDS) en líquidos o soluciones.	De 0 ppm a 1000 ppm
Sensor de pH	Sensor que mide pH.	Medir el pH en las prácticas: Calibración del pHmetro y medición de pH, Valoración ácido - base: ácido fuerte - base fuerte; Valoración ácido - base:	De 0 a 14

ácido fuerte -
base débil; y
Valoración
ácido - base:
base fuerte -
ácido débil.

B. Fase de diseño

Cada uno de los componentes descritos anteriormente se integran en el diagrama esquemático. Un diagrama esquemático hace referencia al diseño que sigue un circuito, señal o ruta de transmisión de entrada a salida, de fuente a carga o en el orden de secuencia funcional (THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, 1969).

1. Diseño del software de adquisición de datos de laboratorio

Primero se realizó la conceptualización del sistema mediante un modelo de dominio, después se diseñó la arquitectura del sistema tomando como referencia el modelo de vistas de arquitectura 4+1, y finalmente se presentan las interfaces de usuario elaboradas.

2. Conceptualización del sistema

Con el fin de realizar la conceptualización del sistema se hizo uso de un modelo de dominio. En este modelo se presentan las clases conceptuales en el dominio del sistema y las relaciones entre las mismas.

El modelo de dominio consiste en diseñar una representación visual de las clases conceptuales del mundo real en un dominio determinado [20]. El modelo tomado como referencia para desarrollar el software ADASLAB se ilustra en la Figura 2.

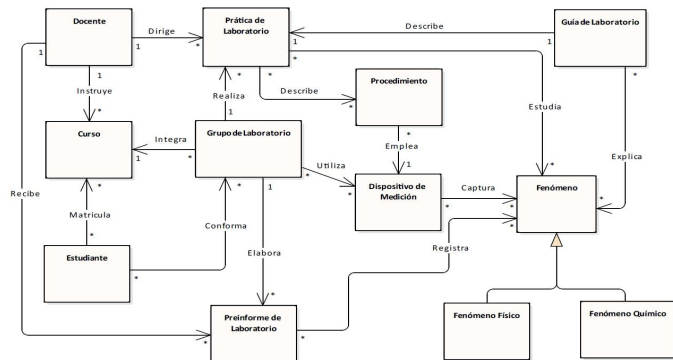


Fig. 2. Modelo de dominio

C. Fase de desarrollo

En esta fase se desarrolló el software ADASLAB, basado en los requerimientos y modelos definidos en las anteriores fases. Esta plataforma se conecta con los sensores para recolectar la información y mostrarla en tablas y gráficos para que sea sencillo su lectura por los docentes y estudiantes.

En la Figura 3 se muestra una lista de las prácticas de laboratorio con opciones que permiten su gestión y en la Figura 4, se presentan los cursos registrados en ADASLAB, donde puede se pueden visualizar y gestionar los cursos registrados, además de poder ver los estudiantes del curso y las prácticas que se realizan.

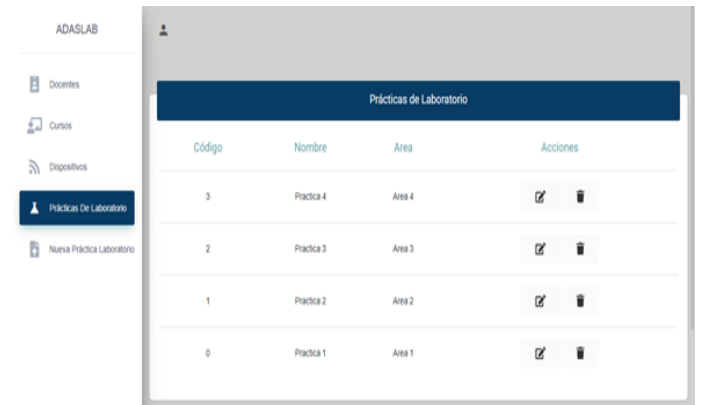


Fig. 3. Interfaz de usuario administrador: Gestionar registros de prácticas



Fig. 4. Interfaz de usuario administrador: Gestionar registros cursos

D. Fase de prueba

Durante las pruebas se evaluó la conectividad entre cada uno de los componentes que integran el hardware de adquisición de datos (sensores y SBC), lo cual resultó en una recepción correcta de los datos capturados por los sensores y que fueron enviados a la plataforma; además, se verificó que la SBC Arduino MRK1000 transmita los datos recopilados al servidor y que este envíe un acuse de recibido.

Por otra parte, se realizó el montaje físico del prototipo de laboratorio construido para realizar las mediciones haciendo uso de los sensores de TDS y temperatura como se observa en la Figura. Estas medidas posteriormente fueron recopiladas y graficadas por el software de ADASLAB, como se puede ver en la Figura 5. Una vez finalizadas las mediciones y de haber respondido las preguntas de la práctica, el software genera el preinforme de laboratorio.

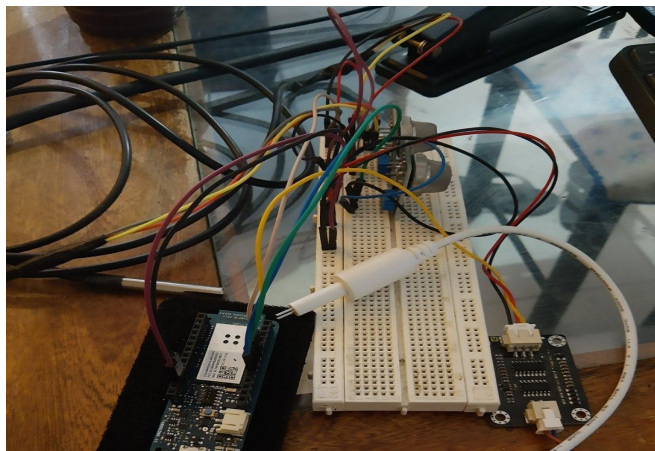


Fig. 5. Prueba de integración: Prototipo de laboratorio

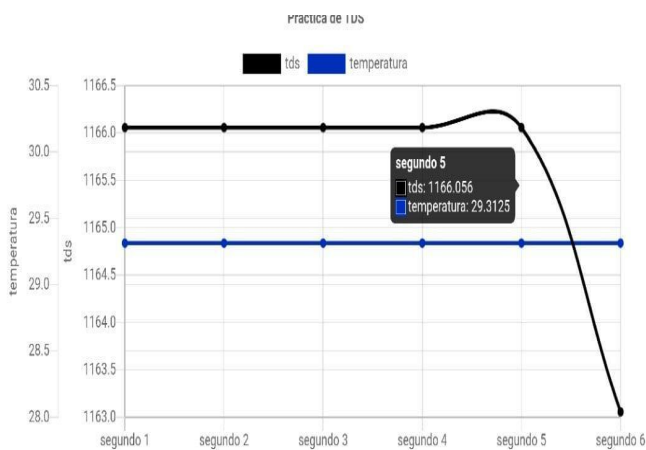


Fig. 6. Prueba de integración: Recolección de datos desde el software en vista móvil

Luego de las pruebas, se realizó una reunión donde se dio a conocer la plataforma de apoyo para prácticas de laboratorio de química a los estudiantes, docentes de esta asignatura, y se hizo énfasis en los siguientes aspectos: origen, componentes, demostración e impacto. Al finalizar el encuentro, se dio espacio para una ronda de preguntas en las que los participantes dieron a conocer sus inquietudes respecto al proyecto, y se distribuyó el cuestionario para evaluar la aceptación tecnológica.

En las siguientes figuras se presentan los resultados obtenidos con relación a la Facilidad de Uso Percibida (FUP) y la Utilidad Percibida (UP).

Con relación a la FUP se realizaron tres preguntas. La primera trató de si es fácil aprender a utilizar el dispositivo de medición, recibiendo respuestas positivas, en la segunda pregunta se consultó si es fácil aprender a utilizar ADASLAB y en la tercera pregunta se indagó acerca de la facilidad de uso del proyecto en el laboratorio. Los resultados de las anteriores preguntas se muestran en la Figura 7.

FACILIDAD DE USO PERCIBIDA (FUP)

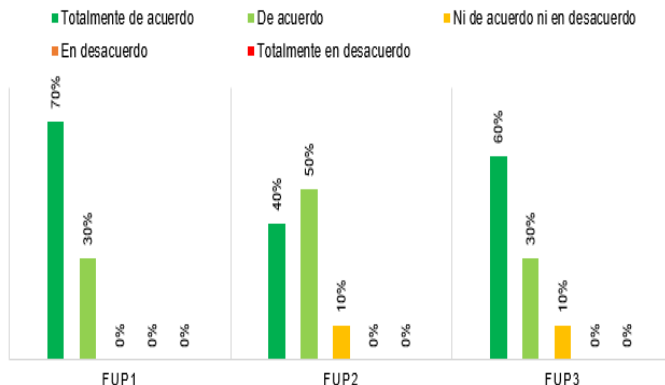


Fig. 7. Prueba de aceptación: Facilidad de uso percibida

En cuanto a la UP se realizaron tres preguntas. En la primera se consultó si los participantes consideraban que al utilizar el proyecto se reduce el tiempo invertido en la realización de la práctica y el preinformes de laboratorio. En la segunda pregunta se evaluó si el uso del proyecto facilita la realización de la práctica y preinformes de laboratorio y en la última pregunta, se consultó si es útil implementar el proyecto en el laboratorio. Las respuestas dadas por los participantes fueron mayoritariamente positivas. Los resultados de las preguntas se evidencian en la Figura 8.

UTILIDAD PERCIBIDA (UP)

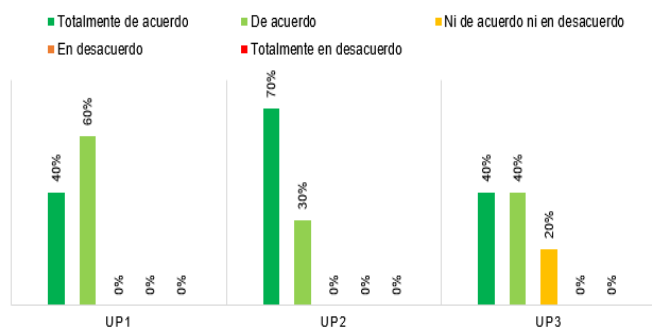


Fig. 8. Prueba de aceptación: Utilidad percibida

Se observa en ambos resultados una aceptación general ante la plataforma de apoyo para prácticas de laboratorio de química basada en IoT. Se concluyó que tanto el dispositivo de medición como el software ADASLAB son fáciles de aprender a utilizar. Asimismo, consideraron que sería de utilidad para el programa de Química, dado que los participantes tienen en cuenta que la implementación del proyecto reduce el tiempo invertido y facilita la realización de las prácticas y preinformes de laboratorio. Por lo cual, se puede inferir que los participantes se muestran dispuestos a utilizar esta tecnología en la realización de sus prácticas de laboratorio y no se generará un impacto negativo o rechazo inicial hacia la misma.

IV. CONCLUSIONES

Esta combinación entre la elaboración de dispositivos de medición basados en SBC y sensores, en conjunto con la plataforma de educación, presenta las siguientes conclusiones: 1)

disminuye los costos en la adquisición de equipos de medición comerciales, puesto que es de mayor accesibilidad, se pueden reutilizar sus componentes, la facilidad de prototipado y su compatibilidad con una variedad de aplicaciones. 2) el uso de internet en la detección en los sensores facilita a los estudiantes y docentes la virtualidad de las prácticas para tomar mediciones, por lo cual también abre la posibilidad de creación de laboratorios remotos. 3) la inclusión de tecnologías de iot en la academia, fortalece la calidad de las prácticas y permite la creación de nuevas mecánicas de enseñanza para una pedagogía a la vanguardia. 4) la inclusión de estas herramientas y su compatibilidad con otros dispositivos permite vincular otras áreas y asignaturas para crear nuevos proyectos y enfoques.

Si bien [7, 8, 9, 21 y 23] incorporan tecnologías a los procesos de enseñanza de química, el desarrollo realizado presenta una aplicación práctica de la tecnología IoT para innovar los procesos de enseñanza aprendizaje de esta área. La arquitectura de hardware y software fueron diseñadas a partir de un benchmarking tecnológico que consideró las funcionalidades definidas a partir del dominio del problema y, las necesidades puntuales de la población, en torno a la problemática específica.

Algunos trabajos como [6 y 23] implementan tecnología IoT, aunque no de manera específica en el área. Un aporte en comparación con estos trabajos fue la configuración personalizada que se realizó para incidir en las percepción de facilidad de uso y utilidad de la tecnología durante el desarrollo de los laboratorios. Finalmente, en [23] se presenta un trabajo que busca con el desarrollo tecnológico la disminución del costo de los dispositivos utilizados en los laboratorios. La solución tecnológica desarrollada no solo impactó los costos de los cursos prácticos, sino que también, incluye un software para realizar la gestión de las prácticas de varios cursos de manera simultánea.

Aunque se han desarrollado tecnologías con las que se comparte área o elementos de hardware utilizados, la solución y finalidad son particulares al problema abordado. Esto es coherente con el tipo de desarrollo aplicado, en el que la innovación se enfoca a la forma como se configuran los elementos y aplican los avances tecnológicos para contribuir a la solución o mejora de un problema, como es el caso de los procesos de enseñanza aprendizaje de los cursos de química en el programa de química de la Universidad de Cartagena.

Agradecimientos

Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, programas Ingeniería de Software e Ingeniería de Sistemas. Grupos de investigación Centro CORCiEM y GIMATICA. Semilleros de investigación SISMAD y SINCO.

REFERENCIAS

- [1] D. D. Ramlowat y B. K. Pattanayak, "Exploring the Internet of Things (IoT) in Education: A Review", Springer, Singap., vol. 863, Jan. 2019, doi: 10.1007/978-981-13-3338-5_23
- [2] J. J. C. Narváez, K. Márceles Villalba and S. A. Donado, "Systematic Review for the Construction of an Architecture With Emerging IoT Technologies, Artificial Intelligence Techniques, Monitoring and Storage of Malicious Traffic," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, vol. 17, no. 4, pp. 386-392, Nov. 2022, doi: 10.1109/RITA.2022.3217183.
- [3] K. Tokarz *et al.*, "Internet of Things Network Infrastructure for The Educational Purpose," 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Uppsala, Sweden, 2020, pp. 1-9, doi: 10.1109/FIE44824.2020.9274040.
- [4] J. E. Quintero Calvache, J. A. Restrepo Zambrano, J. M. Ramírez Scarpetta and M. L. Orozco Gutiérrez, "Test-Rig for Engineering Education Applied to the Control of Synchronous Generators," in IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, vol. 16, no. 4, pp. 337-345, nov. 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3137375.
- [5] W.-K. Chiu, "Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review", Educ. Sci., vol. 11, n.º 11, p. 709, noviembre de 2021. <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>
- [6] F. T. Moreira, M. Vairinhos and F. Ramos, "Open IoT technologies in the classroom — a case study on the student's perception," 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Seville, Spain, 2020, pp. 1-6, doi: 10.23919/CISTI49556.2020.9141106.
- [7] N. Papadimitropoulos, K. Dalacosta y E. A. Pavlatou, "Teaching Chemistry with Arduino Experiments in a Mixed Virtual-Physical Learning Environment", J. Sci. Educ. Technol., vol. 30, n.º 4, pp. 550-566, enero de 2021. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09899-5>
- [8] C. Mercer y D. Leech, "Cost-Effective Wireless Microcontroller for Internet Connectivity of Open-Source Chemical Devices", J. Chem. Educ., vol. 95, n.º 7, pp. 1221-1225, junio de 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00200>
- [9] C. Xie, C. Li, X. Ding, R. Jiang y S. Sung, "Chemistry on the Cloud: From Wet Labs to Web Labs", J. Chem. Educ., vol. 98, n.º 9, pp. 2840-2847, agosto de 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00585>
- [10] E. A. Espinosa-Ríos, K. D. González-López y L. T. Hernández-Ramírez, "Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar", ENTRAMADO, vol. 12, n.º 1, 2016. <https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125>.
- [11] C. Kim, J. Y. Park & D. W. Park "Convergence Education Modeling for Teaching Integration of IoT with 3D Printing Based on Manufacturing Chemical Product by Production Companies" The International Journal of Internet, Broadcasting and Communication 12, no.4 (2020): 55-60. doi: <http://dx.doi.org/10.7236/IJIBC.2020.12.4.55>
- [12] S. Aguilar Gavira y J. Barroso Osuna, "La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa". Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 47, 73-88, Jul 2015. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36841180005>
- [13] Albert Pérez, A. Urkidi, O. Berreteaga, A. Ruiz de Olano, J. Pérez. Metodología para el desarrollo de hardware/software embebido en sistemas críticos de seguridad. Mundo electrónico. 378. 42-48. 2006. https://www.researchgate.net/publication/270277049_Metodologia_para_el_desarrollo_de_hardwaresoftware_embebido_en_sistemas_criticos_de_seguridad

OA-RITA-04-2024-0029.R1.

- [14] Peña Koo, J. J., & May, & May, Chan & Martinez-Garcia, Holzen Atocha. (2018). Computational Analysis Of Intrinsic Factors In Cultivation In The Vitro Of The Estevia Rebaudiana Morita II. 40. 2266-2275.
- [15] Django. (2021). The Web framework for perfectionists with deadlines Django. Disponible en: <https://www.djangoproject.com/>.
- [16] Arduino (2018). What is Arduino? Disponible en <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction/>.
- [17] Raspberry Pi Documentation. (n.d.). GPIO. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>.
- [18] G. Halfacree (2018). The Official Raspberry Pi Beginner's Guide. Cambridge: Raspberry Pi Press.
- [19] Maksimović, M., Vujović, V., Davidović, N., Milošević, V., & Perišić, B. (2014). Raspberry Pi as Internet of things hardware: performances and constraints. design issues, 3(8).
- [20] A. Fernández Nogales. Investigación y técnicas de mercado (2nd ed.). 2004. Madrid: ESIC.
- [21] L. González-Murillo, E. Agundis-Flores, A. Ramírez-Quirino, P. Juárez-Leyva, H. Miranda-Vidales, A. Arriaga-Contreras. (2021). Design and Development of a Low-Cost Microcontroller Remote Laboratory. https://www.laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full_papers/FP235.pdf
- [22] J. Muños & D. Valdés. (2020). Aplicación de Realidad Aumentada para la Elaboración de Experimentos de Química Como Herramienta de Apoyo en la Enseñanza de sus Reacciones. <http://hdl.handle.net/20.500.12558/292>.
- [23] J. Kustija & N. Jayanto, (2022). IoT Implementation for Development of Remote Laboratory (Case Study on Microscope Practice). OI:10.26760/rekaelkomika.v3i1.20-29

Francisco Scholborgh es ingeniero de Sistemas de la Universidad de Cartagena, Colombia. Sus áreas de interés incluyen desarrollo de aplicaciones móviles y web.

Jeimy Vélez-Ramos nacida en Montería, Colombia. Recibió Ph.D. degree de la Universidad de Girona, España, en 2009. Es Ingeniera de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander, Colombia. Con más de 20 años de experiencia como profesora e investigadora en niveles de pre y posgrado. Ha supervisado varias tesis de doctorado y trabajos de grado de maestría en áreas de educación, ingeniería de sistemas e E-learning. Sus intereses de Investigación incluyen educación, e-learning, gestión del conocimiento y desarrollo sostenible. Actualmente es profesora de medio tiempo de la Universidad de Cartagena en el programa Ingeniería de Software. Además es la CEO de la Corporación CORCiEM, organización sin ánimo de lucro que promueve el desarrollo sostenible.

Luis Tovar-Garrido nació en Barranquilla, Colombia, en 1969. Recibió el título de Máster en Ciencias del Tecnológico de Monterrey - UAB. Es Ingeniero en Informática de la Universidad del Norte. Ha sido investigador y profesor desde el año 2000. Es profesor del Programa de Ingenieros de Sistemas de la Universidad de Cartagena desde 2009. Ha desarrollado proyectos de realidad aumentada y estudio de gestos técnicos deportivos. Sus intereses de investigación incluyen aplicaciones de tecnologías de la información al entrenamiento deportivo, inteligencia computacional y aprendizaje automático.