

Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) en el Laboratorio de Física III basado en Internet de las Cosas en el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena, Colombia

Technological acceptance model (TAM) in the Physics Laboratory III based on the Internet of Things in the Systems Engineering Program of the University of Cartagena

PUELLO, Plinio ¹

DEL CAMPO, Valeria D. ²

SCHOLBORGH, Francisco J. ³

Resumen

En este trabajo se evaluó la aceptación de la tecnología en el Laboratorio de Física III del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena, se tomó como referencia el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM); se encuestaron estudiantes inscritos en la asignatura durante el período académico 2020-1. Se evidenció que la mayoría de encuestados manifestaron una respuesta positiva hacia la utilidad, pero también que se deberá apoyar a los estudiantes al momento de utilizar los nuevos dispositivos. Finalmente, se midió la percepción de los estudiantes para determinar estrategias que faciliten la implementación de la tecnología en el laboratorio de Física III.

Palabras clave: Facilidad de uso percibida, internet de las cosas, modelo de aceptación tecnológica, utilidad percibida.

Abstract

In this work, the acceptance of the technology in the Physics Laboratory III of the Systems Engineering program of the University of Cartagena was evaluated, the Technological Acceptance Model (TAM) was taken as a reference; students enrolled in the subject during the 2020-1 academic period was surveyed. It was evidence that the majority of respondents expressed a positive response to utility. But that students should be supported when using the new devices. Finally, students' perception was measured to determine strategies that facilitate the implementation of technology in the Physics III laboratory.

Key words: Internet of things, perceived ease of use, perceived usefulness, technology acceptance model.

1. Introducción

La tecnología busca simplificar procesos, suplir necesidades y brindar una mayor accesibilidad a la información, debido a esto, es posible implementar tecnología en ambientes laborales, educativos, sociales, entre otros. Sin embargo, la aceptación de la misma ha sido un proceso lento ya que, implica un cambio en las costumbres y

¹ Docente de tiempo completo. Programa de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena. Email: ppuellom@unicartagena.edu.co

² Estudiante de IX semestre. Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena. Email: vdelcampom@unicartagena.edu.co

³ Estudiante de IX semestre. Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena. Email: fscholborghq@unicartagena.edu.co

estilos de vida de las personas. Aspectos como la fiabilidad, funcionalidad, usabilidad y eficiencia han sido determinantes para lograr esta aceptación.

Al hacer énfasis en el ambiente educativo se puede destacar el uso de la tecnología para simplificar el proceso de calificación y de comunicación, fomentar educación virtual y semipresencial, y elaborar instrumentos de medición para desarrollar prácticas de laboratorio. En este último caso (instrumentos de medición), se debe evaluar no solo la exactitud de los instrumentos sino también la aceptación de tecnología en el entorno educativo, esto permite conocer la viabilidad y efectividad del dispositivo. No obstante, se debe aclarar que existen instrumentos de medición cuyos costos de venta no son accesibles para las instituciones. En consecuencia, se han desarrollado instrumentos de medición a bajo costo utilizando tecnología como IoT, Arduino, Raspberry, Bluno, entre otros., para subsanar estas dificultades y mejorar las experiencias de laboratorio.

En el quinquenio (2014-2019) se realizaron proyectos orientados a sustituir instrumentos de medición comerciales y mejorar las prácticas de laboratorio junto con una evaluación de aceptación de tecnología por parte de los estudiantes.

Entre estos proyectos se encontró el uso de microcontroladores en la enseñanza de laboratorios mediante un curso introductorio sobre análisis instrumental en el cual, al finalizar el mismo los estudiantes sintieron satisfacción y confianza sobre el conocimiento adquirido en estas áreas (Mabbott, 2014). Por otro lado, se construyeron herramientas didácticas basadas en Arduino para la educación superior en las ingenierías, los docentes y estudiantes manifestaron una alta mejoría en el proceso de enseñanza-aprendizaje y un alto grado de satisfacción con los dispositivos desarrollados (Gómez Moreno et al., 2015).

Además, se construyó un colorímetro portátil a bajo costo para un laboratorio de química basado en un SBC CMOS para grupos de estudiantes de secundaria, bachillerato y pregrado; estos manifestaron un alto grado de satisfacción hacia el proyecto (Clippard et al., 2016). Además, se realizaron experimentos de física con la plataforma Arduino en las áreas de óptica, termodinámica y ondas. De los 200 estudiantes participantes, el 94% definió las actividades como interesantes, sin embargo, continuaron percibiendo estas áreas como complejas (Petry et al., 2016).

Asimismo, se diseñaron prototipos de laboratorio usando Raspberry Pi y la herramienta software Node-RED para realizar actividades didácticas que apoyen el aprendizaje. Se evaluó el nivel de satisfacción de los programas pregrado de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas, entre los cuales generó buena aceptación mostrándose en su mayoría satisfechos con el nivel de aprendizaje y la facilidad de uso de las herramientas (Álvarez Martínez & Santoyo Díaz, 2017). Además, presenta un sistema llamado ROXI con hardware basado en Arduino y sensores químicos, en conjunto un producto software cuyas funciones facilitan a los estudiantes el análisis de los resultados experimentales y la realización informes de laboratorio. ROXI tuvo una buena recepción entre los estudiantes, reflejando su conformidad con su facilidad de uso y simplicidad (Zhang et al., 2017).

De igual modo, se desarrolló una metodología de estudio de los microcontroladores que utilizan Arduino, para el curso de pregrado en microcontroladores y un curso de posgrado en técnicas avanzadas en diseño digital de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Esta metodología tuvo buena aceptación, generando una mejora en la habilidad de diseño y motivó a los estudiantes en el área en cuestión, en comparación con los estudiantes de cursos anteriores que utilizaban la metodología tradicional (Martínez Santos et al., 2017).

También, se construyó un sistema de recirculación de agua a bajo costo para laboratorios de enseñanza de química orgánica. Este sistema fue utilizado por dos años por estudiantes e instructores, los cuales reportaron algunos inconvenientes que posteriormente fueron solucionados. Sin embargo, estos expresaron su conformidad y satisfacción con la facilidad de uso y confiabilidad del sistema; incluso reportando un mayor grado

de concientización sobre prácticas de laboratorio sostenibles, a la vez que se ahorró más de 14000 litros de agua por año (Schoeddert et al., 2019).

Además, se construyó un pH-metro de bajo costo basado en Arduino para personas con discapacidad visual, usando señales auditivas para reemplazar las señales visuales enviadas por pH-metros comunes. Dos estudiantes de postgrado daltónicos evaluaron la herramienta concluyeron que el proyecto tenía potencial para ser utilizado en laboratorios de química por estudiantes con estas discapacidades visuales (Qutieshat et al., 2019). Por último, se construyó un laboratorio con cuarenta Raspberry Pi para mejorar la experiencia de aprendizaje en el campo de los sistemas distribuidos. Los estudiantes manifestaron mejoría en el aprendizaje de los sistemas distribuidos, sin embargo, hubo resistencias a las nuevas tecnologías debido a la inexperiencia de los estudiantes (Slamnik Krijestorac et al., 2019).

Los proyectos mencionados anteriormente demuestran la aceptación de la tecnología a bajo costo de inversión en ambientes educativos (laboratorios), esta aceptación se ve reflejada en la satisfacción generada en los usuarios finales. Con base en el modelo propuesto por Davis (1989) para evaluar la aceptación de la tecnología es posible interpretar que esta satisfacción surge a partir de la Utilidad y la Facilidad de Uso Percibidas por los usuarios finales (Yong Varela et al., 2008).

El modelo de Davis, es de los modelos más utilizados y empleados exitosamente en muchas investigaciones de campo al momento de evaluar la aceptación de una tecnología propuesta (Yong Varela et al., 2008). Este modelo también conocido como TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) es utilizado comúnmente en el ámbito de las TIC, el propósito de este modelo es indagar el impacto de los factores externos en dos creencias: la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida, para predecir el uso de las tecnologías (Yong Varela, 2004).

Actualmente el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena, evalúa la posibilidad de implementar tecnología en los laboratorios de física dedicados al estudio de las ondas, con el fin de mejorar el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Para apoyar esta decisión, se aplicó el modelo TAM para establecer la facilidad de uso y la utilidad percibida por parte de los estudiantes de cuarto semestre del programa de Ingeniería de Sistemas que cursan la asignatura Física III.

El presente artículo tiene como objetivo aplicar la metodología de aceptación de tecnología (por sus siglas en inglés TAM, Technology Acceptance Model) para medir la facilidad de uso y utilidad percibida de la implementación de laboratorio de física III basado en Internet de las cosas (IoT), que beneficia a los estudiantes de cuarto semestre del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena.

En las siguientes secciones se muestran los fundamentos teóricos que permiten la comprensión temática del artículo. Seguidamente, se expondrán los pasos para la aplicación de la metodología de aceptación de tecnología, los resultados obtenidos al aplicar los instrumentos a la muestra seleccionada, sus respectivas discusiones y las conclusiones más relevantes de este proceso.

1.1. Laboratorio de Física III

Un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medición, en él se realizan experimentos o investigaciones (dependiendo del área de la ciencia) con propósitos como la investigación, la enseñanza o la certificación de la industria (Lugo, 2006).

Las prácticas de laboratorio implican un proceso de enseñanza-aprendizaje guiado y controlado el cual mediante la consulta a fuentes de información e interactuar con equipos e instrumentos de medición, permite el estudio de fenómenos abordar soluciones o abordar soluciones a problemas (Espinosa-Ríos et al., 2016).

Por consiguiente, cuando se habla de laboratorio de física III, se hace referencia a un espacio guiado por el docente mediante el cual los estudiantes logran abordar y comprender fenómenos relacionados a la física, los cuales en el caso del curso de física III está relacionado a mecánica, ondas y termodinámica, abordando experimentos como péndulo simple, oscilaciones amortiguadas, ondas estacionarias en una cuerda, resorte en serie y en paralelo, entre otros.

1.2. Internet de las cosas (IoT)

El internet de las cosas (IoT), consiste en la interconexión e intercambio de información entre distintos tipos de dispositivos del mundo real, mediante la convergencia de datos obtenidos de los mismos hacia a cualquier plataforma virtual en la infraestructura de internet existente. Esta comunicación se puede dar mediante el uso de tecnologías como la identificación por radiofrecuencia y las redes inalámbricas de sensores (Farooq et al., 2015).

Este enfoque se ha ido incorporando a la educación superior en la cual se ha utilizado IoT como herramienta pedagógica, como apoyo a la administración académica, de las instalaciones y recursos educativos de las Instituciones de Educación Superior (IES). En lo que respecta a la enseñanza y aprendizaje se encuentran aplicaciones como la creación de herramientas y recursos que recolectan información para recrear experiencias reales, monitoreo de variables físicas o fisiológicas, manejo de herramientas remotas para realizar procesos o capturar datos, el intercambio de información entre docentes y estudiantes, entre otros (Rueda-Rueda et al., 2017).

2. Metodología

Para el evaluar la aceptación de la tecnología en el laboratorio de física III del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad de Cartagena, se tomó como referencia el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM); con base a TAM realizaron encuestas a los estudiantes inscritos en la asignatura “Laboratorio de Física III” del programa de Ingeniería de Sistemas (En el período académico 2020-1), a través de un cuestionario de Google.

2.1. Modelo de aceptación tecnológica (TAM)

Este modelo busca determinar si los usuarios aceptan o rechazan una determinada tecnología de información basado en los supuestos de la Teoría de la Acción Razonada y la Teoría del Comportamiento Planeado, proporcionando una base para evaluar la influencia de factores como la percepción de la utilidad y la percepción de la facilidad de uso en la adopción de tecnologías (Ramírez Correa et al., 2016).

La Utilidad Percibida se refiere al grado en que una persona considera que el uso de un sistema en específico, garantizará una mejoría en el desempeño de sus actividades; y la Facilidad de Uso Percibida indica el grado en que una persona considera fácil de usar un sistema en particular, con lo cual realizará menos esfuerzo para desempeñar sus actividades (Yong Varela, 2004). Estos factores buscan determinar si los usuarios perciben que la tecnología implementada mejora el rendimiento de las actividades de su entorno y el grado en el cual consideran que no requiere mucho esfuerzo su uso (Hidalgo Larrea et al., 2019).

A continuación, se presenta en la Tabla 1 un cuestionario de evaluación TAM mediante el cual se recopila la información necesaria para la evaluación de la aceptación de los dispositivos implementados. Para el factor de Utilidad Percibida (UP) se elaboraron preguntas, mientras que para el factor Facilidad de Uso Percibida (FUP) se elaboraron afirmaciones.

Tabla 1
Cuestionario para evaluar la aceptación de tecnología

Cuestionario		
Factor	Identificador	Pregunta
Utilidad Percibida (UP)	UP1	¿En qué grado se considera usted de acuerdo con el desarrollo de prototipos de laboratorio mediante tecnologías como Arduino, Raspberry Pi o sensores para las prácticas de laboratorio de física III?
	UP2	¿En qué grado se considera usted de acuerdo con el uso de estos prototipos para reemplazar los instrumentos de medición comerciales que poseen los laboratorios de física III actualmente?
	UP3	¿En qué grado se considera usted de acuerdo con el desarrollo de un laboratorio de física III basado en IoT, el cual utilice los prototipos de laboratorio?
	UP4	¿En qué grado estaría usted de acuerdo con realizar experimentos utilizando el laboratorio basado en IoT?
	UP5	¿En qué grado se considera usted de acuerdo con que la implementación del laboratorio basado en IoT represente una mejoría en el desarrollo de las prácticas de laboratorio de física III?
Factor	Identificador	Afirmación
Facilidad de Uso Percibida (FUP)	FUP1	El laboratorio de física III basado en IoT me será de fácil uso.
	FUP2	Necesitaré ayuda para utilizar el laboratorio basado en IoT.
	FUP3	Me adaptaré fácilmente al laboratorio de física basado en IoT.
	FUP4	Mi grupo de laboratorio y yo podremos adaptarnos fácilmente al laboratorio basado en IoT.
	FUP5	Mi grupo de laboratorio y yo necesitaremos ayuda para utilizar el laboratorio basado en IoT.
	FUP6	El laboratorio de física basado en IoT será de fácil uso para mí y mi grupo de laboratorio.

Fuente: De los autores

Las respuestas de establecidas para dichas preguntas están basadas en la escala Likert y se le asignó un valor a las mismas, tal y como se plantea en la Tabla 2.

Tabla 2
Cuestionario para evaluar la aceptación de tecnología

Respuesta	Valor asignado
Totalmente en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Totalmente de acuerdo	5

Fuente: De los autores

2.2. Encuestas mediante un cuestionario de Google

Tomando como referencia el cuestionario de la Tabla 1 (basado en el Modelo de Aceptación Tecnológica TAM) se realizaron encuestas a una población de 17 estudiantes del periodo académico 2020-1 que cursaron la asignatura de “Laboratorio de Física III”. Sin embargo, la muestra final que diligenciaron las encuestas estuvo conformada por 10 estudiantes, lo que representa una muestra válida soportada por la teoría de muestreo no probabilístico por conveniencia (Fernández Nogales, 2004), donde se invitó a los estudiantes a responder voluntariamente con el objetivo de evaluar el nivel de satisfacción y la usabilidad del laboratorio de física III

basado en IoT (Internet de las Cosas), el cual está compuesto por un hardware de adquisición de datos (Prototipos de laboratorio), un software de adquisición de datos (Visualizador de los datos recopilados) y un Sistema de Gestión de aprendizaje (Medio de entrega de preinformes).

Con base en las Tablas 1 y 2, se elaboraron las encuestas mediante un cuestionario de Google como se puede evidenciar en la Figura 1. A través de estas encuestas se espera que todos los estudiantes inscritos en la asignatura “Laboratorio de física III” puedan manifestar el grado de aceptación ante un laboratorio de física III basado en IoT.

Figura 1
Cuestionario de Google - Evaluación de la aceptación de tecnología (TAM)

Evaluación de la aceptación de tecnología en el Laboratorio de Física III

La siguiente encuesta se realizará con fines académicos y su objetivo es determinar la aceptación de tecnología por parte de los estudiantes ante un laboratorio de Física III basado en IoT.

Este laboratorio estará compuesto por:

- Prototipos de laboratorio elaborados a partir de sensores y placas (como Arduino o Raspberry Pi).
- Un software Visualizador de los datos obtenidos mediante los prototipos.
- Un Sistema de Gestión de Aprendizaje (como classroom y Edmodo) para la entrega de preinformes.

***Obligatorio**

Código estudiantil *

Tu respuesta

Siguiente

Fuente: De los autores Recuperado de <https://forms.gle/nYRjsz9p1qbgcXQN8>

3. Resultados

A razón de la pandemia presentada en el año 2020 (Covid-19), se presentaron dificultades en la comunicación con la población inicial de encuestados; por lo cual se tuvo que realizar la comunicación vía correo electrónico con los 17 estudiantes inscritos en la asignatura de laboratorio de física III, logrando un porcentaje de cubrimiento del 58.82% de la población que respondió la encuesta representando la muestra final. Dado que el 41.82% de los encuestados no se vincularon a la investigación, se sustenta la selección final no probabilística a través del muestreo por conveniencia (Fernández Nogales, 2004). A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la encuesta (ver Tabla 3):

Tabla 3
Resultados de evaluación TAM

UP	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
UP1	-	10%	10%	10%	70%
UP2	-	10%	40%	20%	30%
UP3	-	10%	20%	20%	50%
UP4	-	10%	10%	30%	50%
UP5	-	-	30%	20%	50%
FUP	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
FUP1	-	10%	70%	20%	-
FUP2	-	-	20%	60%	20%
FUP3	-	10%	50%	30%	10%
FUP4	-	10%	60%	10%	20%
FUP5	-	-	-	90%	10%
FUP6	-	10%	60%	10%	20%

Fuente: De los autores

3.1. Análisis de resultados

De acuerdo con la Utilidad Percibida (UP), los encuestados manifestaron lo siguiente:

Los encuestados manifestaron su postura respecto al desarrollo de prototipos de laboratorio mediante tecnologías como Arduino, Raspberry Pi o sensores para las prácticas de laboratorio de física III (UP1), estas fueron: El 10% de los encuestados indicaron estar en desacuerdo, neutrales y de acuerdo con dicha afirmación, mientras el 70% de los encuestados indicaron estar totalmente de acuerdo.

En cuanto al uso de los prototipos mencionados anteriormente, para reemplazar los instrumentos de medición comerciales que actualmente, poseen los laboratorios de física III (UP2), los encuestados se expresaron lo siguiente respecto a la anterior afirmación: El 10% indicó estar en desacuerdo, el 40% se mantuvo neutral, el 20% se mostró de acuerdo y el 30% totalmente de acuerdo con la afirmación.

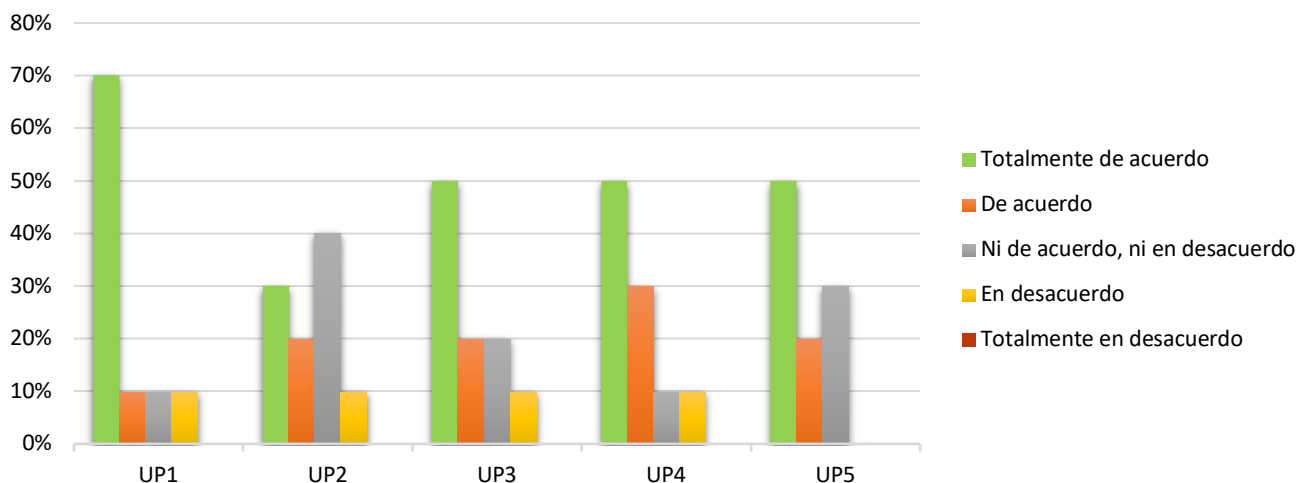
Respecto al desarrollo de un laboratorio de física III basado en IoT, el cual utilice los prototipos de laboratorio mencionados anteriormente (UP3), el 10% de los encuestados indicaron estar en desacuerdo con dicha afirmación mientras el 20% se mantuvo neutral y de acuerdo, y el 50% manifestó estar totalmente de acuerdo con la afirmación.

De la realización de experimentos utilizando el laboratorio basado en IoT (UP4), los encuestados manifestaron las siguientes posturas: El 10% indicó estar en desacuerdo y en una postura neutral, mientras el 30% y el 50% indicaron estar de acuerdo y totalmente de acuerdo, respectivamente.

Por último, los encuestados mostraron su punto de vista respecto a la mejoría que representaría la implementación del laboratorio basado en IoT en el desarrollo de las prácticas de laboratorio de física III (UP5), estas fueron: El 30% se expresó neutral ante la afirmación, mientras que el 20% manifestó estar de acuerdo con dicha afirmación, y el 50% indicó estar totalmente de acuerdo con la afirmación.

Los resultados descritos anteriormente se pueden evidenciar en la Figura 2. Cabe resaltar que ninguno de los encuestados manifestó estar totalmente en desacuerdo con las afirmaciones.

Figura 2
Utilidad Percibida (UP)



Fuente: De los autores

De acuerdo con la Facilidad de Uso Percibida (FUP), los encuestados manifestaron lo siguiente (ver Figura 3):

Los encuestados consideran que el laboratorio de física III basado en IoT será de fácil uso (FUP1), el 10% indican estar en desacuerdo, mientras que el 70% indican estar en una postura neutral, y el 20% se encuentra de acuerdo con la afirmación.

Con relación a necesitar ayuda para utilizar el laboratorio basado en IoT (FUP2), los encuestados manifestaron que: El 60% indican estar de acuerdo, un 20% se encuentran totalmente de acuerdo con la afirmación y el 20% restante se mantuvo en una posición neutral.

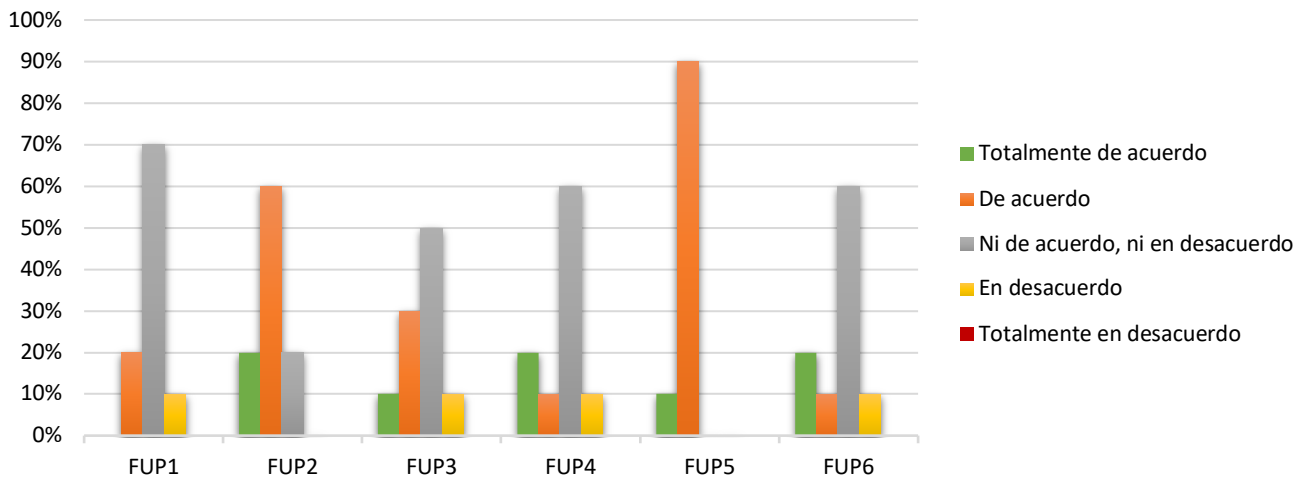
Sobre la facilidad de adaptación individual al laboratorio de física III basado en IoT (FUP3), el 10% se encuentra en desacuerdo con la afirmación, mientras que el 50% adoptó una posición neutral, finalmente el 30% y 10% indican, estar de acuerdo y totalmente de acuerdo, respectivamente. Asimismo, en cuanto a la adaptación a nivel grupal (FUP4), el 10% indica estar en desacuerdo con la afirmación. Por otro lado, el 60% manifiesta una postura neutral ante dicha afirmación, finalmente el 10% y 20% se encuentra de acuerdo y totalmente de acuerdo, respectivamente.

Acerca de necesitar ayuda para utilizar el laboratorio basado en IoT (FUP5), los encuestados expresaron lo siguiente: El 90% se encontró de acuerdo con la afirmación y el 10% indicaron estar totalmente de acuerdo con la afirmación mencionada.

Por último, los encuestados consideran que el laboratorio de física III basado en IoT será de fácil uso para ellos y sus grupos de laboratorio (FUP6), el 10% indica estar en desacuerdo con la afirmación. Por otro lado, el 60% manifestaron una postura neutral ante la afirmación, finalmente el 10% y 20% se encuentra de acuerdo y totalmente de acuerdo, respectivamente.

Los resultados descritos anteriormente se pueden evidenciar en la Figura 3. Es necesario resaltar que ninguno de los encuestados indicó estar totalmente en desacuerdo con las afirmaciones.

Figura 3
Facilidad de Uso Percibida (FUP)



Fuente: De los autores

Con base en las gráficas presentadas en las Figuras 2 y 3, se identificó que no existe una resistencia total ante la nueva tecnología. Sin embargo, existe una resistencia parcial ante la implementación de un laboratorio de física III basado en IoT.

Respecto a la Utilidad Percibida, más del 50% de los encuestados manifestó una posición positiva respecto a la utilidad de los prototipos. Además, están a favor de utilizar los prototipos en un laboratorio de física III basado en IoT y consideran que esto representaría una mejoría en los laboratorios de física III que actualmente son realizados en la Universidad de Cartagena. No obstante, los encuestados mantuvieron una postura neutral ante el reemplazo de los dispositivos de medición comerciales por los prototipos.

Con relación a la Facilidad de Uso Percibida, más del 80% de los encuestados indicaron que a tanto a nivel individual como a nivel grupal (grupos de laboratorio) necesitarán ayuda para utilizar el laboratorio de física III basado en IoT. Sin embargo, más del 50% de los encuestados manifestaron una postura neutral respecto a la facilidad de uso y la adaptación tanto individual como grupal (grupos de laboratorio).

4. Discusiones

El uso de IoT con el paso de los años se ha ido extendiendo e impactando la forma vida de las personas, tanto en el ambiente cotidiano como laboral facilitando la captura de información, toma de decisiones y en el ámbito académico, siendo de especial importancia para estudiantes en el área de ingeniería (Borrero et al., 2017). Por consiguiente, se han realizado varios esfuerzos para lograr la implementación de esta tecnología en ambientes de laboratorio de enseñanza.

En la educación superior, se han implementado laboratorios de IoT como herramientas pedagógicas para capturar datos de un entorno real. Lo anterior permite la creación de entornos educativos virtuales e híbridos, donde se combinan objetos del mundo real con ambientes simulados como complemento de las evaluaciones tradicionales, brindando nuevos datos, facilitando la evaluación de habilidades y el intercambio de información entre el docente y los estudiantes (Rueda-Rueda et al., 2017). Todas estas características pueden ser aprovechadas para el laboratorio de física III con el propósito de complementar y reforzar los procedimientos realizados, permitiendo la captura de variables de forma remota para realizar los experimentos en casos de no ser posible la asistencia a los laboratorios, la compenetración y entendimiento de los estudiantes con los

experimentos realizados, a la par que se incrementa el interés en IoT como tecnología, se mejoran las habilidades de comunicación entre estudiantes e incentivando el uso de herramientas modernas (Rout et al., 2018).

Al evaluar la aceptación tecnológica por parte de los estudiantes inscritos en el laboratorio de física III del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Cartagena, se pudo evidenciar resistencia por parte de algunos encuestados (ver Figuras 2 y 3) ante la implementación de un laboratorio de física III basado en IoT. Esta resistencia se presentó en un rechazo ante la tecnología por parte del 10% de los encuestados y en una postura neutral en el 30% de los encuestados. Algunos autores atribuyen como causal de esta resistencia a factores como: El tipo de usuario, género, edad, experiencia en el manejo de tecnologías, nivel de formación, nivel profesional, tendencia personal hacia la innovación (Arteaga Sánchez & Duarte Hueros, 2010; Teo & Noyes, 2011; Hsiao & Yang, 2011; Torres Alberio et al., 2011; Kumar & Kumar, 2013; López Bonilla & López Bonilla, 2012).

Resulta indispensable identificar los factores que han influido en la resistencia ante la implementación de nuevas tecnologías ya que, a pesar de existir resistencia, esta no fue total e incluso, hubo pocos casos en los que esta resistencia se manifestó en una postura de rechazo ante la tecnología.

Por otro lado, el análisis de los resultados obtenidos al evaluar la aceptación tecnológica es de vital importancia para la Universidad de Cartagena ya que, a partir de estos se puede evaluar la viabilidad de implementación de este tipo de laboratorios. Con el fin de apoyar las decisiones que deba tomar la Universidad de Cartagena, en torno a la implementación de un laboratorio de física III basado en IoT, es posible utilizar un Sistema de Información Gerencial (SIG) para facilitar la toma de decisiones mencionada anteriormente. Un SIG es un sistema integrado de personas, procedimientos, datos y equipos destinados a proporcionar información para apoyar las operaciones, el control y las actividades de planeación de una organización (Hampton, 1989).

En concordancia con lo anterior, los autores Laudon & Laudon dividen el SIG en 3 componentes: Administración, Organización y Tecnología (Laudon & Laudon, 2012).

El componente de administración tiene como función la toma de decisiones y la asignación de recursos, de tal manera que permita el éxito y aceptación de la tecnología implementada en las prácticas de laboratorio. Por su parte, el componente de organización coordina los procesos para la correcta realización de las prácticas de laboratorio con la tecnología implementada y verifica el nivel de satisfacción de los estudiantes con el desarrollo de las prácticas. Por último, el componente de tecnología hace referencia a todas las herramientas que son utilizadas para soportar el uso de los dispositivos de medición en el laboratorio.

Además, el SIG puede hacer uso de un Sistema Experto (SE) para analizar los resultados obtenidos de las encuestas. De acuerdo con los autores (Badaró et al., 2013), el sistema experto está compuesto por los siguientes elementos:

- El experto es una persona que interactúa mediante inserción de conocimientos a partir de reglas o tipos de datos, en forma de nuevas preguntas para los criterios registrados.
- El módulo de adquisición del conocimiento es la interfaz del sistema experto que usa el humano experto para ingresar el nuevo conocimiento.
- La base de datos corresponde a los datos más importantes para determinar el nivel de aceptación de la tecnología.
- La base de conocimientos corresponde a las reglas que establecen la forma en la que se interpreta, se hace uso de los datos y el conocimiento para determinar el nivel de aceptación en la tecnología.

- El módulo de explicación se encarga de generar los resultados basados en las reglas y en los datos registrados de la encuesta realizada a los estudiantes del laboratorio de física III.
- La interfaz de usuario se encarga de interactuar con el usuario que busca medir el nivel de aceptación de la tecnología.
- El usuario es la persona que consulta el sistema para medir el nivel de aceptación de la tecnología basada en encuestas realizadas a los estudiantes de laboratorio de física III.

5. Conclusiones

A partir de las encuestas realizadas en el período académico 2020-1, a los estudiantes inscritos en la asignatura “Laboratorio de física III” se concluyó que la implementación de un laboratorio de física III basado en IoT, sería útil para los estudiantes y representaría una mejoría en la metodología utilizada para efectuar el laboratorio de física actualmente. No obstante, la percepción ante la facilidad de uso del laboratorio de física III basado en IoT ha tenido una predominancia hacia una postura neutral e indica que tanto a nivel individual como grupal (grupos de laboratorio) requerirán ayuda para utilizarlo.

En consecuencia, si bien se percibe una utilidad en el laboratorio de física III basado en IoT no se percibe una facilidad en su uso de acuerdo a la percepción de la muestra. Esto implica reevaluar las metodologías utilizadas para implementar dicho laboratorio, con el fin de mejorar la percepción ante la facilidad de uso por parte de los estudiantes.

Para realizar la reevaluación metodológica mencionada anteriormente, es necesario identificar los factores que influyeron en la no aceptación de la tecnología propuesta. Para ello, se realizarán nuevas encuestas mediante cuestionarios de Google con el objetivo de identificar dichos factores y con base en los resultados, se elaborarán alternativas con el fin de mejorar los indicadores con baja puntuación.

Referencias bibliográficas

- Álvarez Martínez, A., & Santoyo Díaz, J. (2017). Internet de las cosas y herramientas de software libre aplicadas a la educación. *Ingeniare*, 22, 11–18. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/INGENIARE.22.1339>
- Arteaga Sánchez, R., & Duarte Hueros, A. (2010). Motivational factors that influence the acceptance of Moodle using TAM. *Computers in Human Behavior*, 26, 1632–1640. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.06.011>
- Badaró, S., Ibañez, L. J., & Agüero, M. J. (2013). Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones. *Ciencia y Tecnología*, 13, 349–364. <https://doi.org/10.18682/cyt.v1i13.122>
- Borrero, J. D., Fernández, G., & Rodríguez, C. (2017). Proyecto BoLoRa Universidad de Huelva : Una experiencia de innovación educativa con los estudiantes de ingeniería. *Congreso de Innovación Educativa En Las Enseñanzas Técnicas*, 25, 1–12.
- Clippard, C. M., Hughes, W., Chohan, B. S., & Sykes, D. G. (2016). Construction and characterization of a compact, portable, low-cost colorimeter for the chemistry lab. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1241–1248. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00729>
- Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar* Laboratory practices didactic strategy in Building Scientific Knowledge School. *Entramado, ISSN-e 1900-3803, Vol. 12, N°. 1, 2016, Págs. 266-281, 12(1), 266–281*. <https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125>

- Farooq, M. U., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). A Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications*, 113(1). <https://doi.org/10.5120/19787-1571>
- Fernández Nogales, Á. (2004). *Investigación y técnicas de mercado* (2nd ed.). ESIC Editorial.
- Gómez Moreno, C. A., Castillo Solís, A., & Gómez Meoño, A. (2015). Arduino como una herramienta para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de las ciencias, tecnologías e ingenierías en la universidad politécnica de tapachula. *Revista QUID*, 24, 13–20. <https://revistas.proeditio.com/iush/quid/article/view/119>
- Hampton, D. (1989). *Administración* (3rd ed.). McGraw-Hill Professional Publishing.
- Hidalgo Larrea, J., Vásquez Bermúdez, M., Bravo Balarezo, L., Burgos Robalino, F., & Vargas Matute, Y. (2019). Modelo de aceptación de tecnología TAM en NextCloud. Caso de estudio Escuela Computación e Informática. *Revista ESPACIOS*, 40(21), 4. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/a19v40n21/a19v40n21p04.pdf>
- Hsiao, C.-H., & Yang, C. (2011). The intellectual development of the technology acceptance model: A co-citation analysis. *International Journal of Information Management*, 31(2), 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.07.003>
- Kumar, S., & Kumar, J. (2013). Technology acceptance model for the use of learning through websites among students in Oman. *International Arab Journal of Information Technology*, 3, 44–49. https://www.researchgate.net/publication/262725835_Technology_acceptance_model_for_the_use_of_learning_through_websites_among_students_in_Oman
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2012). *Sistemas de informacion Gerencial 12ed Laudon 24-03-2014 Texto*.
- López Bonilla, J. M., & López Bonilla, L. M. (2012). Perspectiva socio-psicológica del modelo de aceptación de la tecnología revisión crítica del trabajo de Torres, Robles y Molina (2011). *Revista Internacional de Sociología*, 70(1), 205–211. <https://doi.org/10.3989/ris.2011.05.13>
- Lugo, G. (2006). La importancia de los laboratorios. *Construcción y Tecnología - Ingeniería*, 20–22. <http://www.imcyc.com/revistact06/dic06/INGENIERIA.pdf>
- Mabbott, G. A. (2014). Teaching electronics and laboratory automation using microcontroller boards. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1458–1463. <https://doi.org/10.1021/ed4006216>
- Martínez Santos, J. C., Acevedo Patino, O., & Contreras Ortiz, S. H. (2017). Influence of Arduino on the Development of Advanced Microcontrollers Courses. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 12(4), 208–217. <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2776444>
- Petry, C. A., Pacheco, F. S., Lohmann, D., Correa, G. A., & Moura, P. (2016). Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the Laboratory. *Proceedings of 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching, TAAE 2016*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/TAAE.2016.7528376>
- Qutieshat, A., Aouididi, R., & Arfaoui, R. (2019). Design and Construction of a Low-Cost Arduino-Based pH Sensor for the Visually Impaired Using Universal pH Paper. *Journal of Chemical Education*, 96(10), 2333–2338. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00450>
- Ramírez Correa, P., Alfaro Pérez, J., & Durand Alegre, P. (2016). Aceptación y uso de los sitios web de transparencia gubernamental: Un estudio empírico en Chile. *Revista Espacios*, 37(1), 3. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n01/16370103.html>

- Rout, K. K., Mishra, S., & Routray, A. (2018). Development of an Internet of Things (IoT) Based Introductory Laboratory for Under Graduate Engineering Students. *Proceedings - 2017 International Conference on Information Technology, ICIT 2017*, 113–118. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2017.22>
- Rueda-Rueda, J., Manrique, J., & Cabrera Cruz, J. (2017). Internet de las Cosas en las Instituciones de Educación Superior. *CIINATIC 2017*, 2. https://www.researchgate.net/publication/319914477_Internet_de_las_Cosas_en_las_Instituciones_de_Educacion_Superior
- Schoeddert, A., Babooram, K., & Pelletier, S. (2019). Reduction of Water Waste in an Organic Chemistry Laboratory Using a Low-Cost Recirculation System for Condenser Apparatus. *Journal of Chemical Education*, 96(1), 180–182. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00400>
- Slamnik Krijestorac, N., Bosmans, S., Hellinckx, P., & Marquez Barja, J. M. (2019). Enhancing Students' Learning Experience via Low-Cost Network Laboratories. *IEEE Communications Magazine*, 57(11), 34–40. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.1900233>
- Teo, T., & Noyes, J. (2011). An assessment of the influence of perceived enjoyment and attitude on the intention to use technology among pre-service teachers: A structural equation modeling approach. *Computers and Education*, 57(2), 1645–1653. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.03.002>
- Torres Albero, C., Robles Morales, J. M., & Molina Molina, Ó. (2011). ¿ Por qué usamos las tecnologías de la información y las comunicaciones? Un estudio sobre las bases sociales de la utilidad individual de Internet. *Revista Internacional de Sociología*, 69(2), 371–392. <https://doi.org/10.3989/ris.2010.01.15>
- Yong Varela, L. A. (2004). Modelo de aceptación tecnológica (TAM) para determinar los efectos de las dimensiones de cultura nacional en la aceptación de las TIC. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, 1(1), 131–171.
- Yong Varela, L. A., Rivas Tovar, L. A., & Chaparro, J. (2008). Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM): Un estudio de la Influencia de la cultura Nacional y del perfil de los usuarios en el uso de las TIC. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 20(36), 187–203. <https://doi.org/10.15446/innovar>
- Zhang, Q., Brode, L., Cao, T., & Thompson, J. E. (2017). Learning laboratory chemistry through electronic sensors, a microprocessor, and student enabling software: A preliminary demonstration. *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1562–1566. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00172>