

DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE
COMPETENCIAS EN STEM PARA LA ASIGNATURA INTRODUCCIÓN A LA
INGENIERÍA

MIGUEL ANDERSON BUITRAGO BARBOSA
SINDY NATHALIA CHAPETA GAMBOA
DIEGO FERNANDO CALDERÓN BELTRÁN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA

2024

DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE
COMPETENCIAS EN STEM PARA LA ASIGNATURA INTRODUCCIÓN A LA
INGENIERÍA

MIGUEL ANDERSON BUITRAGO BARBOSA
SINDY NATHALIA CHAPETA GAMBOA
DIEGO FERNANDO CALDERÓN BELTRÁN

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director

Mauricio Bautista Porras
Ingeniero Electrónico

Codirectora

María Alejandra Mantilla Villalobos
Doctora en Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA

2024

DEDICATORIA

A nuestros queridos familiares, amigos y profesores, cuyo invaluable apoyo, orientación y aliento fueron fundamentales en cada paso de nuestro camino académico. Su constante respaldo nos ha inspirado y fortalecido en la consecución de este logro. A todos ustedes, nuestro más sincero agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente a todos nuestros profesores del programa académico, cuyas enseñanzas y dedicación fueron fundamentales para nuestra formación académica. Su guía y sabiduría nos han ayudado a desarrollar el carácter y los conocimientos que poseemos hoy en día.

Queremos expresar nuestra gratitud a nuestro director, coordinadora y los profesores involucrados por su paciencia y valiosos consejos, que fueron clave para el éxito de nuestro trabajo de grado.

Extendemos nuestro agradecimiento a nuestros familiares, compañeros y amigos, especialmente a Sebastián, Arnold, Dallana, Jair, Lucho, Duván y todos aquellos que estuvieron siempre dispuestos a brindarnos su apoyo y colaboración.

También deseamos reconocer el apoyo del profesor Jorge, de la asignatura de Introducción a la Ingeniería, por brindarnos la oportunidad de aplicar nuestro proyecto en su curso y a los estudiantes que participaron en nuestro estudio por su entusiasmo y dedicación.

Con este proyecto, esperamos contribuir al inicio de un cambio significativo que enriquezca los programas académicos de nuestra querida Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1. ANTECEDENTES.....	22
2.2. MARCO DE REFERENCIA.....	25
2.2.1. Constructivismo como modelo pedagógico	25
2.2.2. Aprendizaje basado en problemas.....	26
2.2.3. Habilidades en STEM	29
2.2.4. Laboratorios modulares	32
2.2.5. Introducción a la Ingeniería.....	32
3. METODOLOGÍA	34
3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	34
3.2. POBLACIÓN	34
3.3. FASES DE INVESTIGACIÓN	35
3.4. IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE STEM	37
3.5. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA A PARTIR DEL ABP PARA EL SISTEMA MODULAR DE LABORATORIO	40
4. RESULTADOS.....	44

4.1.	IDENTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS PARA LA EVALUACIÓN.....	44
4.2.	DISEÑO DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DEL SISTEMA MODULAR DE LABORATORIO.....	45
4.3.	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	50
4.3.1.	Análisis cualitativo	50
4.3.2.	Análisis cuantitativo	52
4.3.3.	Análisis por competencias.....	54
4.3.4.	Incidencia de los laboratorios	58
4.4.	EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	59
4.5.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARRO SEGUIDOR DE LÍNEA	61
4.6.	REDISEÑO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO.....	64
5.	RECOMENDACIONES	70
5.1.	ESTRUCTURA DEL SISTEMA MODULAR DE LABORATORIO	70
5.2.	EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	74
5.2.1.	Evaluación de los laboratorios	75
5.2.2.	Evaluación al docente.....	75
5.2.3.	Evaluación de los equipos de trabajo	76
5.2.4.	Incentivos y peso asignado a la actividad.....	76
6.	CONCLUSIONES	77
7.	REFERENCIAS.....	79
8.	ANEXOS	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Balance académico UIS 2022-2. (Izquierda) programas con mayor índice de deserción. (Derecha) programas con mayor número de estudiantes en estado académico condicional.	17
Figura 2. Pasos del proceso basado en el aprendizaje convencional.	27
Figura 3. Pasos del proceso de aprendizaje basado en problemas.	28
Figura 4. Diagrama del enfoque STEM.	30
Figura 5. Primera clase con el grupo de control (izquierda) y el grupo de prueba (derecha), generalidades de Arduino.	36
Figura 6. Prácticas de dos grupos, izquierda. Instalaciones Eléctricas Domésticas y Control de Luminarias; derecha. Cadena de Abastecimiento de la Energía Eléctrica.	37
Figura 7. Contenidos STEM abordados en la implementación del sistema modular de laboratorio.	39
Figura 8. Etapas de aplicación del método ABP.	41
Figura 9. Sistema modular de laboratorio ensamblado.	49
Figura 10. Porcentaje de estudiantes aprobados y reprobados en los grupos de prueba y de control.	51
Figura 11. Cambios en el desempeño en la segunda prueba diagnóstica.	52
Figura 12. Promedio de notas por grupos en pruebas teóricas.	53
Figura 13. Nota práctica promedio de los grupos en prueba práctica.	54
Figura 14. Desempeño en la competencia 1: Resolución de problemas.	55
Figura 15. Desempeño en la competencia 2: Diseño de soluciones.	56
Figura 16. Desempeño en la competencia 3: Pensamiento analítico.	56
Figura 17. Desempeño en la competencia 4: Conocimientos eléctricos/electrónicos básicos.	57
Figura 18. Clasificación del grupo de prueba en preguntas teóricas.	58
Figura 19. Clasificación del grupo de prueba en preguntas prácticas.	59
Figura 20. Diagrama de bloques carro seguidor de línea.	62
Figura 21. Circuito impreso del carro seguidor de línea.	63

Figura 22. Carro seguidor de línea.....	64
Figura 23. Estructura de la pista.....	70
Figura 24. Barrera vehicular.....	71
Figura 25. Sistema del barco.....	71
Figura 26. Organización del cableado en canaletas.....	72
Figura 27 Ubicación de los sensores de proximidad.....	73
Figura 28. Placas de conexiones	73
Figura 29. Unión del sistema modular de laboratorio.....	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Habilidades STEM.....	31
Tabla 2. Competencias que se espera desarrollar en la asignatura <i>Introducción a la Ingeniería</i>	33
Tabla 3. Contenidos de la asignatura <i>Introducción a la Ingeniería</i> relacionados con el enfoque STEM.	38
Tabla 4. Porcentajes de satisfacción respecto a las prácticas.	60

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Pruebas diagnósticas.....	83
Anexo B. Rúbrica de evaluación.	84
Anexo C. Diapositiva introducción a Arduino.....	85
Anexo D. Primera versión guías de laboratorio.	86
Anexo E. Asistencia a actividades.....	87
Anexo F. Diseño carro seguidor de línea.	88
Anexo G. Segunda versión guías de laboratorio.	89
Anexo H. Repositorio de códigos Arduino.....	90

RESUMEN

Título: Diseño de prácticas de laboratorios para el fortalecimiento de competencias en STEM para la asignatura *Introducción a la Ingeniería* *

Autor: Sindy Nathalia Chapeta Gamboa, Miguel Anderson Buitrago Barbosa, Diego Fernando Calderón Beltrán **

Palabras clave: STEM, Laboratorios Modulares, Desarrollo de Competencias, Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Descripción: Este trabajo de grado se enfoca en el diseño y aplicación de una metodología educativa basada en el enfoque STEM (acrónimo en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) mediante el uso de un sistema modular de laboratorio desarrollado por el grupo GISEL. Las guías de laboratorio elaboradas integran tanto conceptos teóricos como prácticos, dirigidas a fortalecer las competencias en STEM de estudiantes de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la asignatura *Introducción a la Ingeniería*.

El estudio se llevó a cabo con un grupo de prueba y un grupo de control, de la asignatura de *Introducción a la Ingeniería* durante el semestre 2023-1. El grupo de prueba participó de las prácticas de laboratorio propuestas en este proyecto y, por otro lado, el grupo de control cursó la asignatura sin participar de las prácticas de laboratorio. Se aplicó la metodología ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) en dos partes: en la primera parte los estudiantes realizaban una lectura previa de las guías, y en la segunda parte se planteaba una situación problema que los estudiantes podían abordar con las herramientas proporcionadas en la guía.

Los resultados obtenidos mostraron que el grupo de prueba obtuvo una mayor apropiación de los conceptos teóricos, los cuales fueron aplicados en el sistema modular de laboratorio, mientras que el grupo de control no destacaron en el entendimiento de los conceptos evaluados en las pruebas diagnósticas, lo anterior permite asegurar que la integración de estos laboratorios tiene un impacto positivo en el alineamiento y desarrollo de los contenidos de la asignatura *Introducción a la Ingeniería*.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Ingeniería Electrónica. Director: Mauricio Bautista Porras. Ingeniero Electrónico. Codirector: María Alejandra Mantilla Villalobos. Doctora en Ingeniería Electrónica.

ABSTRACT

Title: Design of laboratory practices to strengthen STEM skills for the subject introduction to engineering *

Author(s): Sindy Nathalia Chapeta Gamboa, Miguel Anderson Buitrago Barbosa, Diego Fernando Calderón Beltrán **

Key words: STEM, Modular Laboratories, Competency Development, Problem-Based Learning (PBL).

Description: This undergraduate thesis focuses on the design and implementation of an educational methodology based on the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach using a modular laboratory system developed by the GISEL group. The laboratory guides integrate both theoretical and practical concepts, aimed at strengthening STEM competencies of students in Electrical Engineering and Electronic Engineering in the Introduction to Engineering course.

The study was conducted with a test group and a control group in the Introduction to Engineering course during the 2023-1 semester. The test group participated in the laboratory practices proposed in this project, while the control group took the course without participating in the laboratory practices. The Problem-Based Learning (PBL) methodology was applied in two parts: in the first part, students conducted a pre-reading of the guides, and in the second part, a problem situation was presented that students could address with the tools provided in the guide.

The results showed that the test group had a better understanding of theoretical concepts, which were applied in the modular laboratory system, while the control group did not excel in understanding the concepts evaluated in the diagnostic tests. This indicates that the integration of these laboratories has a positive impact on the alignment and development of the contents of the Introduction to Engineering course.

*Degree work

**Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electronic Engineering. Director: Mauricio Bautista Porrás. Electronic Engineer. Co-Director: María Alejandra Mantilla Villalobos. Doctor in Electronic Engineering.

INTRODUCCIÓN

¹La educación STEM (acrónimo en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha surgido como un enfoque educativo fundamental en la formación de estudiantes, promoviendo la adquisición de conocimientos y habilidades en diversas disciplinas. A diferencia del modelo educativo tradicional, el enfoque STEM fomenta el aprendizaje activo y práctico, cultivando competencias esenciales como la investigación y la resolución de problemas.

²³En el campo de la ingeniería, la educación STEM ha experimentado un avance significativo en los últimos años. Se destaca por su enfoque en el aprendizaje práctico que estimula el pensamiento crítico, la curiosidad, la experimentación y el trabajo en equipo. Su objetivo es formar profesionales capacitados para abordar los desafíos y problemáticas reales que afectan a la sociedad en sectores como la energía, las nuevas tecnologías y el medio ambiente.

⁴En este contexto, se encuentra que el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es un método de aprendizaje activo el cual se centra en el estudiante, permitiéndoles adquirir conocimientos a través de la resolución de problemas. Lo anterior permite justificar que al enfrentarse a desafíos específicos y aplicar conceptos teóricos en contextos prácticos, los estudiantes fortalecen sus habilidades y competencias en STEM de manera contextualizada y tangible.

¹ RUSSELL, Tytler. STEM Education for the Twenty-First Century. 2019.

² HERNÁNDEZ DE MENÉNDEZ, Marcela, et al. Active learning in engineering education. A review of fundamentals best practices and experiences: (IJIDeM), 2019. vol. 13.

³ TAKEUCHI, Miwa Aoiki, et al. Transdisciplinarity in STEM education: a critical review: Studies in Science Education, 2020. vol. 56.

⁴ MORALES BUENO, Patricia y LANDA FITZGERALD, Victoria. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PROBLEM – BASED LEARNING: Theoria, 2004. p. 145-157. vol. 13.

El trabajo de grado se enfoca en el diseño de guías para la integración de prácticas de laboratorio que fortalezcan las competencias en STEM, de los estudiantes que cursan la asignatura de *Introducción a la Ingeniería* de los programas académicos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Industrial de Santander (UIS), mediante la implementación de un sistema modular de laboratorio del Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL).

Para realizar este trabajo de grado se seleccionaron dos grupos de la asignatura; un grupo de prueba y un grupo de control. Con el fin de evaluar el impacto de la implementación del sistema modular de laboratorio, se aplicó una prueba diagnóstica para evaluar el nivel inicial de ambos grupos al inicio del semestre. Posteriormente, se aplicaron tres sesiones prácticas del sistema modular de laboratorio exclusivamente con el grupo de prueba. Al finalizar el semestre, se evaluaron nuevamente ambos grupos con la prueba diagnóstica y se compararon los resultados obtenidos.

Este documento se estructura en ocho capítulos. En la primera parte, se establece el contexto del trabajo de grado; el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación.

En el Capítulo 2, se recopila toda la información fundamental requerida para la investigación y en el Capítulo 3 se comparte la metodología empleada para aplicar las prácticas de laboratorio a los estudiantes de *Introducción a la Ingeniería* durante el periodo 2023-1.

En el Capítulo 4, se detallan los resultados obtenidos tras la implementación y comparación entre los grupos de control y de prueba y en el Capítulo 5 se describen las propuestas de mejoras para el sistema modular de laboratorios.

En el Capítulo 6, se presentan las principales conclusiones derivadas de esta experiencia y se destacan las contribuciones significativas de este trabajo. En el Capítulo 7, se

añaden todas las referencias bibliográficas y finalmente, en el Capítulo 8, se incorporan los anexos relacionados con el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

1. CONTEXTUALIZACIÓN

En este capítulo se presenta la problemática principal que aborda el trabajo de grado. Se inicia con el planteamiento del problema, se definen los objetivos y luego se establece una justificación del problema.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“El Proyecto Institucional de la UIS contempla en su misión formar profesionales integrales, éticos y comprometidos con el desarrollo sostenible de la sociedad. A través de una educación integral, basada en la excelencia académica y la generación de conocimiento, la UIS busca contribuir al progreso regional, nacional e internacional. Asimismo, busca ser reconocida por su calidad académica, investigación de alto impacto y aporte significativo al desarrollo científico, tecnológico y social”⁵.

En concordancia con esta misión, el Modelo Pedagógico UIS21 de la UIS se enfoca en desarrollar competencias académicas, científicas, tecnológicas, humanísticas y éticas en los estudiantes. ⁶Se promueve una formación holística centrada en el estudiante, que integra aspectos cognitivos, afectivos y sociales, con el propósito de formar profesionales comprometidos y capaces de enfrentar los desafíos actuales y futuros.

Adicionalmente, en septiembre de 2023 los programas académicos de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica obtuvieron la acreditación internacional de ABET (acrónimo en inglés de Asociación de Acreditación de Ingeniería y Tecnología). Siguiendo

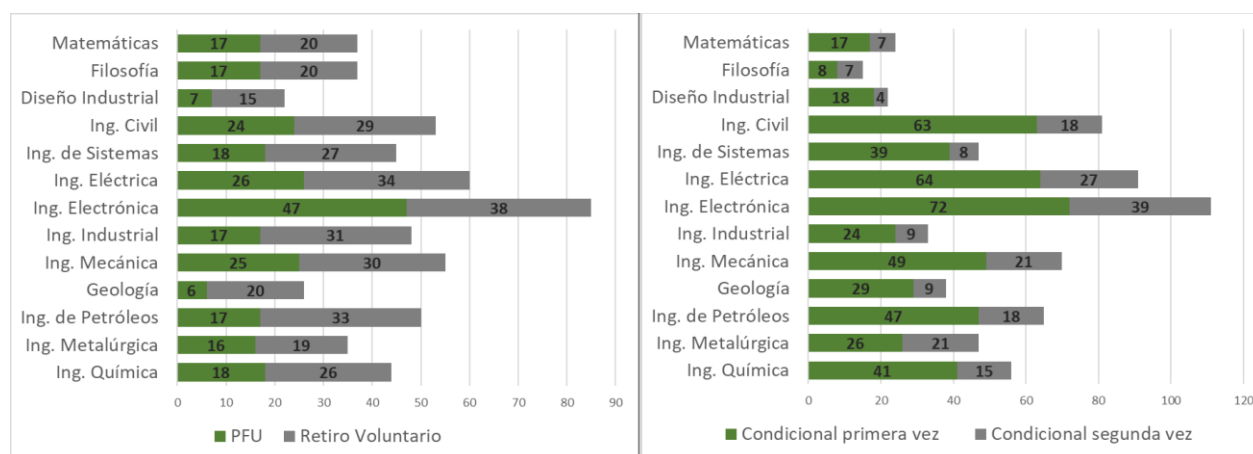
⁵ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Proyecto Institucional [Universidad Industrial de Santander], 2018.

⁶ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Modelo Pedagógico UIS21 [Universidad Industrial de Santander], 2021

los compromisos adquiridos con dicha organización, este trabajo hace énfasis en fortalecer y promover las competencias respaldadas por ABET. Para lograr este objetivo, se propone la implementación de un sistema modular de laboratorio que fomente el enfoque STEM. A su vez, busca mejorar el desarrollo de habilidades en la asignatura de *Introducción a la Ingeniería*, donde, a pesar de incluir un componente práctico en un proyecto final, se presenta una falta de uniformidad en las habilidades prácticas adquiridas entre los estudiantes según el proyecto que hayan realizado y el curso al que pertenecieron.

Por otra parte, de acuerdo con los resultados obtenidos en el balance académico UIS 2022-2, se observa un alto porcentaje de estudiantes que quedan en estado PFU (Por Fuera de la Universidad) debido al bajo rendimiento académico, así como aquellos que decidieron abandonar la universidad voluntariamente. La Figura 1 ilustra claramente que los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica destacan entre los programas académicos con mayor índice de deserción estudiantil, así como el mayor número de estudiantes que se encuentran en estado de condicionalidad por primera y segunda vez.

Figura 1. Balance académico UIS 2022-2. (Izquierda) programas con mayor índice de deserción. (Derecha) programas con mayor número de estudiantes en estado académico condicional.



Fuente: ⁷Adaptado de VA UIS, 2023.

Al analizar el plan de estudios de los programas académicos de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, se observa que las primeras asignaturas que incorporan prácticas de laboratorio relacionadas con el conocimiento específico de la carrera son cursadas a partir del cuarto semestre. De acuerdo con lo anterior, en este trabajo de grado se identificó la necesidad de diseñar prácticas de laboratorio que fomenten las competencias en STEM desde los primeros semestres de formación. Por esta razón, se selecciona la asignatura *Introducción a la Ingeniería* para la implementación del sistema modular de laboratorio propuesto por el Grupo GISEL, ya que es cursada en el segundo semestre académico.

De esta forma, se pretende proporcionar a los estudiantes la oportunidad de implementar los conocimientos teóricos adquiridos, en entornos reales, con el objetivo de desarrollar habilidades prácticas y promover el razonamiento crítico en la resolución de problemas sin necesidad de contar con una infraestructura especializada. La pregunta de investigación que guía este estudio es: *¿Cuál es el impacto de incluir el sistema modular de laboratorio del grupo GISEL para el desarrollo de competencias en STEM en estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería?*

1.2. OBJETIVOS

A continuación, se describe el objetivo principal y los objetivos específicos que permiten definir el alcance y limitaciones del trabajo de grado.

1.2.1. Objetivo general

Diseñar prácticas de laboratorio para el fortalecimiento de competencias en STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) de la asignatura *Introducción a la Ingeniería* de los programas académicos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la

⁷ VICERRECTORÍA ACADÉMICA-UIS. Informe Balance académico UIS 2022-2, 2023.

Universidad Industrial de Santander (UIS), aplicadas a un sistema modular de laboratorio del Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL).

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las competencias que deben desarrollar los estudiantes de *Introducción a la Ingeniería* de acuerdo con el plan de la asignatura y el Proyecto Educativo del Programa a través de las prácticas de laboratorio.
- Diseñar guías de laboratorio para las tres prácticas del sistema modular del grupo GISEL, integrando conceptos teóricos y prácticos, alineados con las competencias identificadas.
- Evaluar el impacto de las prácticas de laboratorio para el fortalecimiento de competencias en STEM, mediante la comparación del desempeño académico de los estudiantes entre un grupo de prueba y un grupo de control.
- Diseñar e implementar un carro seguidor de línea programable con su respectiva guía de laboratorio el cual se integre al sistema modular del grupo GISEL.

1.3. JUSTIFICACIÓN

⁸El ABP y el modelo pedagógico constructivista de la UIS comparten la idea de que el aprendizaje es un proceso activo y escalonado, en el que los estudiantes construyen su propio conocimiento. Sin embargo, el ABP se distingue por su énfasis en la resolución de problemas auténticos, lo cual lo hace pertinente para la formación de ingenieros y profesionales STEM, permitiéndoles enfrentarse a desafíos reales y desarrollar habilidades prácticas y de pensamiento crítico de manera efectiva.

⁸ SAVERY, John R. Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions: *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2006. vol. 1.

“Una experiencia práctica conlleva a la construcción y la operación de laboratorios físicos que representan costos significativos y la necesidad de infraestructura especializada. Estos factores pueden representar un obstáculo, especialmente, en instituciones universitarias ubicadas en regiones con limitaciones de presupuesto y recursos. Los laboratorios demandan personal capacitado, mantenimiento continuo y espacio físico adecuado, lo que dificulta su creación o implementación”⁹.

“La reciente pandemia de COVID-19 ha permitido adquirir enseñanzas para mejorar la formación práctica mediante la implementación de laboratorios modulares. Esto ha resaltado la necesidad de replantear estrategias de enseñanza que permitan continuar con la formación experimental sin comprometer la calidad educativa”¹⁰. Un laboratorio modular representa un activo invaluable para promover el aprendizaje práctico al ofrecer un entorno dinámico y adaptable para experiencias prácticas. A diferencia de los laboratorios fijos tradicionales, una configuración modular permite ajustes rápidos en su diseño, lo que facilita adaptar el laboratorio a objetivos de aprendizaje específicos y a las necesidades curriculares en evolución. En la interacción directa con los componentes, los estudiantes no solo obtienen conocimientos teóricos, sino que también desarrollan una comprensión más profunda de cómo los conceptos se interconectan en aplicaciones prácticas.

El impacto de este trabajo de grado se manifiesta en el ámbito académico al considerar el bajo rendimiento y deserción estudiantil de unos estudiantes de los programas académicos de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica en la Universidad Industrial de Santander (UIS), es por esta razón que se encuentra una oportunidad de mejora en el plan curricular la asignatura de *Introducción a la Ingeniería* al incluir actividades prácticas que permitan mejorar la calidad de la formación académica e incentivar la

⁹ ABDULRAHMAN, Almarshoud. The advancement in using remote laboratories in electrical engineering education: a review: European Journal of Engineering Education, 2011. vol. 36.

¹⁰ KELUM, Gamage. Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic: Education Sciences, 2020. vol. 10.

investigación y autoaprendizaje, lo que beneficiaría directamente a los estudiantes al brindarles un entorno para el desarrollo de competencias en STEM desde el principio de su formación profesional.

Adicionalmente, el impacto se extiende a la sociedad en su conjunto. En un mundo cada vez más impulsado por la tecnología y la innovación; formar profesionales capacitados para abordar los desafíos tecnológicos y científicos es esencial. Los problemas actuales y futuros: como la energía sostenible, la tecnología de la información y la preservación del medio ambiente, requieren soluciones innovadoras y competencias en STEM sólidas. Al formar a los estudiantes con estas habilidades desde una etapa temprana de su formación, este proyecto contribuye al desarrollo de profesionales con una mejor preparación para enfrentar y resolver estos desafíos.

Este proyecto se desarrolló en el marco del proyecto de investigación 2825 de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión UIS – VIE UIS, que tiene como objetivo “desarrollar sistemas modulares de laboratorio para el fortalecimiento de competencias en STEM”. Los resultados y metodologías generados en este trabajo de grado pueden servir de guía y referencia para implementar prácticas de laboratorio en la asignatura, y una guía práctica para otras instituciones con desafíos similares en la formación de estudiantes en estos campos. Además, se espera que esta iniciativa inspire la adopción de enfoques pedagógicos como el Aprendizaje Basado en Problemas en el ámbito de la educación STEM, generando un impacto positivo en las generaciones futuras de estudiantes y contribuyendo al progreso de la sociedad.

2. MARCO TEÓRICO

Este Capítulo presenta los antecedentes de trabajos similares o competentes a este proyecto, junto con el marco teórico en el cual se describen los conceptos que sostienen este trabajo.

2.1. ANTECEDENTES

La implementación de laboratorios virtuales y remotos, así como el desarrollo y mejora de dispositivos educativos en el campo de las ingenierías eléctrica y electrónica, ha sido objeto de atención por parte de diversos investigadores en los últimos años.

En la Universidad de San Buenaventura, Medellín, Benavides y Morales¹¹ implementaron un laboratorio virtual para la asignatura de instrumentación electrónica. Los autores proponen un enfoque basado en la resolución de problemas (ABP) buscando aumentar la motivación y el interés por los contenidos del programa para brindar una aplicación más real a los conceptos y conocimientos que adquieren en su ciclo formativo. Resaltan que este tipo de pedagogía puede ser aplicada en distintos espacios, ya sea a lo largo de la carrera, en una asignatura en específico o como una técnica didáctica aplicada para la revisión de ciertos aprendizajes de un curso. Este proyecto desarrolló una sola práctica de caracterización de termistores, usando *software* de código abierto como los que ofrece LabView, equipos como PLC, tarjeta de adquisición de datos y servidor. Se llevaron registros de ingresos de los estudiantes a la plataforma para controlar el montaje en orden de realizar un seguimiento del tiempo que le destinaban a esta actividad. Entre otras opciones, también permitía la participación conjunta de distintos estudiantes y compartir datos.

¹¹ MENESES BENAVIDES, Gustavo Adolfo y ORDOSGOITIA MORALES, Cesar Eugenio. Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, 2009. Página 62-73.

Por otro lado, Abdulrahman¹² realiza una revisión de implementaciones de laboratorios remotos en distintas áreas de las ingenierías eléctrica/electrónica. De acuerdo con el autor, los laboratorios remotos ahorran dinero y tiempo debido al intercambio de *hardware* y materiales entre diferentes universidades y debido a su alta disponibilidad las 24 horas del día, los 7 días de la semana desde diferentes ubicaciones. Las principales desventajas de utilizar laboratorios remotos son la falta de experiencia práctica y habilidades de trabajo en equipo, como comunicación y habilidades de liderazgo. En general, los laboratorios remotos familiarizan a los estudiantes con conocimientos y conceptos y brindan habilidades técnicas que se espera que tengan cuando practiquen en el futuro. Pero, los laboratorios presenciales brindan a los estudiantes habilidades de diseño, resolución de problemas y habilidades de trabajo en equipo.

Ruiz¹³ analiza las propiedades STEAM del currículum educativo de la LOCEM, Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa, y desarrolla una propuesta de intervención a través de un proyecto de aprendizaje STEAM que incorpora la robótica educativa y elementos metodológicos como el aula invertida, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje cooperativo. En esta investigación se evidenció que al trabajar los contenidos que formarían parte del proyecto, surgieron otros contenidos complementarios de la metodología de enseñanza y hacían referencia a diferentes ámbitos STEAM. La “Investigación científica” (S), la “comprensión de enunciados y datos” (E), la “resolución de problemas” (E), la “supervisión, evaluación y mejora de productos y proyectos” (E) y la “creatividad en los problemas y sus soluciones” (A) son contenidos que aparecen en el proyecto por su propia estructura metodológica.

¹² ABDULRAHMAN, Almarshoud. The advancement in using remote laboratories in electrical engineering education: a review: European Journal of Engineering Education, 2011. vol. 36.

¹³ RUIZ VICENTE, Francisco Antonio. Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa: Universidad CEU Cardenal Herrera, 2017.

Moura Oliveira, Soares & Cardoso¹⁴ presentan la implementación de un laboratorio portable de tamaño de bolsillo como un tipo de herramienta que puede ser transportada para realizar experiencias prácticas por fuera de un espacio de arquitectura especializada. Hacen uso de un kit basado en Arduino Leonardo para un laboratorio de control de temperatura propuesto por Hedengren¹⁵ en 2019. Esta puesta en marcha se desarrolló con el objetivo de promocionar y motivar a los estudiantes a involucrarse en la ciencia y tecnología del control automático, propuesta impulsada por la Asociación Portuguesa de Control Automático (APCA) y la Federación Internacional de Control Automático (IFAC). Se buscaba controlar la temperatura de un transistor en un lazo de control cerrado usando el microprocesador de la tarjeta y demás elementos del kit para ajustar y monitorear esta variable física. Debido a las complejidades de la pandemia, la socialización del proyecto se desarrolló por medios virtuales con la participación de docentes de distintas escuelas, donde la mayoría mostró gran interés y entusiasmo por implementar esta herramienta.

Finalmente, Ortiz¹⁶ implementa un montaje para controlar un motor de imanes permanentes de forma remota con una placa Arduino Uno y un convertidor DC/DC, con el objetivo de ser una herramienta de apoyo para asignaturas de Ingeniería Eléctrica de la UIS tales como control de *Sistemas Eléctricos, Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas I*; adicionalmente, propone una práctica de laboratorio con el objetivo de controlar y observar los cambios en la velocidad del motor como su respuesta al escalón. El sistema puede ser controlado de manera remota a través de un computador por medio

¹⁴ MOURA OLIVIERA, Paulo; SOARES, Filomena y CARDOSO, Alberto. Pocket-Sized Portable Labs: Control Engineering Practice Made Easy in Covid-19 Pandemic Times: IFAC-PapersOnLine, 2022, Página 150-155. vol. 55.

¹⁵ HEDENGREN, Jhon D. Temperature Control Lab Kit, 2019. Disponible en: <https://apmonitor.com/heat.htm>

¹⁶ ORTÍZ SANTOS, Jhonatan Sneyder. Implementación de práctica de laboratorio con acceso remoto utilizando el microcontrolador Arduino Uno para el control de un motor DC: Universidad Industrial de Santander, 2023

de extensiones gratuitas que ofrece Google, además se dispone de una guía para configurar los equipos.

El desarrollo de dispositivos educativos al igual que la implementación de laboratorios virtuales y remotos, refleja el compromiso por parte de profesores en desarrollar herramientas y estrategias innovadoras que mejoren la calidad y la efectividad del aprendizaje en las disciplinas STEM. Estas iniciativas no solo abren nuevas puertas para la enseñanza práctica, sino que también permiten a los estudiantes interactuar con equipos y llevar a cabo experimentos, enriqueciendo así su experiencia educativa y proporcionándoles una comprensión más profunda y aplicada de los conceptos teóricos.

2.2. MARCO DE REFERENCIA

En este apartado se realiza una contextualización de todos los conceptos necesarios para el desarrollo del presente trabajo de grado.

2.2.1. Constructivismo como modelo pedagógico

El modelo pedagógico de la Universidad Industrial de Santander se basa en el constructivismo.¹⁷ Este modelo contempla la idea de que el conocimiento no se transmite directamente de un maestro a un estudiante, sino que se construye activamente en la mente del estudiante a medida que interactúa con el entorno y se involucra en experiencias de aprendizaje significativas. En el contexto de este proyecto, el constructivismo se convierte en una base fundamental, pues los estudiantes participan activamente en experimentos y actividades que les permiten construir su comprensión de conceptos STEM al interactuar directamente con equipos y materiales del mundo real.

¹⁷ JEAN, Piaget. To understand is to invent: The future of education. New York: Grossman Publishers, 1973. 148 p.

En el enfoque constructivista, se destaca que, aunque el conocimiento se construye individualmente, se perfecciona en grupos al resolver problemas concretos. ¹⁸Esto permite que los estudiantes puedan aprender a diferentes velocidades debido a su experiencia previa o habilidades. Así, el trabajo colaborativo cobra gran importancia, ya que las diferencias entre los estudiantes enriquecen el aprendizaje. Por otro lado, todo proceso educativo sigue una secuencia que comienza identificando los resultados de aprendizaje esperados. Luego, el profesor adapta las estrategias de enseñanza y evalúa el desarrollo de las competencias basándose en el desempeño de los estudiantes.

2.2.2. Aprendizaje basado en problemas

El ABP ha experimentado un notable arraigo en las instituciones de educación superior en los últimos años. Este método de enseñanza-aprendizaje revoluciona la tradicional secuencia del proceso de aprendizaje al invertir su dirección. Mientras que en el enfoque convencional se presenta primero la información y luego se busca su aplicación en la resolución de un problema, el ABP adopta una perspectiva diferente, en donde se potencia el autoaprendizaje y la investigación en los alumnos, otorgándoles la responsabilidad principal de su proceso formativo. Este enfoque implica que los estudiantes se convierten en protagonistas centrales en la búsqueda de soluciones a problemas específicos, siguiendo un ciclo que abarca la presentación del problema, la identificación de necesidades de aprendizaje, la búsqueda de información pertinente y, finalmente, el retorno al problema para aplicar las soluciones. (

¹⁹El ABP se presenta como una estrategia versátil que puede ser integrada de manera amplia a lo largo del plan de estudios de una carrera profesional. Asimismo, tiene la flexibilidad de ser implementado de manera focalizada en un curso específico,

¹⁸ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. ACUERDO No 223 DE 2021, 2021.

¹⁹ FRANK, Moti; LAVY, Ilana y ELATA, David. Implementing the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course: International Journal of Technology and Design Education, 2003. P. 273-288. vol. 13.

adaptándose a las necesidades particulares de dicho programa académico. Además, el ABP puede ser aprovechado como una técnica didáctica específica para abordar y revisar objetivos de aprendizaje particulares dentro de un curso determinado. Esta flexibilidad y adaptabilidad hacen del ABP una herramienta pedagógica adaptable, capaz de responder eficazmente a diversos contextos educativos y metas de aprendizaje. (Frank, Lavy & Elata, 2003).

En la Figura 2 se muestra un proceso de aprendizaje convencional. El cual se caracteriza por la transmisión unidireccional de conocimiento, donde el docente es el centro del proceso educativo y los estudiantes tienen una respuesta pasiva y automática a los estímulos externos. Este enfoque se basa en la reestructuración del conocimiento por parte del estudiante a través de la transmisión de información y la asimilación de contenidos preestablecidos, sin una participación en la construcción del aprendizaje.

Figura 2. Pasos del proceso basado en el aprendizaje convencional.



Fuente: ²⁰Adaptado de VA TEC de Monterrey, 2018. pp. 8.

Mientras que en la Figura 3 se presenta el proceso del Aprendizaje Basado en Problemas, el cual permite que el estudiante aplique sus conocimientos y relacione fácilmente lo que

²⁰ VICERRECTORÍA ACADÉMICA, INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY. Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño. Monterrey, México. El Aprendizaje Basado en Problemas como Técnica Didáctica.

se hace y aprende en el aula con lo que pasa en la práctica. Al enfrentar situaciones de la realidad, los alumnos recuerdan con mayor facilidad la información, ya que se ha expuesto de forma más significativa para ellos.

Figura 3. Pasos del proceso de aprendizaje basado en problemas.



Fuente: Adaptado de VA TEC de Monterrey, 2018. pp.8.

El diseño de problemas para aplicar el ABP debe cumplir con los siguientes criterios:

1. Deben desafiar a los estudiantes a identificar suposiciones, justificar información relevante y determinar pasos para resolverlos.
2. Se deben integrar los objetivos del curso, conectando conocimientos previos con nuevos conceptos y vinculando diversas disciplinas.
3. Las preguntas planteadas en el problema deben ser abiertas, permitiendo múltiples respuestas y fomentando el pensamiento crítico.

²¹Para aplicar la metodología del ABP es necesario que se cumpla con las siguientes características:

²¹ SARDAR ALI, Sheeba. Problem Based Learning: A Student-Centered Approach. English Language Teaching: Canadian Center of Science and Education (CCSE), 2019. vol. 12.

- El proceso de aprendizaje es colaborativo y se trabajará en grupos pequeños.
- El estudiante es quien debe seleccionar la información que considere relevante para abordar el problema presentado.
- El profesor actúa como un facilitador o tutor que ayuda al alumno a explorar las alternativas para llegar a una solución.
- Las necesidades de la información se presentan a medida que se aborda el problema.
- Al terminar la primera sesión, el grupo debe apropiarse de los temas aplicados y en la segunda sesión profundizar en este conocimiento adquirido.
- La retroalimentación debe ser descriptiva, sin enfocarse en lo positivo o negativo, identificando áreas de mejora. Se sugieren evaluaciones en áreas como la preparación para la sesión, uso de material relevante, aplicación de conocimientos previos, iniciativa y organización

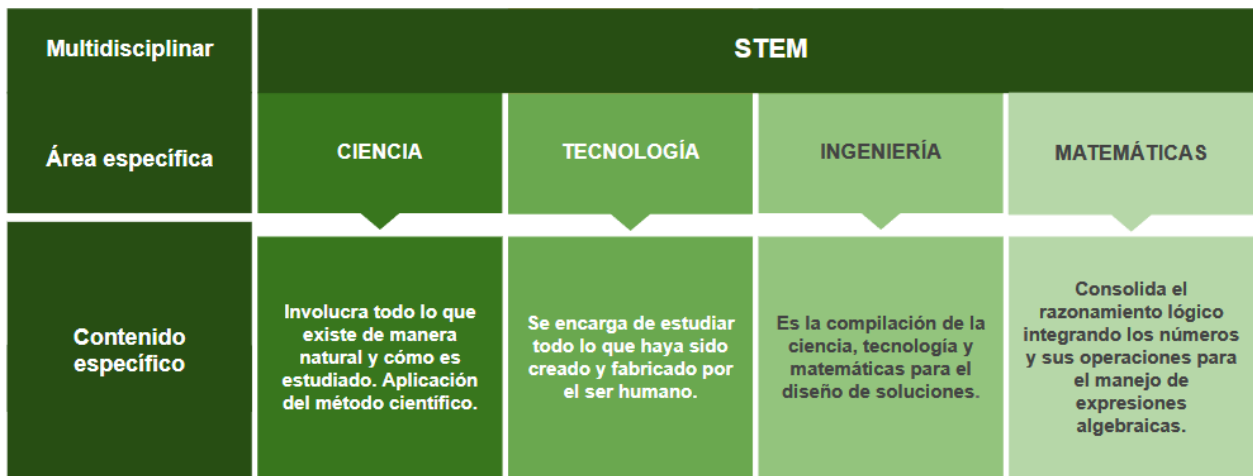
2.2.3. Habilidades en STEM

²²Las habilidades en STEM se definen como un conjunto de conocimientos en las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas que permiten a los estudiantes abordar problemas complejos y desarrollar soluciones innovadoras. Incluyen el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad, la comunicación, la colaboración, la alfabetización de datos y el pensamiento computacional . Estas competencias se vuelven relevantes para los estudiantes que participan en estas experiencias, debido a que les brindan la oportunidad de aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas, fomentando así su interés en el programa académico y su formación profesional.

Dentro del enfoque educativo STEM se deben incluir las 5 áreas de conocimiento para adoptar una filosofía de formación integral y multidisciplinaria, en la Figura 4 se hace referencia a lo que implica cada una.

²² BYBEE, Rodger W. What Is STEM Education?: SCIENCE, 2010. P. 996. vol. 329.

Figura 4. Diagrama del enfoque STEM.



Fuente: ²³Adaptado de Ruiz (2017).

En este trabajo de grado, se busca evaluar las 7 habilidades STEM presentes en la Tabla 1, las cuales permiten definir las competencias en STEM que se deben desarrollar al involucrar el sistema modular de laboratorio.

²³ RUIZ VICENTE, Francisco Antonio. Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa: Universidad CEU Cardenal Herrera, 2017.

Tabla 1. Habilidades STEM.

Habilidades STEM	Descripción
Pensamiento crítico	Capacidad de analizar, evaluar y resolver problemas de manera lógica y sistemática. Implica el razonamiento, la reflexión y la toma de decisiones informadas.
Resolución de problemas	Habilidad para identificar, definir y abordar problemas complejos utilizando enfoques analíticos y creativos para encontrar soluciones efectivas.
Creatividad	Capacidad de para abordar problemas desde diferentes perspectivas, incluida la propia. Implica una disposición hacia la imaginación, el cambio y la flexibilidad para crear y proponer soluciones novedosas en medio de la incertidumbre.
Comunicación	Capacidad de transmitir ideas y conceptos de manera clara y efectiva a través de diversos medios, incluyendo presentaciones, informes escritos y comunicación oral.
Colaboración	Habilidad para trabajar efectivamente en equipo, comunicarse de manera clara y colaborar con otros para lograr objetivos comunes.
Alfabetización de datos	Capacidad de emplear datos cualitativos y cuantitativos como parte del análisis, resolución de problemas, investigación y diseño.
Pensamiento computacional	Razonamiento lógico, descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción y diseño de algoritmos. Cuando se utilizan herramientas tecnológicas, se proporciona el apoyo apropiado para que los estudiantes cuenten con las habilidades de alfabetización digital.

Fuente: ²⁴Adaptado de STEM+ EDUCACIÓN EXPANDIDA PARA LA VIDA, 2021.

²⁴ STEM+ EDUCACIÓN EXPANDIDA PARA LA VIDA. Ministerio de Educación Nacional, 2021.

2.2.4. Laboratorios modulares

Los laboratorios modulares son entornos de aprendizaje flexibles que permiten la realización de prácticas de laboratorio en diferentes ubicaciones y entornos. Están diseñados para ser transportables y configurables, ideales en espacios presenciales y/o remotos. En este caso, el sistema modular de laboratorio del Grupo GISEL se implementa como una estrategia que permite a los estudiantes de las ingenierías Eléctrica y Electrónica de la UIS participar en prácticas de laboratorio fuera de espacios de infraestructura especializada de forma presencial. Esto les brinda la oportunidad de aplicar sus conocimientos teóricos en entornos reales y fomenta el aprendizaje práctico y el desarrollo de competencias STEM.

2.2.5. Introducción a la Ingeniería

Los estudiantes que recién ingresan en Ingeniería Eléctrica o Ingeniería Electrónica son matriculados en el segundo semestre académico en la asignatura de *Introducción a la Ingeniería*, donde se abordan temas relacionados con su formación profesional en estas disciplinas. Esta inmersión temprana busca familiarizar a los estudiantes con los conceptos fundamentales y campos de desempeño de sus respectivos programas, brindándoles una visión integral de lo que abarcará su trayectoria académica y profesional que permita el desarrollo de habilidades metacognitivas. Dentro de esta asignatura se identifican las competencias descritas en la Tabla 2.

Tabla 2. Competencias que se espera desarrollar en la asignatura *Introducción a la Ingeniería*.

COMPETENCIAS		
Cognitivas	Prácticas	Actitudinales y axiológicas
<ul style="list-style-type: none"> ● Comprende cuáles son los posibles perfiles de desempeño de su carrera ● Reconoce los componentes principales del proyecto educativo de su carrera ● Conoce las organizaciones estudiantiles de su escuela ● Reconoce y puede expresar los aportes de los científicos que han influido en el desarrollo de su disciplina. ● Entiende los conceptos básicos de un circuito eléctrico, partiendo de la experimentación en el laboratorio. ● Utiliza adecuadamente el sistema internacional de medidas, principalmente las relacionadas con las medidas de cantidades eléctricas. ● Conoce los componentes de un sistema eléctrico y la funcionalidad del mismo. ● Identifica la estructura del sector eléctrico colombiano. ● Entiende qué es un algoritmo ● Implementa un algoritmo en un lenguaje de programación de un microcontrolador sencillo. ● Implementa enlaces de comunicaciones básicas mediante un microcontrolador 	<ul style="list-style-type: none"> ● Desarrolla en grupo un proyecto práctico propuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Participa activa y responsablemente en grupos colaborativos ● Asume con responsabilidad los compromisos del curso (“Las cosas difíciles están compuestas por todas aquellas cosas fáciles que no hicimos cuando las deberíamos haber hecho.”)

Fuente: ²⁵Adaptado de plan asignatura *Introducción a la Ingeniería*, 2014.

²⁵ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan Asignatura *Introducción a la Ingeniería* (27132). Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (E3T), 2014.

3. METODOLOGÍA

Este Capítulo presenta la metodología empleada para el diseño de las prácticas de laboratorios y su integración a la asignatura de *Introducción a la Ingeniería* para el desarrollo de las competencias en STEM.

3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Para este trabajo de grado, se utilizó un diseño explicativo secuencial dentro del enfoque mixto²⁶, el cual implica la recopilación y el análisis de datos cuantitativos, seguido de la recopilación y el análisis de datos cualitativos. En el apartado cuantitativo se usaron escalas de puntuación para categorizar el desempeño en las distintas pruebas implementadas; mientras que, de forma cualitativa, se analizaron comportamientos de las poblaciones junto a observaciones y comentarios de retroalimentación del mismo ejercicio.

3.2. POBLACIÓN

La muestra para este estudio incluyó la participación de dos grupos de estudiantes de la asignatura *Introducción a la Ingeniería* impartida por un mismo docente, cada grupo estuvo compuesto por 24 alumnos. Un grupo llevó a cabo sus actividades académicas de la asignatura en el horario de 6:00 am a 8:00 am los martes y jueves, este grupo se seleccionó como grupo de prueba. Por otro lado, el otro grupo de la asignatura desarrolló sus actividades académicas en el horario de 8:00 am a 10:00 am en los mismos días, este grupo de selección como grupo de control.

²⁶ HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 6a ed. México D.F.: McGRAW-HIL, 2014.

- **Grupo de prueba:** corresponde al grupo de estudiantes que realizaron las prácticas de laboratorio con el sistema modular de laboratorio. Este grupo participó de forma voluntaria y extracurricular en esta investigación. Para incentivar su cooperación se acordó con el docente otorgar una bonificación académica a aquellos estudiantes que asistieran a todas las sesiones. La participación del grupo de prueba se organizó en equipos de 2 o 3 integrantes que asistieron en los horarios acordados.
- **Grupo de control:** corresponde al grupo de estudiantes que no participó de las prácticas de laboratorio propuestas en este trabajo de grado. Este grupo se utilizó como punto de referencia para medir el impacto de las prácticas de laboratorio para el fortalecimiento de competencias en STEM.

3.3. FASES DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se desarrolló alrededor de cuatro fases que se describen a continuación:

Fase teórica: en la primera etapa se realizó la consulta bibliográfica del material relacionado con los antecedentes del proyecto, los cuales se encuentran en el marco referencial que involucra el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el enfoque STEM y el contenido de la asignatura de *Introducción a la Ingeniería*.

Fase de diseño: en esta fase se crearon instrumentos didácticos, que incluyen: las pruebas diagnósticas (Anexo A), la rúbrica de evaluación de las pruebas diagnósticas (Anexo B), las diapositivas para la programación en Arduino (Anexo C), la primera versión de las guías de laboratorio (Anexo D) y la segunda versión de las pruebas diagnósticas (Anexo G).

Fase de implementación: esta fase comprende actividades previas realizadas con los dos grupos, el desarrollo de las prácticas de laboratorio con el grupo de prueba (Anexo E), y asesorías ofrecidas a los estudiantes del grupo de control para el desarrollo del proyecto de la asignatura.

En las actividades previas se realizaron dos sesiones de clase con los grupos de prueba y de control para instruir a los estudiantes en los fundamentos de programación en la plataforma Arduino, el uso de la placa de desarrollo modelo Arduino Uno y el uso de herramientas de simulación en línea como Tinkercad, acompañado de ejercicios demostrativos. Estas sesiones incluyeron retos prácticos para incentivar la resolución de problemas, así como para aclarar dudas y mostrar aplicaciones sencillas usando estos dispositivos, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Primera clase con el grupo de control (izquierda) y el grupo de prueba (derecha), generalidades de Arduino.



Fuente: Elaborado por los autores.

El desarrollo de las prácticas de laboratorio se llevó a cabo durante el periodo académico 2023-I, desde 14/06 hasta 23/06 del mismo año en el aula 212 del laboratorio de alta tensión. Se organizaron 3 encuentros a los laboratorios para cada equipo de trabajo con una duración de 2 horas. En estos encuentros se aplicó la primera versión de las guías de laboratorio, y se utilizó el método de enseñanza-aprendizaje del ABP, donde los estudiantes debían hacer una lectura previa y en la práctica el tutor se encargaba de

hacer preguntas tipo problema, que debían resolverse en cada grupo de trabajo según el contenido de la guía, en la Figura 6 se muestra la aplicación de una sesión práctica.

Figura 6. Prácticas de dos grupos, izquierda. Instalaciones Eléctricas Domésticas y Control de Luminarias; derecha. Cadena de Abastecimiento de la Energía Eléctrica.



Fuente: Elaborado por los autores.

∉ **Fase de evaluación:** la fase de evaluación se desarrolló en dos momentos mediante la aplicación de una prueba diagnóstica en el grupo de prueba y de control. El primer momento corresponde al inicio del semestre para identificar los conocimientos previos con que los estudiantes iniciaron el curso. El segundo momento corresponde al finalizar el semestre para medir el rendimiento de los estudiantes y determinar su desempeño académico. Estos resultados permitieron realizar la comparación del desempeño de los dos grupos, analizar el impacto del sistema modular de laboratorio en la asignatura y evaluar el desarrollo de las competencias identificadas en el Anexo B. Es importante resaltar que en esta segunda evaluación se incluyeron preguntas adicionales relacionadas con el desarrollo de competencias prácticas.

3.4. IMPLEMENTACIÓN DEL ENFOQUE STEM

Incluir el sistema modular de laboratorio dentro del plan de la asignatura de *Introducción a la Ingeniería*, permite fortalecer los contenidos al ofrecer a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conceptos teóricos en entornos prácticos y colaborativos, impulsando el desarrollo de habilidades en STEM. En este sentido, la Tabla 3 presenta la relación de los contenidos de la asignatura con los principales pilares del enfoque STEM.

Tabla 3. Contenidos de la asignatura *Introducción a la Ingeniería* relacionados con el enfoque STEM.

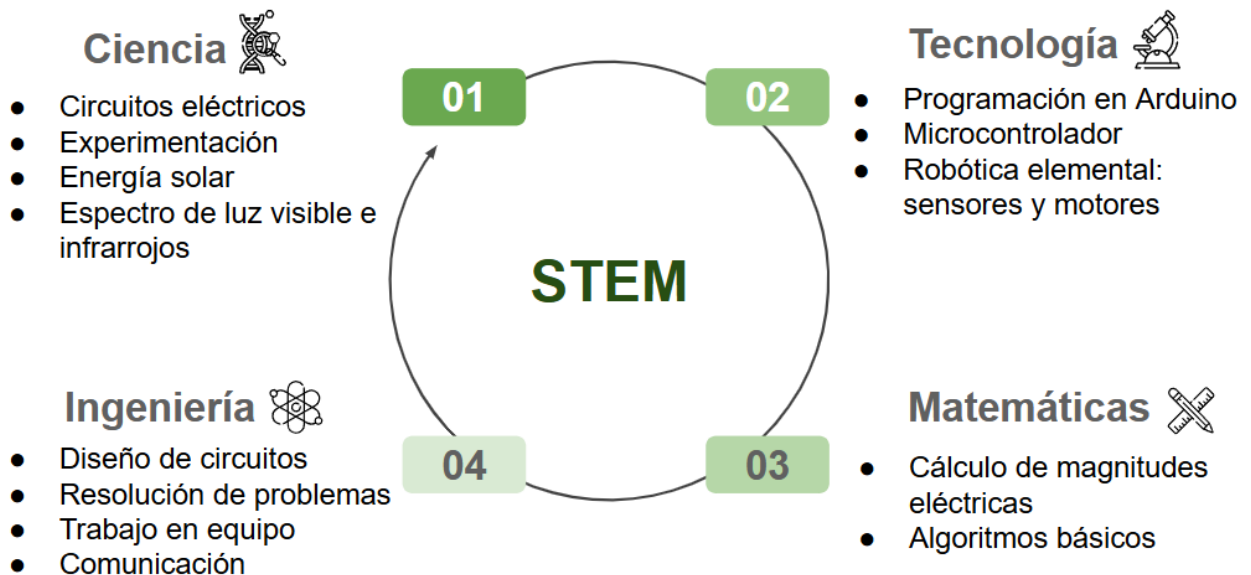
Pilares Enfoque STEM	Contenidos relacionados con la asignatura	Complemento práctico en laboratorios
Ciencia	Se fomenta la comprensión de conceptos básicos como la electricidad y principios de física aplicados a los circuitos eléctricos.	Se adquieren conocimientos sobre los elementos que componen un sistema fotovoltaico, así como el uso de sensores, actuadores y la ciencia detrás de los circuitos eléctricos.
Tecnología	Se promueve la programación en microcontroladores haciendo uso de Arduino.	Mediante el uso de Arduino los estudiantes desarrollan un pensamiento lógico para la programación de sensores y motores.
Ingeniería	Se busca fomentar el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas, trabajo en equipo, comunicación y gestión de recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto de manera efectiva.	Los estudiantes deben colaborar en grupos para abordar problemas prácticos que les permitan diseñar y construir cada componente del sistema modular en el laboratorio.
Matemáticas	Se enfatiza el uso de medidas y unidades estándares en la medición de los parámetros	Se aplican los conceptos matemáticos al calcular los valores de resistencia,

	eléctricos, así como la aplicación de algoritmos y principios matemáticos básicos en la resolución ejercicios.	tensión y corriente que deben evidenciar en los circuitos implementados al igual que el uso de sus respectivas unidades.
--	--	--

Fuente: Elaborado por los autores.

Adicionalmente, en la Figura 7 se relacionan los pilares STEM con los conceptos que se abordan en la asignatura y se aplican en el sistema modular de laboratorio.

Figura 7. Contenidos STEM abordados en la implementación del sistema modular de laboratorio.



Fuente: Elaborado por los autores.

La interconexión entre los pilares del enfoque STEM y los conceptos específicos abordados en la asignatura, que luego son aplicados en el sistema modular de laboratorio, crea un entorno educativo integral. Esta sinergia no solo enriquece la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, sino que también les proporciona una base sólida y práctica para enfrentar desafíos del mundo real. Al trabajar en proyectos colaborativos dentro del laboratorio, los estudiantes no solo adquieren conocimientos

teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas y competencias interpersonales. Preparándose para enfrentar situaciones complejas y multidisciplinarias fuera del entorno académico.

3.5. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA A PARTIR DEL ABP PARA EL SISTEMA MODULAR DE LABORATORIO

El ABP se basa en situaciones reales (problemas) como punto de partida y sigue un proceso definido, sumativo y progresivo que una vez finaliza puede volver a empezar con nuevas preguntas generadas durante su desarrollo. Usualmente en esta metodología se sigue una serie de pasos, tales como:

1. Identificación del problema
2. Análisis del problema
3. Formulación de preguntas de investigación
4. Búsqueda y procesamiento de la información
5. Colaboración y discusión
6. Desarrollo de soluciones
7. Presentación y evaluación

La aplicación del ABP en el caso específico del sistema modular de laboratorio se planteó en una estructura de tres momentos principales para el desarrollo de las actividades.

En primer lugar, los estudiantes iniciaron con un estudio preliminar mediante la lectura de una serie de guías y materiales audiovisuales para presentar los conceptos, temas y herramientas pertinentes a la actividad junto con una contextualización del problema que se iba a tratar y los objetivos a lograr.

Posteriormente, se plantearon situaciones tipo problema que los grupos debían abordar, aprovechando los conocimientos previos y las herramientas proporcionadas en las guías

mientras el docente o tutor interviene para orientar el trabajo. En esta fase se fomenta la investigación y revisión de los conceptos claves para enfrentar los desafíos planteados mientras se comparten los conocimientos adquiridos.

Finalmente, los grupos realizan una presentación donde exponen sus soluciones y se retroalimentan los aspectos más relevantes del proceso. Adicionalmente, los estudiantes responden un cuestionario para afianzar los conceptos y temas tratados.

La metodología aplicada se sintetiza en la Figura 8, la cual ilustra las tres etapas fundamentales para la implementación del método ABP en el sistema modular de laboratorio.

Figura 8. Etapas de aplicación del método ABP.



Fuente: Elaborado por los autores.

Así mismo, el desarrollo de habilidades basadas en competencias en STEM requiere de una metodología de enseñanza activa; por lo que se consideraron una serie de factores relevantes para este proyecto tratando de dar el mejor uso de los recursos y espacios disponibles:

- **Presentación del sistema modular de laboratorio:** se presentó el sistema modular de laboratorio como parte integral de la asignatura y se le asignó un porcentaje dentro de las notas.
- **Grupo de trabajo:** se conformaron grupos de trabajo entre 2 y 3 estudiantes.
- **Programación de los laboratorios:** se establecieron 3 sesiones de laboratorio, cada una con una guía específica:
 - Laboratorio 1: Cadena de Abastecimiento de la Energía Eléctrica.
 - Laboratorio 2: Instalaciones Eléctricas Domésticas y Control de Luminarias.
 - Laboratorio 3: Control Automático de un Puente Levadizo.
- **Tiempo y disposición:** los laboratorios fueron diseñados para contar con 2 horas de Trabajo Asistido por el Docente (T.A.D) y 2 horas de Trabajo Independiente (TI).
- **Infraestructura física:** los laboratorios pueden aplicarse en cualquier aula que cuente con una mesa de dimensiones mínimas de 80x120cm para garantizar que el sistema modular de laboratorio se construya sobre una superficie plana y de tamaño adecuado.
- **Herramientas del aula:** se disponía de una lámpara solar, destornillador de pala, y multímetros para el desarrollo de las actividades. Era fundamental que el estudiante contara con acceso a un dispositivo inteligente o equipo de cómputo que le permitiera visualizar los videos incluidos en las guías.
- **Presentación del problema:** en cada laboratorio se expusieron diferentes situaciones tipo problema que los estudiantes podían resolver aplicando los conceptos clave expuestos en la guía.

- **Rol del docente:** el docente es un facilitador o un tutor, es quien presentaba el problema y las estrategias claves para afrontarlo, es la persona encargada de retroalimentar y fomentar el autoaprendizaje de los mismos estudiantes, mejorando sus iniciativas.
- **Rol del estudiante:** el actor principal de su aprendizaje, por eso debían leer antes las guías y presentar las inquietudes en el aula. Se esperaba que identificaran la información necesaria para abordar el problema planteado, presentar las dudas al tutor y sus supuestos.
- **Presentación oral:** al finalizar los laboratorios, cada grupo debía exponer el funcionamiento de todas las etapas del sistema modular de laboratorio en conjunto. El tutor preguntaba aleatoriamente a un estudiante para poder responder la pregunta.

4. RESULTADOS

Este Capítulo evidencia el desarrollo de los objetivos planteados, en donde se detalla cada proceso realizado para alcanzar cada objetivo y se analizan los resultados obtenidos a raíz de las prácticas propuestas.

4.1. IDENTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS PARA LA EVALUACIÓN

En concordancia con las competencias propias de la asignatura y las habilidades propuestas por el enfoque educativo STEM para Colombia, se seleccionaron las siguientes competencias para su evaluación en la prueba diagnóstica:

- **Resolución de problemas:** habilidad para identificar y abordar problemas complejos utilizando enfoques analíticos y creativos para encontrar soluciones efectivas.
- **Diseño de soluciones:** capacidad de plantear y diseñar soluciones mediante la creatividad y la aplicación de conocimientos en ingeniería, ciencia y tecnología.
- **Pensamiento analítico:** comprensión de los principios y conceptos detrás de la tecnología y la capacidad de aplicarlos para resolver problemas de la vida cotidiana.
- **Conocimientos eléctricos/electrónicos básicos:** identifica componentes, variables eléctricas y unidades de medida en un sistema eléctrico.

Con acompañamiento de un docente de la Escuela de Educación UIS, se diseñó una rúbrica de evaluación enfocada a las competencias anteriormente descritas; esta herramienta desglosa las preguntas realizadas en las pruebas diagnósticas a nivel de la competencia a la cual pertenecen, el componente de la pregunta y las figuras de mérito para clasificar las respuestas de esta (ver Anexo B).

Las calificaciones usan una escala cuantitativa de cero a cien (0-100) y se reparten de forma cualitativa en las siguientes clases:

Sin evidencia (N):	0
Insuficiente (I):	10-59
Aceptable (A):	60-79
Satisfactorio (S):	80-89
Excelente (E):	90-100

Los rangos seleccionados fueron producto de la asesoría y acompañamiento del docente pedagogo para emplear una curva de calificación usada en ámbitos educativos.

4.2. DISEÑO DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DEL SISTEMA MODULAR DE LABORATORIO

Las guías de laboratorio surgen a partir de las prácticas identificadas en el sistema modular de laboratorio. Cada práctica se creó para orientar las distintas actividades sobre el sistema modular, siguiendo una estructura estándar para presentar los contenidos como introducción, objetivos de la práctica, marco teórico, metodología y evaluación.

Las prácticas de laboratorio fueron diseñadas para ser desarrolladas de manera independiente sin seguir ninguna secuencia, es decir, los estudiantes podrían iniciar con cualquiera de las tres prácticas y aprovechar la facilidad de separar el sistema modular de laboratorio en distintos sectores sin interferir con el trabajo de otro grupo, las prácticas diseñadas son las siguientes:

€ **Cadena de abastecimiento de energía eléctrica:**

La práctica pretende instruir a los estudiantes en desarrollar una cadena de abastecimiento de energía eléctrica, usando componentes sencillos como paneles solares, módulos reguladores de tensión y de seguimiento del MPPT (seguidor de punto de máxima potencia por sus siglas en inglés), baterías, entre otros elementos. Mediante este laboratorio se busca desarrollar en los estudiantes de forma práctica los conceptos básicos relacionados a circuitos eléctricos tales como: corriente, tensión y potencia; las características de las conexiones en serie, en paralelo y las combinaciones serie-paralelo; la regulación de tensión y el almacenamiento de energía. Adicionalmente, relacionar conceptos como la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, las energías renovables, entre otros conceptos.

La práctica se enfoca en el desarrollo de una cadena sencilla de abastecimiento de energía eléctrica basada en generación solar fotovoltaica. Esta cadena de abastecimiento inicia con dos generadores solares fotovoltaicos compuestos por seis paneles solares cada uno. Cada generador se conecta a un módulo MPPT que extrae la máxima potencia del generador y regula la tensión de salida. Cada módulo MPPT es conectado en paralelo a dos sistemas, el primero corresponde a un sistema de almacenamiento de energía compuesto por un módulo cargador de baterías y una batería tipo LiPo (Lithium Polymer, por sus siglas en inglés); el segundo sistema corresponde a un módulo elevador de tensión que tiene como objetivo representar una subestación que marca el inicio del sistema de transmisión de energía eléctrica. El otro extremo del sistema de transmisión de energía es conectado a un módulo reductor de tensión para representar una subestación que marca el final del sistema de transmisión y el inicio del sistema de distribución de energía eléctrica. Los documentos relacionados a esta práctica de laboratorio se encuentran en el Anexo D.

€ **Instalaciones eléctricas domésticas y control de luminarias:**

Esta práctica pretende instruir a los estudiantes en instalaciones eléctricas residenciales y el control automatizado de la iluminación, usando componentes sencillos como interruptores, resistencias, LEDS (diodos emisores de luz, por sus siglas en inglés), sensores de intensidad lumínica, tarjetas Arduino, entre otros elementos. En este laboratorio se busca desarrollar en los estudiantes diferentes conceptos relacionados a los circuitos eléctricos, tales como: la Ley de Ohm, las Leyes de tensión y de corriente de Kirchhoff, código de colores en resistencias, limitadores de corriente, programación en Arduino. Adicionalmente, relacionar conceptos como cargas eléctricas, instalaciones eléctricas, distribución de la energía eléctrica y el control y automatización de procesos.

La práctica se enfoca en el desarrollo de dos sistemas principales, el primer sistema corresponde a la instalación eléctrica residencial de las casas del sistema modular y el segundo sistema corresponde al control automático del alumbrado público de la pista.

Para desarrollar la instalación eléctrica de las casas los estudiantes deben seguir una serie de especificaciones, tales como: utilizar un interruptor maestro que controle el flujo de energía de todo el hogar, usar interruptores que controlen cada sección de la casa por separado, emplear diodos LEDS para representar las diferentes cargas eléctricas residenciales y disponer de elementos limitadores de corriente según la necesidad energética de los LEDS utilizados.

Por otra parte, para el desarrollo del control automático del encendido y apagado de las luminarias públicas del sistema modular, se utiliza un sensor de intensidad de luz, y una tarjeta Arduino. Los estudiantes utilizan la información entregada en las sesiones de clase previas al inicio de las prácticas de laboratorio, los códigos de ejemplo y las librerías necesarias para utilizar el sensor. Se espera que el estudiante establezca un punto de umbral en el sensor para energizar o no los

LEDS creando un control *ON/OFF*. Los dos sistemas, tanto la red eléctrica doméstica como la red eléctrica y el sistema de control del alumbrado público son alimentados por el final de la cadena de abastecimiento desarrollada en la práctica anterior. Los documentos relacionados a esta práctica de laboratorio se encuentran en el Anexo D.

☒ **Control automático de un puente levadizo:**

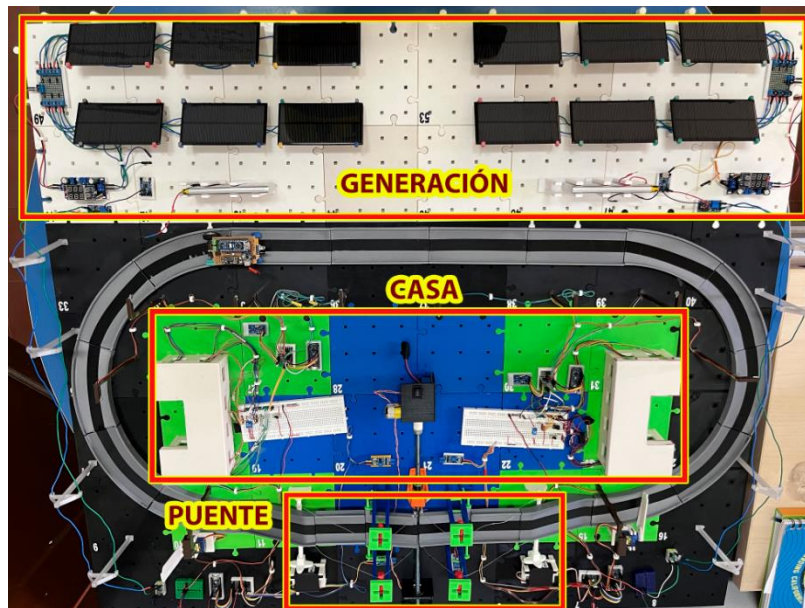
La tercera práctica profundiza y amplía los conocimientos en el control y automatización introducidos en la práctica anterior, al explorar otra aplicación de uso final de la energía eléctrica para ofrecer un servicio a la ciudad, en este caso: controlar la movilidad de los transportes fluviales y terrestres en un mismo punto del sistema. Se introducen nuevos elementos, como sensores infrarrojos de proximidad y servomotores de posición y de rotación, lo que permite el uso de estructuras de programación más complejas y realizar varias acciones de control simultáneas.

En esta experiencia, los estudiantes deben crear un algoritmo que prioriza el cruce de un barco por debajo de un puente levadizo mientras el puente se abre y se señala este proceso en la vía. Para lograr este objetivo, se debe segmentar el problema en los distintos escenarios posibles y programar adecuadamente los elementos actuadores del sistema, tales como: el ángulo de movimiento de la talanquera vehicular mediante el servomotor de posición, la velocidad y las revoluciones de los servomotores de rotación para abrir o cerrar los tramos del puente, registrar la posición del barco mediante los sensores de proximidad y regular correctamente el paso de vehículos por el puente usando un semáforo. Debido a la complejidad de la secuencia, el orientador ofrece una asesoría más detallada sobre la programación y el control de los sensores y actuadores. Cabe destacar que esta sección del módulo se basa en los conocimientos y habilidades adquiridos en las prácticas anteriores. Este sistema es energizado mediante el

sistema de distribución obtenido como resultado en la primera práctica de laboratorio. Los detalles y especificaciones se encuentran en el Anexo D.

Cada una de las prácticas proporciona un escenario para el desarrollo de habilidades técnicas y el aprendizaje de conceptos fundamentales en Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica. Estas prácticas enriquecen la experiencia educativa de los estudiantes y los preparan para enfrentar desafíos del mundo real desde los primeros semestres de formación, además, se promueve un aprendizaje significativo y se fomenta el desarrollo de competencias en STEM. Al finalizar las prácticas de laboratorio los estudiantes pueden evidenciar la integración de todas las etapas que componen el sistema modular de laboratorio, como se muestra en la Figura 9. En esta Figura se evidencian las tres etapas que conforman el sistema modular de laboratorio, la primera etapa corresponde a la cadena de abastecimiento de energía eléctrica, en la segunda etapa se involucran en las instalaciones domésticas y control de las luminarias que conforman la pista, y finalmente, la tercera etapa involucra el control automático de un puente levadizo.

Figura 9. Sistema modular de laboratorio ensamblado.



Fuente: Elaborado por los autores.

4.3. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

El análisis del impacto de las prácticas de laboratorio abarca una evaluación cualitativa, cuantitativa y a nivel de competencias, utilizando los resultados de las pruebas diagnósticas de los grupos de prueba y control. Se consideraron únicamente los estudiantes que respondieron ambas pruebas diagnósticas (prueba inicial y final de semestre), lo que resultó en un total de 18 muestras para el grupo de prueba y 19 muestras para el grupo de control.

Dado que la participación en las prácticas de laboratorio era voluntaria, se tomó en cuenta únicamente a los estudiantes del grupo de prueba que participaron en al menos dos prácticas. Esto redujo la población del grupo de prueba a 12 muestras. Para mantener la equivalencia con el grupo de control, se seleccionaron aleatoriamente 12 muestras de este grupo.

4.3.1. Análisis cualitativo

El análisis cualitativo inicia con una comparación de la tasa de aprobados y reprobados en los dos grupos participantes en esta investigación. La Figura 10 presenta un gráfico de anillos que muestra la distribución de estudiantes aprobados/reprobados en el grupo de prueba y en el grupo de control respectivamente, luego de presentar la prueba diagnóstica inicial y la prueba diagnóstica final.

Figura 10. Porcentaje de estudiantes aprobados y reprobados en los grupos de prueba y de control.

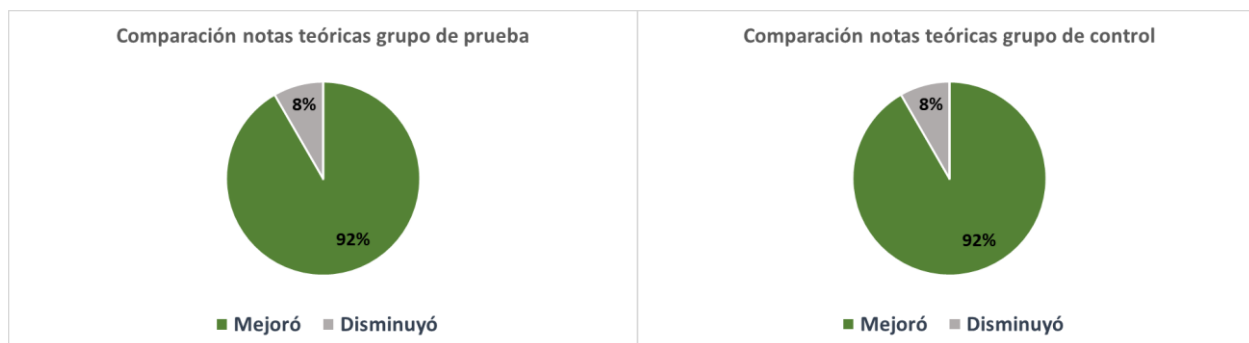


Fuente: Elaborado por los autores.

En la Figura 10, el anillo interior del gráfico corresponde a los resultados de la primera prueba diagnóstica, mientras que el anillo externo muestra los resultados de la segunda prueba. Se observa que ambos grupos obtuvieron resultados similares en la prueba diagnóstica realizada al inicio del semestre, lo que indica que parten en igualdad de condiciones en este aspecto. Además, ambos grupos mejoraron su desempeño en la prueba realizada al finalizar el semestre, pero el grupo de prueba se caracterizó por alcanzar una tasa de aprobados del 100%, mientras que el grupo de control solo llegó al 83%.

En la Figura 11, se realiza una revisión individual del desempeño académico de cada estudiante, comparando el resultado de la segunda prueba con el desempeño obtenido al inicio del semestre. Se observa una tendencia similar en ambos grupos. Donde el 92% de los estudiantes mejoró su desempeño en la segunda prueba. Sin embargo, se destaca un 8% de estudiantes que disminuyó su rendimiento al obtener resultados inferiores en comparación con la prueba inicial.

Figura 11. Cambios en el desempeño en la segunda prueba diagnóstica.



Fuente: Elaborado por los autores.

Al reflexionar sobre estos resultados, se identificaron circunstancias que podrían explicar por qué algunos estudiantes disminuyeron su rendimiento en la segunda prueba. Una de ellas es que la participación de los estudiantes en esta investigación fue voluntaria. Además, la segunda evaluación diagnóstica se llevó a cabo al final del semestre, cuando la mayoría de las actividades académicas habían concluido y las calificaciones finales ya estaban determinadas. Además, el tiempo empleado para responder la segunda prueba fue menor en comparación con la prueba inicial. En este contexto, la participación en esta prueba no representaba un beneficio o incentivo adicional en las calificaciones de los estudiantes.

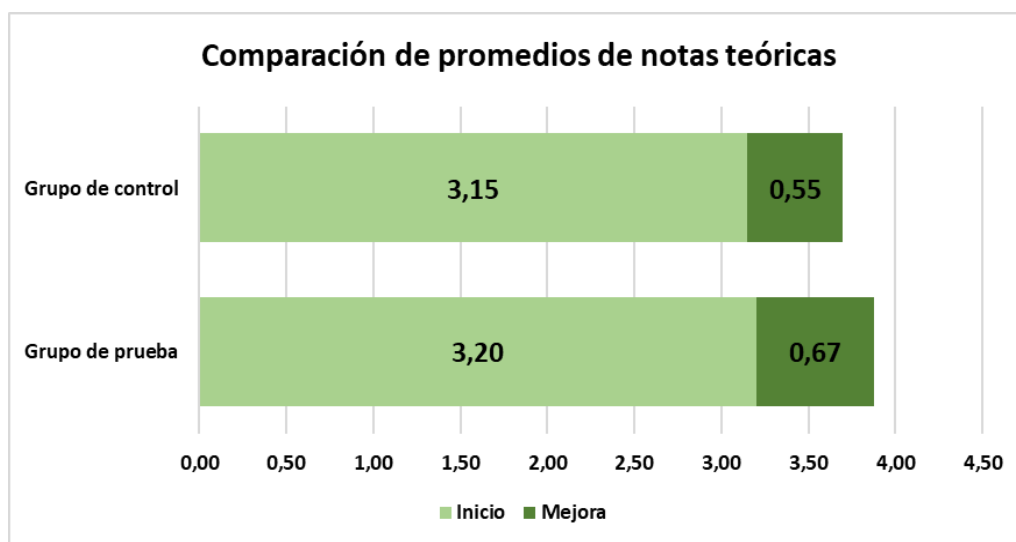
Es evidente que estas circunstancias pudieron influir en el desempeño de los estudiantes y contribuir a la obtención de resultados por debajo de lo esperado. Por lo tanto, para investigaciones futuras, es importante asegurar condiciones equitativas y crear entornos propicios que motiven a los estudiantes a desarrollar su máximo potencial.

4.3.2. Análisis cuantitativo

En el análisis cuantitativo, se evaluaron los resultados de ambos cursos utilizando una escala de 0 a 5, donde una nota suficiente para aprobar se consideró igual o mayor a 3.

Los resultados se registraron de manera numérica en un diagrama que contempla el promedio ponderado de cada grupo junto con el crecimiento experimentado en relación con la segunda prueba. Estos datos se presentan en la Figura 12.

Figura 12. Promedio de notas por grupos en pruebas teóricas.



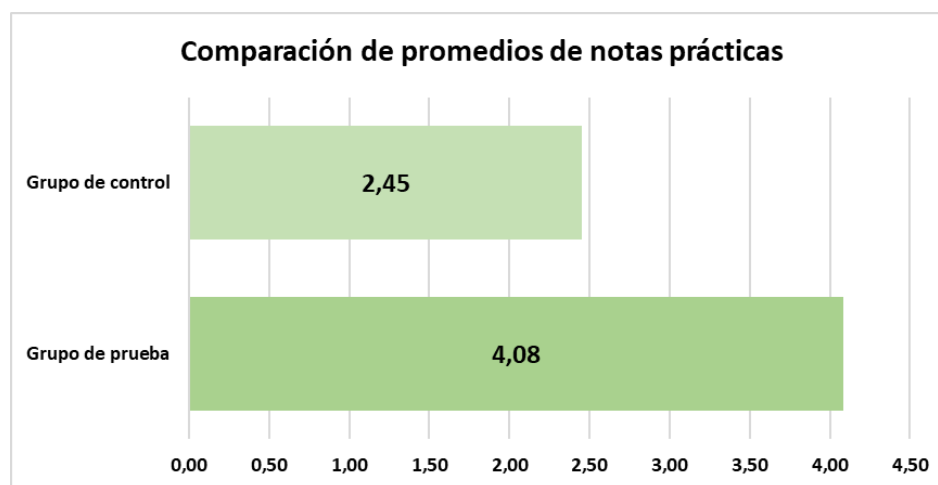
Fuente: Elaborado por los autores.

Como indican las leyendas, la barra horizontal superior corresponde a los datos del grupo de control, mientras que la barra inferior corresponde al grupo de prueba. La leyenda de inicio indica el promedio que obtuvo cada grupo en su primera prueba, donde ambos grupos aprobaron como conjunto y la diferencia entre ellos fue de 5 centésimas. Por otro lado, la leyenda de mejora hace referencia al aumento en el promedio de cada grupo. En el caso del grupo de control, su promedio pasó de ser 3.15 a 3.7, mientras que el grupo de prueba pasó de 3.2 a 3.87, exhibiendo una mejora mayor en 12 décimas respecto al otro curso.

Es importante señalar que los resultados presentados anteriormente se centran en el apartado teórico de las pruebas diagnósticas. Sin embargo, en la segunda prueba se agregó una nueva sección que evaluaba aspectos prácticos, la cual no estaba presente en la primera aplicación. Por esta razón, en la Figura 13 se muestran los resultados

obtenidos para este nuevo apartado, que evalúa las competencias prácticas desarrolladas por los estudiantes. Esta figura permite comparar las notas promedio obtenidas en el grupo de prueba y en el grupo de control.

Figura 13. Nota práctica promedio de los grupos en prueba práctica.



Fuente: Elaborado por los autores.

Se observa que el grupo de control reprobó en esta competencia al obtener un promedio de 2,45, mientras que el grupo de prueba obtuvo una calificación de 4,08. Aunque la asignatura no cuenta con prácticas de laboratorio establecidas, los estudiantes realizan un proyecto de asignatura que busca, entre otras cosas, desarrollar este tipo de competencias. Por lo tanto, se destaca el buen desempeño obtenido por el grupo de prueba en este apartado, lo que refleja el resultado de interactuar con el sistema modular y de participar en las prácticas de laboratorio.

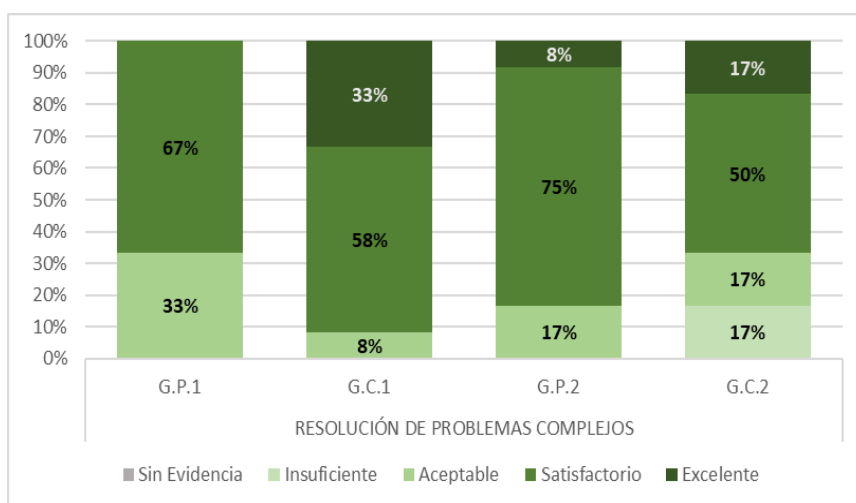
4.3.3. Análisis por competencias

Como se menciona en la sección 4.1, se identificaron 4 competencias fundamentales para la evaluación y el desarrollo de las experiencias. Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presenta un análisis de los resultados a partir de las competencias

identificadas. Para facilitar la interpretación de la información, se presentan gráficos para cada competencia con abreviaciones como G.P. (Grupo de Prueba), G.C. (Grupo de Control), mientras que el número que acompaña hace referencia a la prueba, 1 para el examen de inicio de semestre y 2 para el examen final.

En la Figura 14 se presenta el desempeño de los estudiantes en la competencia de **resolución de problemas**. Al analizar los resultados obtenidos en la primera prueba, el grupo de control se destaca por obtener un 33% de las respuestas en la categoría excelente y un 58% de las respuestas en la categoría satisfactorio, mientras que el grupo de prueba solo alcanzó la categoría satisfactoria en un 67% de las respuestas.

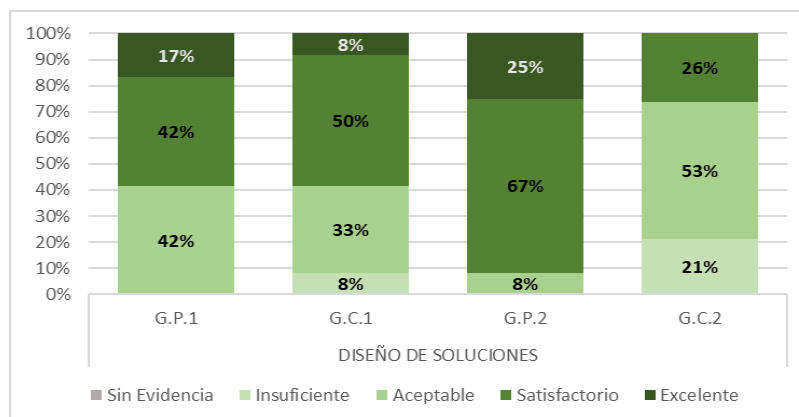
Figura 14. Desempeño en la competencia 1: Resolución de problemas.



Fuente: Elaborado por los autores.

Por otro lado, los resultados de la segunda prueba muestran que el grupo de prueba mejoró su rendimiento alcanzando la categoría excelente en un 8% de las respuestas y un 75% en la categoría satisfactorio, respectivamente. Mientras tanto, el grupo de control disminuyó su desempeño en la categoría excelente, pasando a un 17%, y aparece un 17% de respuestas en la categoría insuficiente.

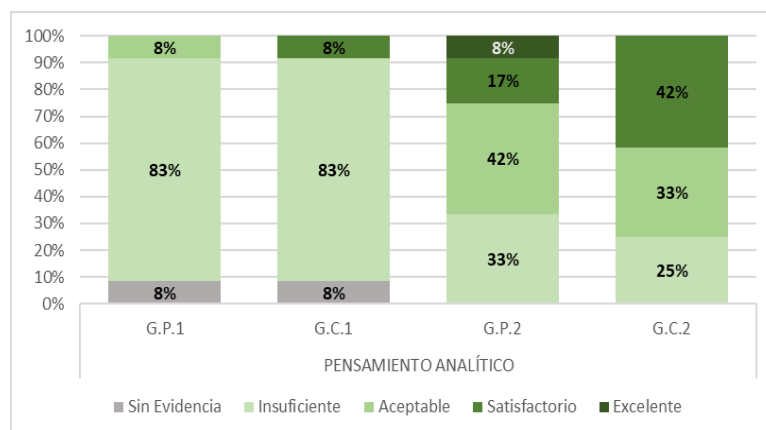
Figura 15. Desempeño en la competencia 2: Diseño de soluciones.



Fuente: Elaborado por los autores.

La Figura 15 presenta el desempeño de los estudiantes en la competencia **diseño de soluciones**. Al observar los resultados de la prueba inicial, el grupo de prueba obtuvo mejores resultados en esta competencia en comparación con el grupo de control. Además, el grupo de prueba mejoró sus resultados, aumentando el porcentaje de respuestas en categoría excelente y satisfactorio. Por otro lado, el grupo de control disminuyó su rendimiento, aumentando el porcentaje de respuestas en las categorías insuficiente y aceptable, y eliminando el porcentaje de respuestas en la categoría excelente.

Figura 16. Desempeño en la competencia 3: Pensamiento analítico.

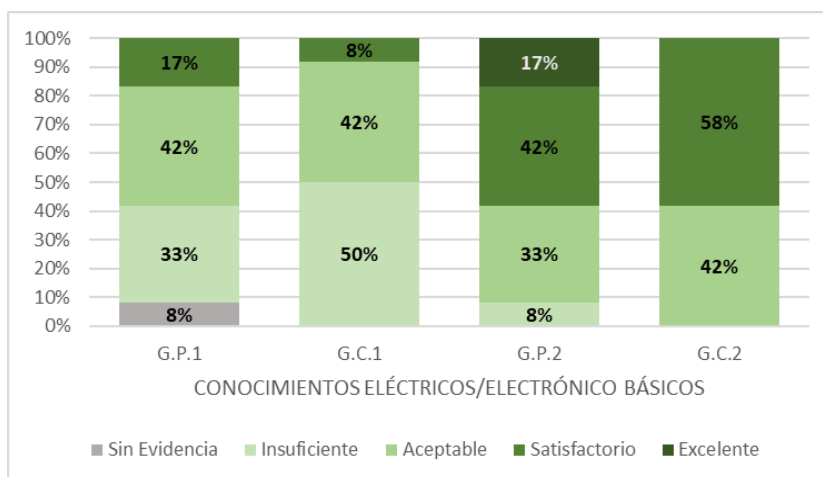


Fuente: Elaborado por los autores.

Los resultados de la competencia **pensamiento analítico** se presentan en la

Figura 16. En esta figura se puede observar que tanto el grupo de prueba como el grupo de control mejoraron su desempeño en la segunda prueba. No obstante, el grupo de prueba alcanzó un 8% de respuestas en la categoría excelente, mientras que el grupo de control obtuvo un 42% de respuestas en la categoría satisfactorio. También se destaca que en la segunda prueba desaparecen las preguntas sin respuesta que en la prueba inicial representaron el 8% en esta competencia.

Figura 17. Desempeño en la competencia 4: Conocimientos eléctricos/electrónicos básicos.



Fuente: Elaborado por los autores.

Finalmente, en la Figura 17 se muestran los resultados de la competencia **conocimientos eléctricos/electrónicos**. Se observa que ambos grupos mejoraron significativamente su desempeño. Sin embargo, los resultados del grupo de prueba muestran un patrón particular: los porcentajes de respuestas en cada categoría pasan a la categoría siguiente en la segunda prueba. Por ejemplo, el porcentaje de respuestas en la categoría sobresaliente pasa a la categoría excelente, y el porcentaje de respuestas en la categoría sin evidencia pasa a la categoría insuficiente.

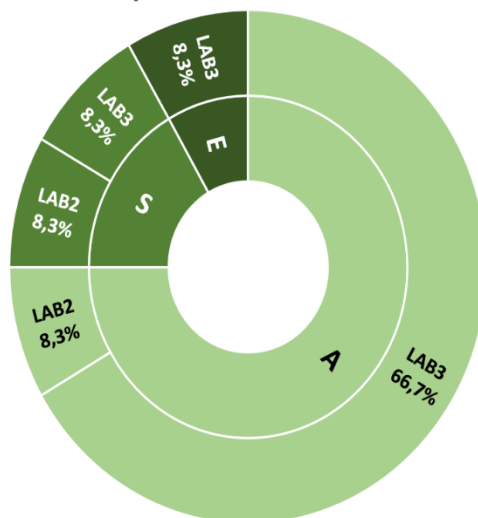
Con respecto al grupo de control, aumenta el porcentaje de respuestas en la categoría satisfactorio, se mantiene el porcentaje de respuestas en la categoría aceptable y desaparecen las respuestas en la categoría insuficiente.

4.3.4. Incidencia de los laboratorios

En la Figura 18 se presenta un diagrama de anillos que clasifica los resultados de los estudiantes del grupo de prueba según la categoría correspondiente, en comparación con el porcentaje de asistencia a las prácticas de laboratorio propuestas en este estudio. Se observa que el 8,3% de los estudiantes que asistieron a las tres prácticas de laboratorio obtuvieron un resultado total de la prueba en la categoría excelente. Sin embargo, también se evidencia un 8,3% de estudiantes que realizaron las tres prácticas de laboratorio y obtuvieron un resultado en la categoría satisfactorio, mientras que un 66,7% se ubicó en la categoría aceptable. Por otro lado, se puede observar un 8,3% de estudiantes que realizaron dos prácticas de laboratorio y alcanzaron un desempeño satisfactorio.

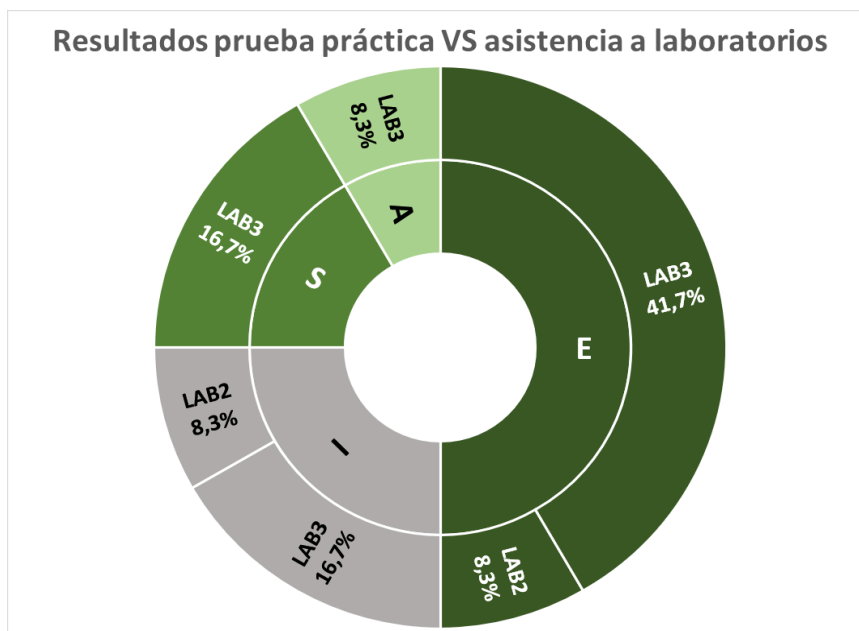
Figura 18. Clasificación del grupo de prueba en preguntas teóricas.

Tasa de aprobados 2da prueba teórica VS asistencia a laboratorios



Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 19. Clasificación del grupo de prueba en preguntas prácticas



Fuente: Elaborado por los autores.

De manera similar, la Figura 19 presenta la clasificación del grupo de prueba en el apartado práctico en conjunto con la asistencia a las prácticas de laboratorio. Aunque la porción de estudiantes que asistieron a sólo dos laboratorios representa el 16,6% de toda la población, resulta interesante ver que este grupo se reparte en partes iguales en los dos extremos de las categorías; 8,3% en insuficiente y 8,3% en excelente, mientras que los estudiantes que participaron de todas las prácticas se encuentran en todas las categorías, especialmente en excelente con un 41,7%; esta distribución podría indicar que hay estudiantes que comprenden fácilmente los aspectos prácticos mientras que otros requieren de más sesiones para su asimilación.

4.4. EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Tras la implementación de las prácticas de laboratorio con el grupo de prueba, se realizó una encuesta anónima como retroalimentación para recopilar la apreciación de los

estudiantes sobre aspectos de la experiencia. La Tabla 4 detalla los niveles de satisfacción.

Tabla 4. Porcentajes de satisfacción respecto a las prácticas.

		Muy bajo	Bajo	Aceptable	Bueno	Excelente
Ítems 1	Descripción	1	2	3	4	5
1.1	¿La estructura de las guías de laboratorio fue fácil de comprender?	0%	6%	24%	41%	29%
1.2	¿Considera que la explicación de la práctica de laboratorio fue coherente con las guías?	0%	0%	12%	41%	47%
1.3	¿El tiempo asignado para cada práctica de laboratorio fue adecuado para su desarrollo?	5%	18%	24%	24%	29%
1.4	¿Recibió suficiente orientación y apoyo por parte del profesor o instructor durante las prácticas de laboratorio?	0%	0%	24%	29%	47%
1.5	¿El sistema modular de laboratorio aporta una visión general sobre el programa académico que está estudiando?	0%	0%	12%	41%	47%
1.6	¿Cuál es su nivel de satisfacción general con las prácticas de laboratorio realizadas?	0%	0%	18%	29%	53%
1.7	¿Considera que las prácticas de laboratorio han sido relevantes y aplicables a los contenidos teóricos del curso?	0%	0%	18%	24%	59%
1.8	¿Considera que las prácticas de laboratorio han sido útiles para la comprensión y aplicación de los conceptos teóricos?	0%	0%	6%	47%	47%

Fuente: Elaborado por los autores.

A partir de las respuestas de los estudiantes, se identificaron diversas áreas de mejora. Uno de los aspectos destacados fue la cantidad de contenido en cada guía, que resultó ser elevada en comparación con el tiempo disponible para llevar a cabo las prácticas. A pesar de que el tutor ofrecía orientación para abordar las dudas que surgían, en algunas

ocasiones no fue factible completar todas las actividades planificadas durante la sesión debido a esta restricción de tiempo.

A pesar de estos desafíos, las prácticas de laboratorio fueron bien recibidas por los estudiantes. En general, el desarrollo de las prácticas con el sistema modular de laboratorio les proporcionó una comprensión más amplia y tangible de los conceptos relacionados con sus programas académicos. Además, les brindó la oportunidad de aplicar y reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en el salón de clase mediante un entorno práctico y experimental.

Considerando las observaciones realizadas por los estudiantes, se procedió a modificar las guías de laboratorio. Los principales cambios incluyen la división de las prácticas en dos secciones: una sección de conocimientos previos sobre el manejo de componentes y equipos necesarios, y una sección de aplicación centrada en la resolución de problemas utilizando los conocimientos adquiridos en prácticas anteriores. En este sentido, la reestructuración de las prácticas involucró como pilar fundamental el ABP. Esta estrategia busca construir el conocimiento de manera continua y secuencial, por lo que en el desarrollo de las nuevas guías se evitó la misma información teórica suministrada en las demás prácticas. Las nuevas prácticas de laboratorio se presentan en el Anexo G.

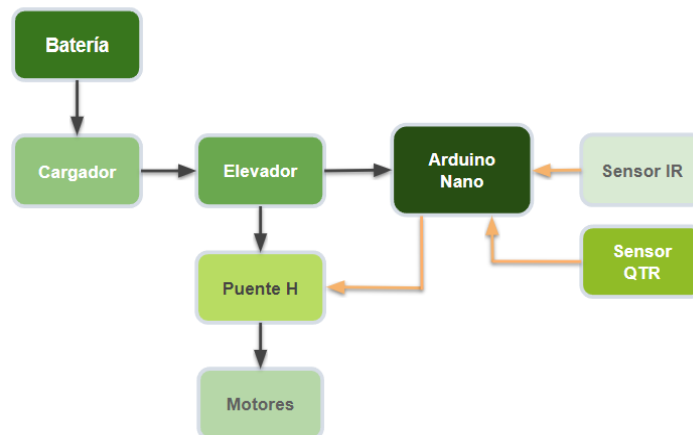
4.5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARRO SEGUIDOR DE LÍNEA

El propósito de la práctica de laboratorio con un carro seguidor de línea es fortalecer las competencias en STEM mediante la programación de un vehículo capaz de seguir la trayectoria de una línea negra suspendida en la superficie de la carretera del sistema modular, para ello, el carro cuenta con un sensor de línea QTR, un sensor de obstáculos IR y dos motores controlados a partir de un puente H. En la Figura 20, se observa el diagrama de bloques que incluye los componentes utilizados en la construcción del carro. El diseño del carro permite aumentar o disminuir la velocidad de los motores, así como

su dirección; hacia adelante o hacia atrás, detenerse al detectar un obstáculo y seguir la trayectoria de una línea negra.

Para integrar el ABP en la guía, se presenta una situación problema que desafía a los estudiantes a aplicar sus conocimientos en programación para resolver un problema de la comunidad que conforma el sistema modular de laboratorio. En esta situación, los estudiantes asumen el rol de ingenieros encargados de automatizar el recorrido de un carro. Los requisitos del sistema incluyen la programación de los sensores infrarrojos para guiar el carro a lo largo de una línea trazada en el suelo, al mismo tiempo que se detecta la presencia o no de obstáculos en su camino. Además, deben desarrollar un algoritmo que permita al carro detenerse de manera automática cuando se acerque al puente levadizo y la barrera esté abajo, garantizando así la seguridad del vehículo y de los habitantes de la comunidad. Los documentos relacionados a esta práctica de laboratorio se encuentran en el Anexo G.

Figura 20. Diagrama de bloques carro seguidor de línea.

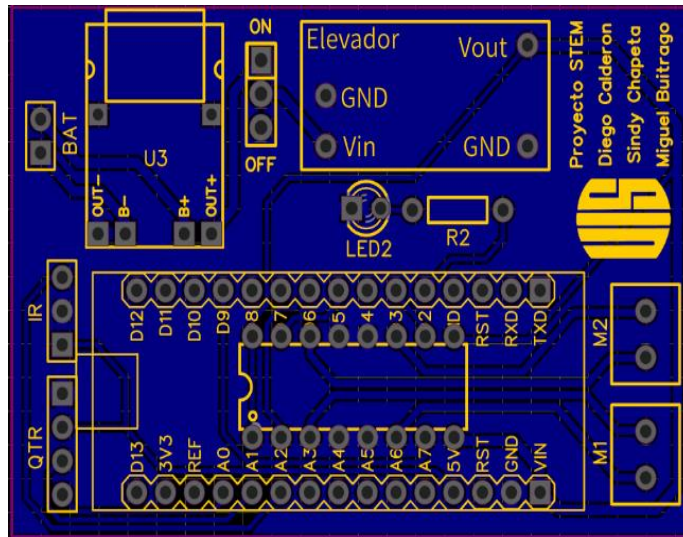


Fuente: Elaborado por los autores.

Para la elaboración del carro, se realizó el diseño del esquemático y la PCB, teniendo en cuenta los componentes seleccionados anteriormente. Durante el desarrollo del esquemático fue necesario conocer las características de los componentes empleados,

como lo son; tensión de alimentación, señales de control, tipo de señales de los sensores (analógicos o digitales). En el diseño de la PCB se tuvo en cuenta las dimensiones máximas de la carretera incluida en el sistema modular de laboratorio. De acuerdo con lo anterior, se organizaron los componentes en un diseño de una sola capa, como se observa en la Figura 21.

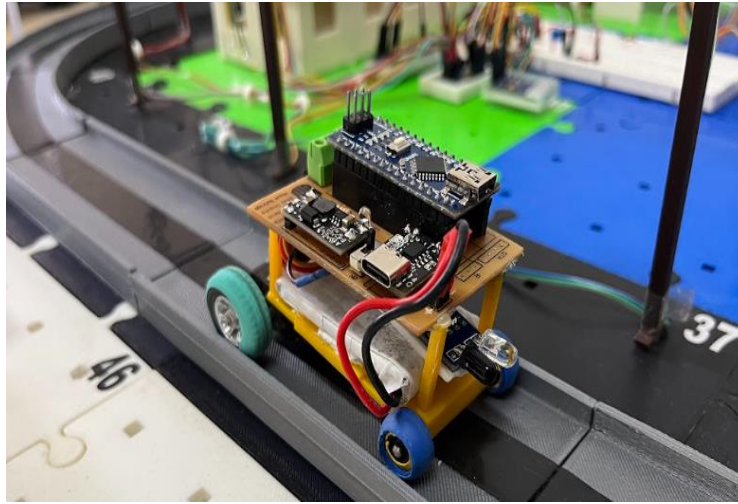
Figura 21. Circuito impreso del carro seguidor de línea.



Fuente: Elaborado por los autores.

La estructura del carro está compuesta por 2 tamaños de llantas; las delanteras con un diámetro de 14,2mm y las traseras de 23mm. Esta disposición implica que la parte delantera esté más cerca de la superficie, lo cual permite que la lectura de los sensores de línea sea eficiente y no se distorsione por la reflexión de la luz con la superficie. El diseño del chasis se realizó utilizando el software SolidWorks y se materializó haciendo uso de una impresora 3D. Este diseño facilita el desplazamiento del carro dentro de la pista del sistema modular (ver Figura 22).

Figura 22. Carro seguidor de línea.



Fuente: Elaborado por los autores.

4.6. REDISEÑO DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO

Al culminar la primera implementación, se analizó la metodología, el contenido de las guías, el tiempo de aplicación y la disposición del espacio en las prácticas de laboratorio. Se encontró que la mayoría de los estudiantes no revisaba las guías previamente, lo que generó retrasos en las sesiones. Además, la cantidad de información dificultaba la fluidez de las actividades, el tiempo asignado no era suficiente y la disposición del espacio generaba distracciones.

Como resultado, se implementaron cambios significativos en la estructura y la distribución de las guías de laboratorio. Se crearon 11 guías de apoyo diseñadas para reforzar los conocimientos previos de los estudiantes que ingresan a los programas de ingeniería eléctrica y electrónica sin experiencia previa en el tema. Estas guías abarcan los siguientes conceptos:

Fundamentos de los circuitos eléctricos con fuentes de alimentación con paneles solares:

- Topología de circuitos electrónicos de fuentes de alimentación.
- Interpretación de la salida de corriente y tensión en paneles solares.
- Funcionamiento de circuitos en serie, paralelo y paralelo-serie en paneles solares.

Regulación de tensión con un MPPT:

- Funcionamiento del módulo MPPT (Maximum Power Point Tracker).
- Integración de los paneles solares con el módulo MPPT.

Fundamentos de la cadena de abastecimiento de energía eléctrica:

- Comprender las etapas que conforman un sistema fotovoltaico.
- Funcionamiento de los módulos elevador y reductor.

Introducción a Arduino:

- Arquitectura y funcionamiento básico del Arduino Nano.
- Programación básica en Arduino utilizando el IDE.
- Interpretación de señales de entrada analógicas y digitales, así como la programación de salidas digitales y analógicas.

Fundamentos de un sensor de luz:

- Principios de funcionamiento de sensores de luz.
- Interpretación de la lectura de datos proporcionados por el sensor.

Fundamentos de circuitos eléctricos con cargas:

- Conceptos básicos de circuitos eléctricos con cargas resistivas.
- Funcionamiento de circuitos en serie y paralelo haciendo uso de leds y resistencias.

- Integración de interruptores en circuitos eléctricos.

Introducción a servomotores:

- Funcionamiento y estructura de los servomotores.
- Control de posición y velocidad.

Fundamentos del sensor IR:

- Principios de operación de sensores infrarrojos.
- Configuración, programación y calibración de un sensor IR.

Programación de LEDs con Arduino:

- Control de LEDs mediante programación en Arduino.
- Manipulación de brillo y secuencias de encendido y apagado.

Fundamentos del sensor QTR:

- Funcionamiento y características de los sensores de línea QTR.
- Interpretación de datos del sensor QTR.

Control de motores con Arduino:

- Funcionamiento y características de los motores.
- Control de velocidad y movimiento de motores.

Estas guías proporcionan una comprensión básica de los conceptos necesarios para abordar los problemas planteados en las guías basadas en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- **Problema 1. Cadena de abastecimiento de energía eléctrica:**

Los estudiantes deben ayudar a una comunidad que requiere el suministro de energía eléctrica, para ello, deben realizar la implementación de un parque solar que les permita aprovechar la energía del sol para transformarla en energía eléctrica.

- **Problema 2. Instalaciones eléctricas domésticas y control de luminarias:**

Una vez que la comunidad cuente con la energía eléctrica, se requiere la instalación del alumbrado público, así como la instalación de la energía eléctrica en los hogares. Para realizar las instalaciones eléctricas residenciales, los estudiantes deben realizar una propuesta de diseño que les permita alumbrar de forma independiente cada habitación. Por otro lado, el alumbrado público se debe activar solo cuando sea de noche.

- **Problema 3. Control automatizado de un puente levadizo:**

La comunidad cuenta con un río que no permite la comunicación entre los habitantes, por esta razón se construye una carretera con un puente levadizo que interconecta a los habitantes, así mismo, este puente debe permitir el cruce de un barco para permitir el transporte fluvial. Por lo anterior, los estudiantes deben desarrollar un sistema automático que permita realizar un control del tránsito de vehículos para la gestión del cruce del barco.

- **Problema 4. Control de un carro seguidor de línea:**

Finalmente, con el objetivo de ofrecer un medio de transporte automatizado, se ofrece a la comunidad un vehículo autónomo capaz de seguir la línea negra trazada en la carretera. En este contexto, los estudiantes deben programar el vehículo para detenerse cuando el puente esté levantado y garantizar que siempre mantenga su trayectoria.

Para resolver cada uno de los problemas se propone realizar la lectura de las guías de apoyo en el siguiente orden:

Problema 1:

- Fundamentos de los circuitos eléctricos con fuentes de alimentación con paneles solares
- Regulación de tensión con un MPPT
- Fundamentos de la cadena de abastecimiento de energía eléctrica

Problema 2:

- Introducción a Arduino
- Fundamentos de un sensor de luz
- Fundamentos de circuitos eléctricos con cargas

Problema 3:

- Introducción a Arduino
- Introducción a servomotores
- Fundamentos del sensor IR
- Programación de LEDs con Arduino

Problema 4:

- Introducción a Arduino
- Fundamentos del sensor IR
- Fundamentos del sensor QTR
- Control de motores con Arduino

La implementación de estas prácticas se debe realizar a lo largo de todo el semestre. De esta manera, los estudiantes cuentan con el tiempo necesario para asimilar la información y familiarizarse con las herramientas y dispositivos proporcionados. En consecuencia, la

participación en las sesiones de laboratorio puede sustituir al proyecto final de la asignatura, ya que abarcan la mayoría de las competencias a desarrollar en la asignatura.

5. RECOMENDACIONES

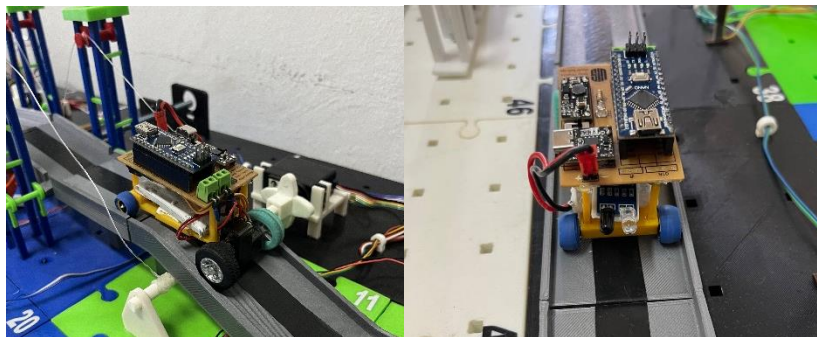
En este Capítulo se presentan las recomendaciones sugeridas para mejorar la experiencia en la implementación del sistema modular de laboratorio.

5.1. ESTRUCTURA DEL SISTEMA MODULAR DE LABORATORIO

De acuerdo con las experiencias obtenidas con la estructura del sistema modular de laboratorio se realizan las siguientes sugerencias:

- **Pista del puente:** el carro seguidor de línea fue diseñado para realizar el recorrido de la pista incluida en el sistema modular de laboratorio, sin embargo, se recomienda que la estructura sea modificada para que la inclinación de subida en el puente sea menos pronunciada para evitar que el chasis del carro roce con la base de la pista. Por otro, se recomienda que la pista sea más ancha para permitir una mejor movilidad del carro y evitar que se bloquee con las esquinas y mejorar la lectura de la línea negra con los sensores (ver Figura 23).

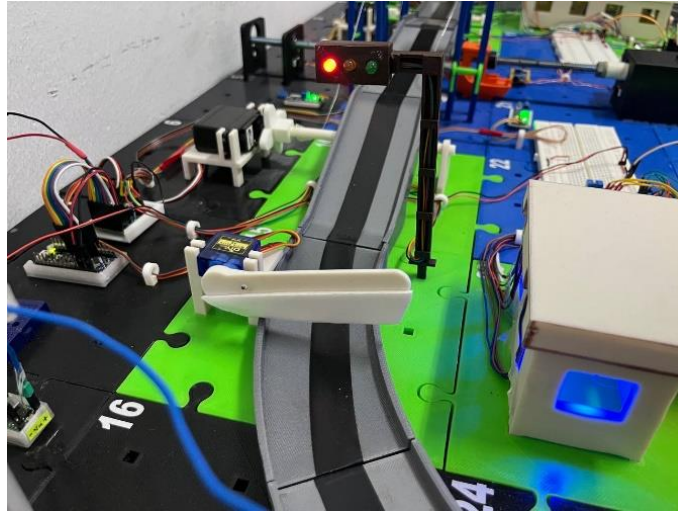
Figura 23. Estructura de la pista.



Fuente: Elaborado por los autores.

Talanquera de bloqueo: se recomienda que la talanquera de bloqueo o barrera vehicular sea más ancha para que de esta forma los sensores de proximidad del carro seguidor de línea la detecten como un obstáculo (ver Figura 24).

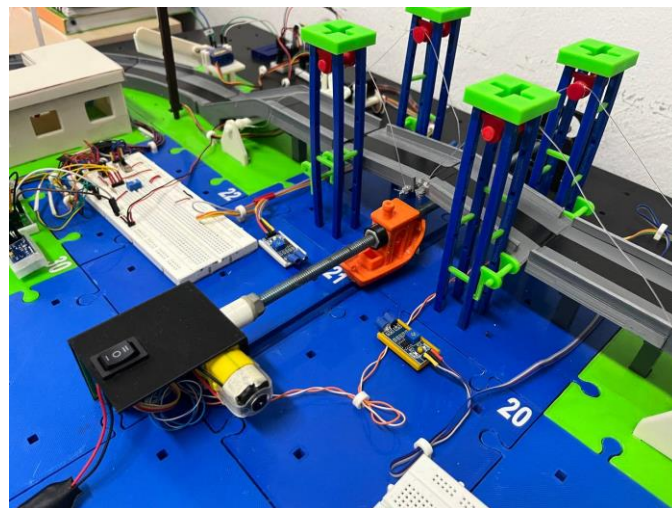
Figura 24. Barrera vehicular.



Fuente: Elaborado por los autores.

Sistema del barco: El sistema de barco implementado no permite que el barco se desplace de manera rápida de un extremo a otro, en este sentido, se debería implementar un sistema en una plataforma con motores que se encarguen de realizar el movimiento en los dos sentidos sin necesidad de atravesar una varilla en medio del barco (ver Figura 25).

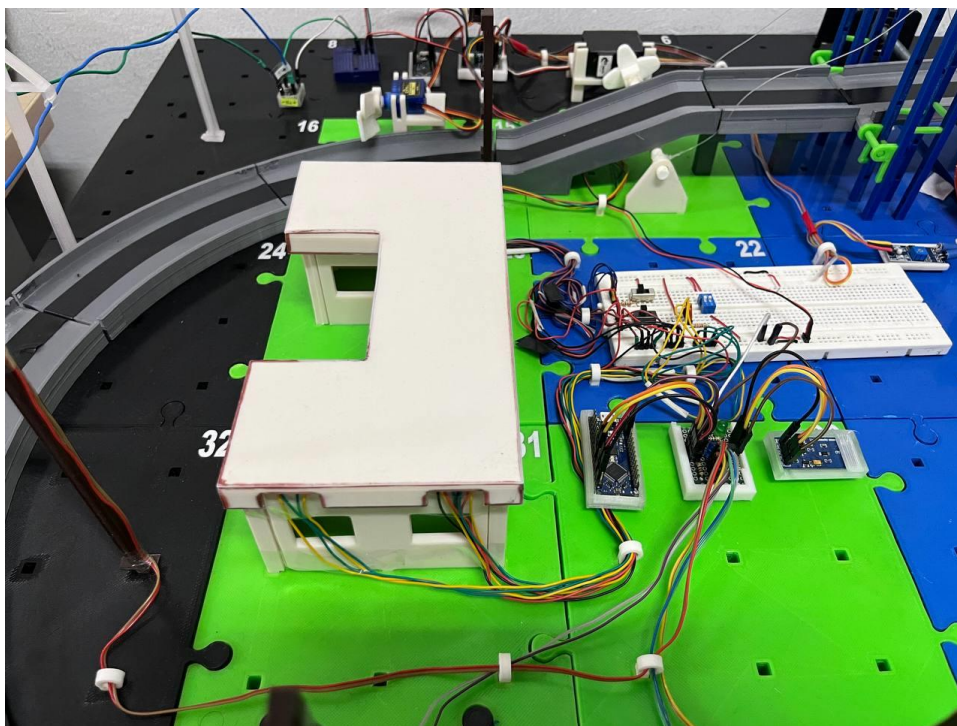
Figura 25. Sistema del barco.



Fuente: Elaborado por los autores.

- **Amarraderas de cables:** En la aplicación de la segunda guía se observó que los estudiantes no organizaban el cableado debido a que las amarraderas o argollas dispuestas eran difíciles de manipular y podían malograr la integridad de las conexiones si por esta pasaban varios cables, por lo que una nueva forma de organizar el cableado sería apreciada (ver Figura 26).

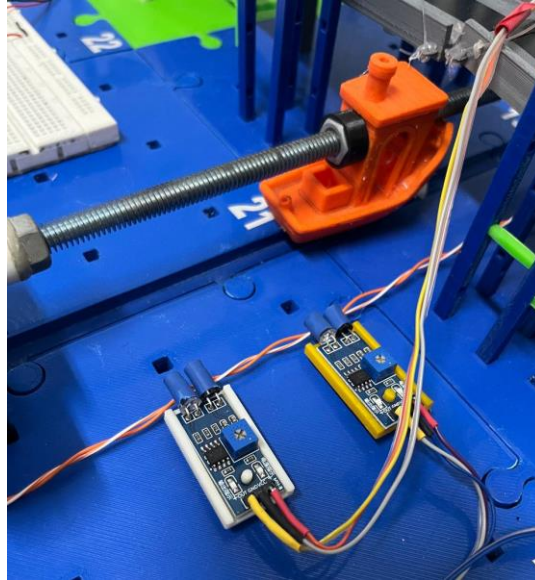
Figura 26. Organización del cableado en canaletas.



Fuente: Elaborado por los autores.

- **Disposición de los sensores de proximidad:** al ubicar los sensores de proximidad en ambos lados del puente (un lado para cada grupo de trabajo), interferían en sus lecturas si estaban relativamente frente a otro, por tanto, se sugiere ubicarlos en el mismo sentido para evitar errores en la lectura de estos (ver Figura 27).

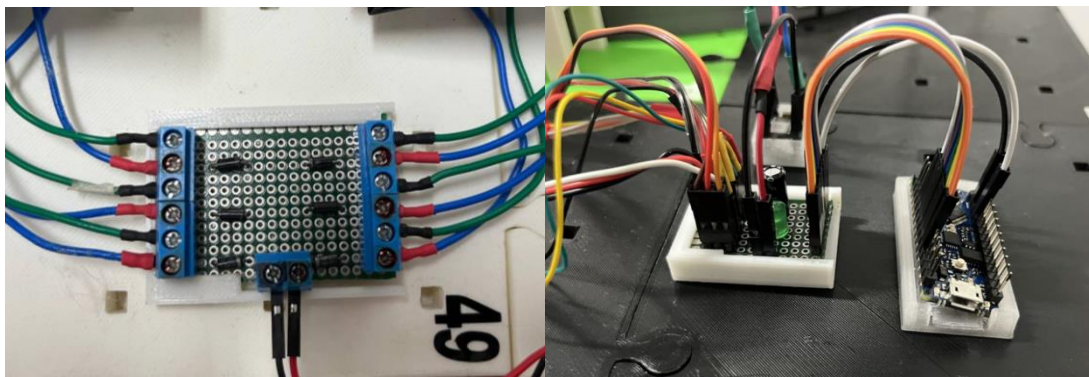
Figura 27 Ubicación de los sensores de proximidad.



Fuente: Elaborado por los autores.

- **Placas de conexiones:** las placas diseñadas para la conexión de los sensores y servomotores, así como las configuraciones de los paneles solares, deberían implementarse en un circuito impreso (ver Figura 28).

Figura 28. Placas de conexiones

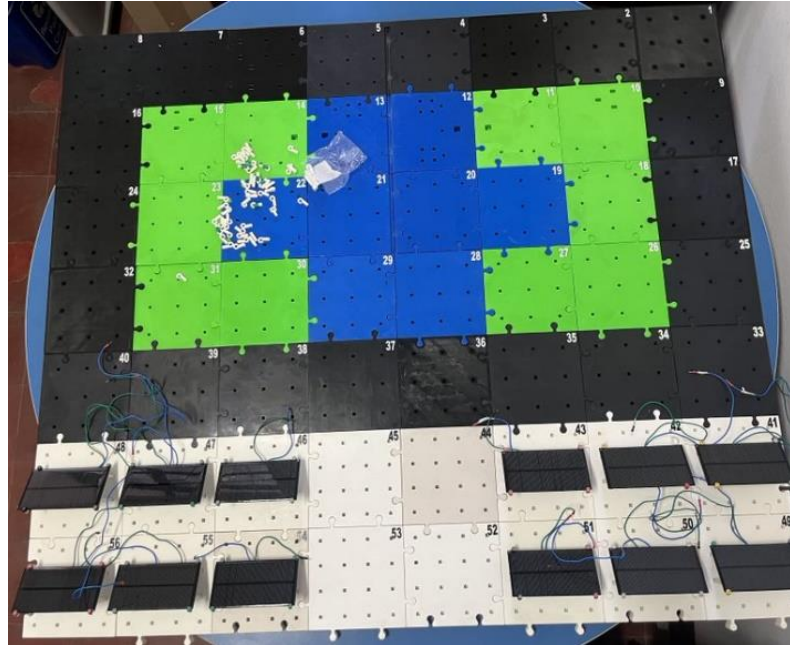


Fuente: Elaborado por los autores.

- **Ensamble del módulo:** durante las prácticas, se decide aplicar los laboratorios con la infraestructura armada, puesto que la unión de las piezas de todo el sistema

implica invertir por lo menos una hora en su armado, por lo que se propone que la unión de las piezas se integre en las nuevas guías y se realice de forma secuencial, por parte de los autores del trabajo de grado, se incluyó una serigrafía numerada para facilitar la tarea de acomodar las piezas (ver Figura 29).

Figura 29. Unión del sistema modular de laboratorio.



Fuente: Elaborado por los autores.

5.2. EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA

En busca de mejorar la implementación de esta experiencia y cumplir con una integración del ABP, es necesario realizar una evaluación continua de los laboratorios, docente y grupos de trabajo.

5.2.1. Evaluación de los laboratorios

Cuando los estudiantes realizan la presentación oral del funcionamiento general del sistema modular de laboratorio se debería aplicar una evaluación cualitativa que contenga los siguientes aspectos:

- Expresa las ideas de forma clara y correcta.
- Sustenta los conocimientos acordes al sistema modular de laboratorio.
- Manipula adecuadamente los elementos del sistema modular de laboratorio.
- Asistió a todos los laboratorios.
- Apoya a sus compañeros en las ideas.

5.2.2. Evaluación al docente

Consiste en retroalimentar al tutor en los aspectos bueno y por mejorar para considerar en las siguientes experiencias con los grupos. Se sugiere los siguientes aspectos de evaluación:

- Muestra un interés activo en mi grupo, es honesto, amigable y se interesa por participar en los procesos del grupo
- Crea un ambiente propicio para iniciar una discusión.
- Escucha y responde adecuadamente a mis problemas y preguntas.
- Admite los conocimientos que él no sabe, y busca la manera de dar respuesta a una duda.
- Ayuda al grupo a identificar la importancia de aprender temas y a describir temas aprendidos.
- Sugiere recursos de aprendizaje apropiados y ayuda a mi grupo a aprender cómo encontrarlos.
- Provee comentarios constructivos acerca de la información presentada.
- Presenta buenos juicios acerca de la información presentada.
- Plantea preguntas que estimulan mi pensamiento y mi habilidad de analizar el problema.
- Impulsa a los miembros del grupo a afinar y organizar sus presentaciones.
- Guía al grupo en planear los aspectos a mejorar para el siguiente laboratorio.

5.2.3. Evaluación de los equipos de trabajo

Permite identificar si los estudiantes están comprometidos con las actividades e idear estrategias de enseñanza. Se sugieren los siguientes aspectos a evaluar:

- Asiste de forma recurrente y puntual a los espacios del laboratorio.
- Termina las actividades en conjunto con los demás miembros del grupo.
- Lee el material previamente para realizar las actividades del laboratorio.
- Escucha atentamente las intervenciones de los compañeros del grupo.
- Contribuye a las discusiones del grupo.
- Tiene dominio en los temas que se discuten.
- Aporta información importante.
- Utiliza los recursos apropiados para investigar.
- Realiza preguntas que promueven un entendimiento con mayor claridad.
- Comunica ideas e información de forma clara.

5.2.4. Incentivos y peso asignado a la actividad

Por último, pero no menos importante, se recomienda que la aplicación de las prácticas no fuese de forma extracurricular o solamente voluntaria, ya que esto afectó la participación de todos los estudiantes. Por otra parte, que la aplicación de las pruebas tenga el tiempo suficiente y que su calificación represente un valor agregado en la materia de manera equiparable a la nota del proyecto aplicativo propio de la asignatura, con el fin de incentivar a que respondan de forma consciente y honesta las pruebas y que asistan de forma recurrente y puntual a los espacios del laboratorio.

6. CONCLUSIONES

Las competencias identificadas en este trabajo de grado se alinearon con las planteadas por la asignatura de *Introducción a la Ingeniería*, el enfoque STEM+ y ABET. Estas competencias incluyen la resolución de problemas, el diseño de soluciones, el pensamiento analítico y los conocimientos eléctricos/electrónicos básicos.

Las primeras versiones de las guías incluían toda la información teórica junto con enlaces a elementos audiovisuales para reforzar los conceptos. Además, cada problema se presentaba durante el desarrollo de la guía. Sin embargo, luego de evaluar este formato, se identificó que el contenido de estas guías era extenso y el tiempo de los laboratorios no era suficientes para abordar todos los temas. Como resultado de los desafíos identificados, se crearon 11 nuevas guías de apoyo y se reestructuraron las 4 prácticas de laboratorio basadas en el ABP. Estas guías de apoyo dividen el conocimiento y las competencias en pequeñas prácticas, lo que permite a los estudiantes abordarlas según sus conocimientos y necesidades específicas. Además, las guías de apoyo les brindan la oportunidad de aplicar lo aprendido en problemas más complejos, como los presentados en las guías problema, donde se introduce un contexto problemático y se solicita una solución efectiva por parte de los estudiantes.

Este trabajo de grado desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de una herramienta que fomenta y fortalece las competencias STEM requeridas en los estudiantes de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica. La evaluación del impacto de incluir este sistema modular de laboratorio se validó por medio de dos pruebas diagnósticas realizadas a principio y final de semestre donde se registró un mejor desempeño por parte del grupo de prueba en las competencias y conocimientos prácticos evaluados en la asignatura, marcando así un paso importante hacia el desarrollo de habilidades integrales en los estudiantes.

El carro seguidor de línea se integró satisfactoriamente tanto en base a las dimensiones del sistema modular de laboratorio del grupo GISEL, como de forma práctica incluyendo una guía de laboratorio que se acopla con las ya propuestas.

El sistema modular de laboratorio permite a los estudiantes desarrollar prácticas de laboratorio de manera simultánea y, una vez finalizadas, integrar sus resultados. Esto muestra el funcionamiento del sistema como una entidad cohesionada. Además, su capacidad de ser fácilmente modificado posibilita la adición de nuevos elementos, lo que a su vez permite ampliar o modificar las prácticas de laboratorio según las necesidades específicas del curso o del grupo de estudiantes.

Por otro lado, para garantizar un mayor nivel de compromiso por parte de los estudiantes en el grupo de prueba, se sugiere reemplazar el proyecto de la asignatura con la participación en todas las prácticas de laboratorio. La ejecución de estas prácticas permite a los estudiantes desarrollar las competencias establecidas en la asignatura y ampliar los conocimientos adquiridos a través de la experimentación en el laboratorio, lo que les permite abordar problemas de la vida real utilizando elementos sencillos. Respecto al grupo de control, se recomienda que el desarrollo de las pruebas diagnósticas represente un porcentaje significativo en las calificaciones de la asignatura, de modo que se incentive su esfuerzo en la realización de estas evaluaciones.

Como trabajo futuro, se propone implementar el resultado final de este trabajo de grado, para evaluar el impacto de las prácticas de laboratorio con enfoque en ABP en el desarrollo de competencias STEM en los estudiantes de la asignatura *Introducción a la Ingeniería*. Además, se sugiere realizar un seguimiento a largo plazo para analizar cómo estas prácticas influyen en el desempeño académico y profesional de los estudiantes en el campo de las ingenierías Eléctrica y Electrónica.

7. REFERENCIAS

ABDULRAHMAN, Almarshoud. The advancement in using remote laboratories in electrical engineering education: a review: *European Journal of Engineering Education*, 2011. vol. #36. DOI 10.1080/03043797.2011.604125.

APMONITOR. Temperature Control Lab. Disponible en: <https://apmonitor.com/pdc/index.php/Main/ArduinoTemperatureControl>.

BYBEE, Rodger W. What Is STEM Education?: *SCIENCE*, 2010. Página 996. vol. #329. DOI 10.1126/science.1194998

FRANK, Moti; LAVY, Ilana y ELATA, David. Implementing the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course: *International Journal of Technology and Design Education*, 2003. Páginas 273-288. vol. #13(3) DOI 10.1023/a:1026192113732.

GEORGETTE, Yakman. STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education, 2008. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education.

HEDENGREN, Jhon D. Temperature Control Lab Kit, 2019. Disponible en: <https://apmonitor.com/heat.htm>, retrieved in 12-09-2021.

HERNÁNDEZ DE MENÉNDEZ, Marcela, *et al.* Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences: *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 2019. vol. # 13. DOI 10.1007/s12008-019-00557-8.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 6a ed. México D.F.: McGRAW-HIL, 2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>.

JEAN, Piaget. To understand is to invent: The future of education. New York: Grossman Publishers, 1973. 148 p. ISBN 0670720348.

KELUM, Gamage. Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19 Pandemic: Education Sciences, 2020. vol. #10. DOI 10.3390/educsci10100291.

MENESES BENAVIDES, Gustavo Adolfo y ORDOSGOITIA MORALES, Cesar Eugenio. Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI, 2009. Página 62-73. Disponible en: <https://educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/74/64>.

MORALES BUENO, Patricia y LANDA FITZGERALD, Victoria. APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PROBLEM – BASED LEARNING: Theoria, 2004. Página 145-157. vol. #13 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237032392_Aprendizaje_Basado_en_Problemas.

MOURA OLIVIERA, Paulo; SOARES, Filomena y CARDOSO, Alberto. Pocket-Sized Portable Labs: Control Engineering Practice Made Easy in Covid-19 Pandemic Times: IFAC-PapersOnLine, 2022, Página 150-155. vol. #55. DOI 10.1016/j.ifacol.2022.09.272.

ORTÍZ SANTOS, Jhonatan Sneyder. Implementación de práctica de laboratorio con acceso remoto utilizando el microcontrolador Arduino Uno para el control de un motor DC: Universidad Industrial de Santander, 2023. Disponible en: <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/12391>.

RUIZ VICENTE, Francisco Antonio. Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa: Universidad CEU Cardenal Herrera, 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10637/8739>.

RUSSELL, Tytler. STEM Education for the Twenty-First Century: Springer International Publishing, 2020, Páginas 21-43. DOI 10.1007/978-3-030-52229-2_3

SAVERY, John R. Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions: Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 2006. vol. #1. DOI 10.7771/1541-5015.1002. ISSN 1541-5015.

SARDAR ALI, Sheeba. Problem Based Learning: A Student-Centered Approach. English Language Teaching: Canadian Center of Science and Education (CCSE), 2019. vol. #12(5). DOI 10.5539/elt.v12n5p73.

STEM+ EDUCACIÓN EXPANDIDA PARA LA VIDA. Ministerio de Educación Nacional, 2021. Disponible en: https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-08/Documento%20Visión%20STEM+.pdf.

TAKEUCHI, Miwa Aoiki, *et al.* Transdisciplinarity in STEM education: a critical review: Studies in Science Education, 2020. vol. #56. Disponible en: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219428536>.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. ACUERDO No 223 DE 2021, 2021. Disponible en: <https://uis.edu.co/wp-content/uploads/2022/02/Acuerdo-223-Consejo-Academico-2021.pdf>.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Modelo Pedagógico UIS21 [Universidad Industrial de Santander], 2021. Disponible en: <https://convocatorias.uis.edu.co/wp-content/uploads/2023/04/Acuerdo-233-de-agosto-10-de-2021-Modelo-Pedagogico-UIS21.pdf>

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Plan Asignatura Introducción a la Ingeniería (27132). Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (E3T), 2014.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Proyecto Institucional [Universidad Industrial de Santander], 2018. Disponible en: <https://convocatorias.uis.edu.co/wp-content/uploads/2023/01/Proyecto-Institucional-UIS-1.pdf>

VICERRECTORÍA ACADÉMICA-UIS. Informe Balance académico UIS 2022-2, 2023.

VICERRECTORÍA ACADÉMICA, INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY. Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño. Monterrey, México. El Aprendizaje Basado en Problemas como Técnica Didáctica. Disponible en: https://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf.

8. ANEXOS

Anexo A. Pruebas diagnósticas

El siguiente anexo consiste en una prueba diagnóstica aplicada a dos grupos de estudio al principio y al final del semestre. Ambas pruebas presentan un problema relacionado con una comunidad rural que carece de servicio de energía eléctrica, en donde se plantean desafíos que requieren soluciones técnicas. Además, se incluye un cuestionario que abarca conceptos fundamentales de sistemas eléctricos y algoritmos. La segunda prueba tiene modificaciones con respecto a la del inicio del semestre, con el objetivo de evaluar el aprendizaje de los estudiantes con ejercicios prácticos de diseño y análisis de circuitos eléctricos relacionados con los temas estudiados en las sesiones prácticas.

Recurso disponible en línea: [ANEXO-A-PRUEBA-DIAGNOSTICA.pdf](#)

Anexo B. Rúbrica de evaluación.

En el siguiente anexo se presentan las competencias en STEM evaluadas en la prueba diagnóstica. Cada competencia se evalúa mediante una serie de preguntas y se clasifica en cinco niveles: Sin evidencia, Insuficiente, Aceptable, Satisfactorio y Excelente.

Recurso disponible en línea: [ANEXO-B-RÚBRICA-EVALUACIÓN.pdf](#)

Anexo C. Diapositiva introducción a Arduino.

En este anexo se encuentra el material didáctico utilizado para impartir las clases de introducción a la programación en Arduino.

Recurso disponible en línea: [ANEXO-C-DIAPOSITIVAS-INTRODUCCIÓN-ARDUINO.pdf](#)

Anexo D. Primera versión guías de laboratorio.

El siguiente anexo se presenta la primera versión de las guías de laboratorio para las tres sesiones de laboratorio; generación, casa y puente. En la primera, se describen las etapas de un sistema fotovoltaico y los elementos necesarios para su funcionamiento. En la segunda, se determina cuál es la mejor conexión: serie o paralelo para encender los leds de la casa, además se realiza el control de brillo del alumbrado público. Finalmente, en la última guía, se presenta el funcionamiento de los sensores y servomotores necesarios para su implementación dentro del sistema modular de laboratorio.

Recurso disponible en línea: [ANEXO-D-GUÍAS-LAB-V1.pdf](#)

Anexo E. Asistencia a actividades.

En el presente anexo se encuentran las listas de asistencia de los dos grupos; de prueba y de control. En la cual se evidencia la participación de los dos grupos a la clase de introducción a la programación con Arduino y la participación voluntaria del grupo de control a las sesiones de laboratorio.

Recurso disponible en línea: [ANEXO-E-ASISTENCIA-GRUPOS.pdf](#)

Anexo F. Diseño carro seguidor de línea.

El presente anexo contiene información relacionada con la construcción e implementación del carro seguidor de línea.

Recurso disponible en línea: [ANEXO-F-CARRO-SEGUIDOR-LINEA](#)

Anexo G. Segunda versión guías de laboratorio.

En el presente anexo se encuentra la versión más reciente de las guías de laboratorio en la cual se incluyen textualmente problemas que deben ser desarrollados con la metodología ABP.

Recurso disponible en línea: [ANEXO G SEGUNDA VERSIÓN GUÍAS ABP](#)

Anexo H. Repositorio de códigos Arduino

El presente anexo contiene todos los códigos que fueron implementados en las prácticas y que permiten el correcto funcionamiento del sistema modular de laboratorio.

Recurso disponible en línea: [ANEXO H REPOSITORIO CÓDIGOS ARDUINO](#)