



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT MODULAR PARA DAR SOPORTE Y FOMENTAR PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN MEDIA EN APLICACIONES DE ROBÓTICA MÓVIL

LAURA STEPHANIA DIAZ BEJARANO
MARIA CAMILA PEÑA BERNAL

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT MODULAR PARA DAR SOPORTE Y
FOMENTAR PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN MEDIA EN APLICACIONES DE
ROBÓTICA MÓVIL**

**LAURA STEPHANIA DÍAZ BEJARANO
MARIA CAMILA PEÑA BERNAL**



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Proyecto de Grado

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Bogotá D.C.
2021**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT MODULAR PARA DAR SOPORTE Y
FOMENTAR PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN MEDIA EN APLICACIONES DE
ROBÓTICA MÓVIL**

**LAURA STEPHANIA DÍAZ BEJARANO
MARIA CAMILA PEÑA BERNAL**



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Proyecto de Grado

Director

M.Ing. JAIME VITOLA OYAGA

Codirector

M.Ing. DARIO ALEJANDRO SEGURA TORRES

Asesor externo

M.C. ÓSCAR MAURICIO GÉLVEZ LIZARAZO

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Bogotá D.C.
2021**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Autoridades de la universidad

RECTOR GENERAL

R.P. FRAY JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO GENERAL

R.P. FRAY LUIS FRANCISCO SASTOQUE POVEDA, O.P.

VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL

R.P. FRAY EDUARDO GONZALES GIL, O.P.

SECRETARIO GENERAL

Dra. INGRID LORENA CAMPOS VARGAS

DECANO DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

R.P. FRAY ÉRICO JUAN MACCI CÉSPEDES, O.P.

SECRETARIA DE DIVISIÓN

E.C. LUZ PATRICIA ROCHA CAICEDO

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ING. CARLOS ENRIQUE MONTENEGRO NARVÁEZ

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

BOGOTÁ D.C. JUNIO DE 2021

ADVERTENCIA

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados en el trabajo de grado, solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

Capítulo III –Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.

RESUMEN

Este proyecto de grado presenta el diseño, construcción y evaluación del impacto educativo de un kit modular, que motiva el acceso a estudiantes de educación media, a una experiencia práctica, relacionada con uno de los campos más atractivos de la Ingeniería Electrónica: La robótica. Su objetivo consistió en despertar el interés de estudiantes de educación media por esta disciplina de manera tal que la pudieran tener en cuenta como una opción de estudios superiores. El kit modular contempló elementos como: un robot móvil armable, el manual de usuario, cuatro guías teóricas y prácticas junto con una aplicación de escritorio con información para el uso del kit. Además, se desarrollaron los procesos de: diseño e implementación de los sistemas electrónicos utilizados, la aplicación de pruebas de funcionamiento de los sistemas electrónicos, la elaboración de cada una de las piezas CAD que componen el cuerpo del robot, la redacción de las guías teóricas y prácticas al mismo tiempo con la programación del software de soporte para el uso del kit modular. La validación del Kit modular se produjo mediante pruebas técnicas, la realización de un taller y la aplicación de una encuesta la cual, a su vez, midió el efecto o impacto educativo del kit modular. Los hallazgos muestran que los circuitos para el funcionamiento electromecánico del kit modular cumplen con las especificaciones técnicas y de seguridad para su manipulación por no expertos ya que incluyó diodos de protección en los pines de alimentación, acompañados de conectores GP. Esto significa que el objetivo del proyecto se alcanzó y la metodología resultó adecuada para este propósito.

ABSTRAC

This degree project presents the design, construction, and evaluation of the educational impact of a modular kit that encourages high school students to access a practical experience related to one of the most attractive fields of Electronic Engineering: Robotics. The objective was to awaken the interest of high school students in this discipline in such a way that they could take it into account as an option for higher studies. The modular kit included elements as: a buildable mobile robot, the user manual, four theoretical and practical guides along with a desktop application with information for the use of the kit. In addition to this, the developed processes were the design and implementation of the electronic systems used, the application of performance tests of the electronic systems, the elaboration of each CAD parts that make up the robot body, the writing of the theoretical and practical guides at the same time with the programming of the support software for the use of the modular kit. The validation of the modular kit was produced through technical tests, the performance of a workshop and the application of a survey which, in turn, measured the educational effect or impact of the modular kit. The results show that the circuits for the electromechanical operation of the modular kit comply with the technical and safety specifications for their handling by non-experts since it included protection diodes in the power pins, accompanied by GP connectors. This means that the project objective was achieved, and the methodology was adequate for this purpose.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mis padres, Maria Josefa Bernal González y Guillermo Peña Bermúdez, que son el pilar de mi vida, gracias a ustedes que me educaron con amor y determinación soy quien soy ahora, me siento afortunada por tenerlos como ejemplo a seguir, cada día crecer aprendiendo de su mano y hacerlos sentir orgullosos con mis proyectos personales y profesionales.

Agradezco a mis hermanas Maria Paula Peña Bernal y Lina Maria Peña Bernal por compartir y experimentar junto a ustedes la vida, tropezando y superando los obstáculos, pero siempre con el objetivo de ser mejores, gracias por su paciencia y apoyo incondicional.

Agradezco a mis amigos de toda una vida y familia, que en momentos de incertidumbre me brindaron ánimo y motivaron a conseguir mis objetivos con un consejo y una sonrisa, gracias por su fidelidad y confidencialidad.

Gracias por todo,
Maria Camila Peña Bernal

Agradezco de manera especial a mis padres: José Dolores Díaz Rodríguez y Flor Angela Bejarano Flautero, por ser quienes me motivaron cada día de mi carrera a ser la mejor ingeniera que yo puedo ser, por confiar en mí, creer que todo lo que piense y me proponga es posible, sus consejos, e inculcarme valores y principios.

Agradezco a mis hermanas Adriana Paola Villarreal Bejarano y María de los Ángeles Cárdenas Díaz, quienes han sido un pilar para mi vida profesional con sus consejos basados en su experiencia personal y profesional.

Agradezco a mis tías: Margarita Puentes de Díaz y María Teresa Díaz Rodríguez, por brindarme siempre sus consejos y sus ánimos, para seguir siempre adelante ante cualquier circunstancia que viví durante mi carrera profesional, preguntándome cómo me había ido en mi universidad cada día.

A todos ustedes mi gratitud.
Laura Stephania Díaz Bejarano

Agradecemos a la Universidad Santo Tomás de Bogotá por la formación recibida, al grupo de docentes de la facultad de ingeniería electrónica, quienes impartieron los conocimientos necesarios para la preparación de nuestro perfil profesional. Al profesor Jaime Vitola Oyaga director del proyecto, al profesor Darío Alejandro Segura Torres codirector del proyecto y al profesor Óscar Mauricio Gélvez Lizarazo asesor externo, quienes han guiado nuestro proyecto de grado con su paciencia y su rectitud como docentes.

DEDICATORIA

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.

A nuestras hermanas por su apoyo incondicional y por acompañarnos durante este proceso de crecimiento personal y profesional, guiándonos con su experiencia para culminar nuestros estudios de forma sobresaliente.

A todos los docentes quienes nos han apoyado en la realización de este proyecto, abriendo sus puertas con ideas, experiencias y conocimientos para lograr el éxito de este proyecto.

A todos los estudiantes que día a día quieren hacer del mundo un lugar mejor y luchan por obtener una educación honrada, que les permita cumplir con las exigencias actuales de la humanidad.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. IMPACTO SOCIAL	4
5. OBJETIVOS	5
5.1.1. OBJETIVO GENERAL	5
5.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
6. MARCO TEÓRICO	6
6.1.1. ANTECEDENTES	6
6.1.2. BASES TEÓRICAS	8
6.1.1.1 Robótica	8
6.1.1.2 Tarjeta de Desarrollo	13
6.1.1.3 NodeMCU Lolin V3	14
6.1.1.4 ESP8266EX	14
6.1.1.5 Especificaciones ESP8266EX.	15
6.1.1.6 Arduino IDE	15
6.1.1.7 Microsoft Visual Studio	16
6.1.1.8 Introducción y fundamentos de la programación	17
6.1.1.9 C++	19
6.1.1.10 Algoritmos	20
6.1.1.11 Representación gráfica de los algoritmos	21
6.1.1.12 GUI	21
6.1.1.13 Diseño Asistido por Ordenador (CAD)	22
7. METODOLOGÍA	23
7.1.1. DISEÑO POR ETAPAS	23
7.1.1.1 Revisión del estado del arte	23
7.1.1.2 Diseño e implementación de los sistemas electrónicos	23
7.1.1.3 Diseño de las piezas del prototipo	23
7.1.1.4 Impresión de piezas CAD en 3d	24
7.1.1.5 Pruebas del funcionamiento del prototipo	24

7.1.1.6	Retroalimentación de ajustes del prototipo	24
7.1.1.7	Elaboración de guías y encuesta	24
7.1.1.8	Validación y evaluación del impacto educativo	24
7.1.1.9	Construcción del documento final	24
8.	DISEÑO	25
8.1.1.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS	25
8.1.1.1	Circuito principal	25
8.1.1.2	Diseño circuito principal	25
8.1.1.3	Simulación circuito principal	26
8.1.1.4	Diseño PCB	27
8.1.2.	MÓDULO SENSOR INFRARROJO	30
8.1.2.1	Diseño módulo sensor infrarrojo	30
8.1.2.2	Simulación módulo sensor infrarrojo	33
8.1.2.3	Diseño PCB	34
8.1.3.	MÓDULO DE LEDS	36
8.1.3.1	Diseño módulo LEDS	36
8.1.3.2	Simulación módulo LEDS	38
8.1.3.3	Diseño PCB	39
8.1.4.	MÓDULO PUENTE H (DRIVER)	41
8.1.4.1	Diseño módulo Puente H (Driver)	42
8.1.4.2	Simulación módulo Puente H (Driver)	43
8.1.4.3	Diseño PCB	44
8.1.5.	MÓDULO SENSOR ULTRASÓNICO	47
8.1.5.1	Simulación módulo sensor ultrasónico HC-SR04	47
8.1.6.	PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS.	49
8.1.6.1	Prueba circuito módulo LEDS.	50
8.1.6.2	Prueba circuito módulo sensor infrarrojo.	50
8.1.6.3	Prueba circuito módulo puente H (DRIVER).	51
8.1.6.4	PRUEBA MÓDULO SENSOR ULTRASÓNICO.	52
8.1.7.	DISEÑO DE PIEZAS DEL PROTOTIPO.	53
8.1.7.1	Diseño de la base inferior (Base 1)	53
8.1.7.2	Diseño de la base intermedia (Base 2).	54
8.1.7.3	Diseño de la base superior (Base 3).	55
8.1.7.4	Diseño soporte del sensor ultrasónico.	56
8.1.7.5	Diseño de la placa de autoría.	57
8.1.8.	DISEÑO DE GUÍAS	58

8.1.8.1	Software INSPIRATION ONE	60
8.1.9.	DISEÑO DE ENCUESTA	65
8.1.10.	VERIFICACIÓN DE CONDICIONES	66
8.1.11.	VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO EDUCATIVO	66
9	RESULTADOS	67
9.1.1.	RESULTADOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS	67
9.1.1.1	PCB módulo sensor infrarrojo	67
9.1.1.2	PCB módulo de LEDs	68
9.1.1.3	PCB módulo Puente h (DRIVER)	68
9.1.1.4	PCB módulo Principal	69
9.1.2.	RESULTADO DE PIEZAS DEL PROTOTIPO	69
9.1.3.	ROBOT MÓVIL DEL KIT MODULAR	70
9.1.4.	RESULTADOS DEL IMPACTO EDUCATIVO DEL KIT EDUCATIVO.	72
9.4.1.1	Validación de la funcionalidad del Kit modular	73
9.4.1.2	Resultados de la evaluación del impacto educativo del kit modular.	79
10	CONCLUSIONES	87
11	FUTUROS TRABAJOS	89
12	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
13	ANEXOS	1

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. SIMULACIONES DISEÑO DE CIRCUITOS	1
Anexo 2. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO INFRARROJO	6
Anexo 3. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO LEDS	8
Anexo 4. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO DRIVER PUENTE-H	10
Anexo 5. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO PRINCIPAL	12
Anexo 6. PLANO DISEÑO BASE INFERIOR BASE 1	15
Anexo 7. PLANO DISEÑO BASE INTERMEDIA BASE 2.	16
Anexo 8. PLANO DISEÑO BASE SUPERIOR BASE 3.	17
Anexo 9. PLANO DISEÑO SOPORTE DEL SENSOR ULTRASÓNICO	18
Anexo 10. PLANO DISEÑO PLACA DE AUTORÍA	19
Anexo 11. RESULTADOS PIEZAS CAD	20
Anexo 12. GUÍA SOBRE LA MORFOLOGÍA DE UN ROBOT MÓVIL	22
Anexo 13. GUÍA SOBRE LOS FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN.	29
Anexo 14. PRÁCTICA CON SENSOR INFRARROJO UTILIZANDO EL IDE DE ARDUINO.	35
Anexo 15. PRÁCTICA CON SENSOR ULTRASÓNICO UTILIZANDO EL IDE DE ARDUINO	41
Anexo 16. ENCUESTA	47
Anexo 17. CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN.	52
Anexo 18. SINOPSIS IVETH SALAMANCA RAMÍREZ	55
Anexo 19. CARTA DE RECOMENDACIONES	56
Anexo 20. CARTA AVAL DE GUÍAS Y CUESTIONARIO	57
Anexo 21. VIDEO SOBRE EL TALLER CON ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. NodeMCU ESP8266 – LOLIN V3 Fuente: Teachmemicro [21].	14
Figura 2. Bloques básicos de un Diagrama de Flujo. Fuente: Autoras.	21
Figura 3. Metodología. Fuente: Autoras.	23
Figura 4. Diagrama de Bloques del sistema electrónico. Fuente: Autoras.	25
Figura 5. Regulador de 5V DC del módulo principal. Fuente: Autoras.	26
Figura 6. Circuito regulador de tensión 5V. Fuente: Autoras.	27
Figura 7. Diseño capa superior PCB módulo principal. Fuente: Autoras.	28
Figura 8. Diseño capa inferior PCB módulo principal. Fuente: Autoras.	28
Figura 9. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo principal. Fuente: Autoras.	29
Figura 10. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo principal. Fuente: Autoras.	30
Figura 11. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo principal. Fuente: Autoras.	30
Figura 12. Circuito base para diseño del módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	30
Figura 13. Diseño final circuito módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	33
Figura 14. Diseño capa superior PCB módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	35
Figura 15. Diseño capa inferior PCB módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	35
Figura 16. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo LEDs. Fuente: Autoras.	35
Figura 17. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	36
Figura 18. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	36
Figura 19. Circuito base para diseño del módulo LEDs. Fuente: Autoras.	37
Figura 20. Diseño final circuito módulo LEDs. Fuente: Autoras.	38
Figura 21. Esquemático del circuito de LEDs. Fuente: Autoras.	39
Figura 22. Diseño capa superior PCB módulo LEDs. Fuente: Autoras.	40
Figura 23. Diseño capa inferior PCB módulo LEDs. Fuente: Autoras.	40
Figura 24. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo LEDs. Fuente: Autoras.	41
Figura 25. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo LEDs. Fuente: Autoras.	41
Figura 26. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo LEDs. Fuente: Autoras.	41
Figura 27. Circuito diseño del módulo Driver Puente H. Fuente: Autoras.	43
Figura 28. Diseño capa superior PCB módulo driver puente H. Fuente: Autoras.	45
Figura 29. Diseño capa inferior PCB módulo driver puente H. Fuente: Autoras.	45
Figura 30. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo driver puente H. Fuente: Autoras.	46
Figura 31. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo driver puente H. Fuente: Autoras.	46
Figura 32. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo driver puente H. Fuente: Autoras.	46
Figura 33. Simulación sensor ultrasónico. Fuente: Autoras.	47
Figura 34. Algoritmo simulación sensor ultrasónico. Fuente: Autoras.	48
Figura 35. Lectura del terminal virtual. Fuente: Autoras.	49
Figura 36. Gráficas sensor ultrasónico. Fuente: Autoras.	49
Figura 37. Prueba módulo LEDs en IDE de Arduino Fuente: Autoras.	50
Figura 38. Prueba módulo infrarrojo en IDE de Arduino Fuente: Autoras.	51
Figura 39. Prueba módulo puente H (DRIVER) en IDE de Arduino Fuente: Autoras.	51
Figura 40. Función prueba de velocidad de motores. Fuente: Autoras.	52
Figura 41. Función prueba de movimientos de motores. Fuente: Autoras.	52
Figura 42. Prueba módulo sensor ultrasónico en IDE de Arduino Fuente: Autoras.	52
Figura 43. Estructura Ackerman. Fuente: Robots Móviles Evolución y Estado del Arte [13]	53
Figura 44. Tracción y dirección diferencial. Fuente: Morfología Robots Móviles [14]	53
Figura 45. Rueda fija. Fuente: Autoras.	53
Figura 46. Sensor ultrasónico. Fuente: Autoras.	57
Figura 47. Ventana de presentación. Fuente: Autoras.	61
Figura 48. Ventana menú principal. Fuente: Autoras.	61
Figura 49. Sección de recursos kit modular. Fuente: Autoras.	62
Figura 50. Sección de Arduino IDE. Fuente: Autoras.	62
Figura 51. Sección NODEMCU V3 ESP8266 – LOLIN. Fuente: Autoras.	63

Figura 52. Sección de prácticas. Fuente: Autoras.	63
Figura 53. Sección diagrama de flujo. Fuente: Autoras.	64
Figura 54. Sección de codificación. Fuente: Autoras.	64
Figura 55. Sección acerca de. Fuente: Autoras.	65
Figura 56. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	68
Figura 57. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	68
Figura 58. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo LEDs. Fuente: Autoras.	68
Figura 59. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo LEDs. Fuente: Autoras.	68
Figura 60. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo driver Puente H. Fuente: Autoras.	69
Figura 61. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo driver puente H. Fuente: Autoras.	69
Figura 62. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo principal. Fuente: Autoras.	69
Figura 63. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo principal. Fuente: Autoras.	69
Figura 64. Robot Móvil del kit modular – INSPIRATION ONE. Fuente: Autoras.	70
Figura 65. Ubicación de partes y circuitos en la Base Inferior – Base 1. Fuente: Autoras.	71
Figura 66. Ubicación de componentes Base Intermedia – Base 2. Fuente: Autoras.	71
Figura 67. Ubicación de componentes Base Superior – Base 3. Fuente: Autoras.	72
Figura 68. Presentación del proyecto. Fuente: Autoras.	74
Figura 69. Construcción del Robot Móvil dirigido por Camila Peña. Fuente: Autoras.	75
Figura 70. Construcción del Robot Móvil dirigido por Laura Díaz. Fuente: Autoras.	75
Figura 71. <i>Desarrollo de guía robótica móvil.</i> Fuente: Autoras.	75
Figura 72. Desarrollo de guía fundamentos de programación. Fuente: Autoras.	76
Figura 73. Desarrollando guía con sensor ultrasónico. Fuente: Autoras.	77
Figura 74. Desarrollando guía con sensor infrarrojo. Fuente: Autoras.	78
Figura 75. Codificación. Fuente: Autoras.	78
Figura 76. Programación de la tarjeta de desarrollo. Fuente: Autoras.	78
Figura 77. Explicación de conexiones. Fuente: Autoras.	78
Figura 78. Resultado final. Fuente: Autoras.	79
Figura 79. Argumentos de la respuesta sobre Impacto del kit modular en las opciones de educación superior en los estudiantes.	84
Figura 80. Argumentos de la respuesta sobre Impacto kit modular en el gusto de la robótica y la ingeniería electrónica en los estudiantes. Fuente: Autoras.	84
Figura 81. Simulación circuito regulador. Fuente: Autoras.	1
Figura 82. Simulación circuito de Módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	1
Figura 83. Simulación estado de detección objeto (ON) del Módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	2
Figura 84. Simulación estado de no detección de objeto (OFF) del Módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	2
Figura 85. Simulación circuito de LEDs. Fuente: Autoras.	3
Figura 86. Simulación en Proteus del driver Puente H. Fuente: Autoras.	3
Figura 87. Simulación movimiento hacia adelante. Fuente: Autoras.	4
Figura 88. Simulación movimiento hacia atrás. Fuente: Autoras.	4
Figura 89. Simulación movimiento hacia la derecha. Fuente: Autoras.	5
Figura 90. Simulación movimiento hacia la izquierda. Fuente: Autoras.	5
Figura 91. Diseño circuito módulo infrarrojo. Fuente: Autoras.	6
Figura 92. Diseño capa superior PCB módulo infrarrojo.	7
Figura 93. Diseño capa inferior PCB módulo infrarrojo.	7
Figura 94. Diseño circuito módulo LEDs. Fuente: Autoras.	8
Figura 95. Diseño capa superior PCB módulo Leds. Fuente: Autoras.	9
Figura 96. Diseño capa inferior PCB módulo Leds. Fuente: Autoras.	9
Figura 97. Diseño circuito módulo Driver Puente H. Fuente: Autoras.	10
Figura 98. Diseño capa superior PCB módulo Driver Puente H. Fuente: Autoras.	11
Figura 99. Diseño capa inferior PCB módulo Driver Puente H. Fuente: Autoras.	11
Figura 100. Diseño circuito Regulador del módulo Principal. Fuente: Autoras.	12
Figura 101. Diseño capa superior PCB módulo Principal. Fuente: Autoras.	13
Figura 102. Diseño capa inferior PCB módulo Principal. Fuente: Autoras.	14
Figura 103. Plano base inferior – Base 1 Fuente: Autoras.	15

Figura 104. Plano base intermedia – Base 2. Fuente: Autoras.	16
Figura 105. Plano base superior – Base3. Fuente: Autoras.	17
Figura 106. Plan soporte sensor Ultrasónico. Fuente: Autoras.	18
Figura 107. Plano placa de autoría. Fuente: Autoras.	19
Figura 108. Impresión de base 1 (Base Inferior). Fuente: Autoras.	20
Figura 109. Impresión de base 2 (Base Intermedia). Fuente: Autoras.	20
Figura 110. Impresión de base 3 (Base Superior). Fuente: Autoras.	21
Figura 111. Impresión de soporte sensor ultrasónico. Fuente: Autoras.	21
Figura 112. Impresión de placa de autoría. Fuente: Autoras.	21
Figura 113. Portada – Guía sobre la morfología de un robot móvil. Fuente: Autoras.	22
Figura 114. Contenido Página 1 – Guía sobre la morfología de un robot móvil. Fuente: Autoras.	23
Figura 115. Contenido Página 2 – Guía sobre la morfología de un robot móvil. Fuente: Autoras.	24
Figura 116. Contenido Página 3 - Guía sobre la morfología de un robot móvil. Fuente: Autoras.	25
Figura 117. Contenido Página 4 - Guía sobre la morfología de un robot móvil. Fuente: Autoras.	26
Figura 118. Ejercicio evaluativo sobre la morfología de un robot móvil. Fuente: Autoras.	27
Figura 119. Referencias de Guía sobre la morfología de un robot móvil. Fuente: Autoras.	28
Figura 120. Portada guía de fundamentos de programación. Fuente: Autoras.	29
Figura 121. Contenido página 1 guía fundamentos de la programación. Fuente: Autoras.	30
Figura 122. Contenido página 2 guía fundamentos de la programación. Fuente: Autoras.	31
Figura 123. Contenido página 3 guía fundamentos de la programación. Fuente: Autoras.	32
Figura 124. Ejercicio evaluativo sobre la guía de fundamentos de programación. Fuente: Autoras.	33
Figura 125. Referencias de la guía de fundamentos de la programación. Fuente: Autoras.	34
Figura 126. Portada – práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	35
Figura 127. Contenido Página 1 - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	36
Figura 128. Contenido Página 2 - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	37
Figura 129. Contenido Página 3 - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	38
Figura 130. Ejercicio Práctico - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	39
Figura 131. Referencias - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	40
Figura 132. Portada práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	41
Figura 133. Contenido página 1 práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	42
Figura 134. Contenido página 2 práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	43
Figura 135. Contenido página 3 práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	44
Figura 136. Ejercicio práctico con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	45
Figura 137. Referencias prácticas con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino. Fuente: Autoras.	46

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Representación porcentual de estudiantes por grado escolar. Fuente: Autoras.	80
Gráfica 2. Representación porcentual de estudiantes por edades Fuente: Autoras.	81
Gráfica 3. Representación porcentual de estudiantes por sexo. Fuente: Autoras.	81
Gráfica 4. Representación porcentual del impacto del kit modular en las opciones de educación superior en los estudiantes. Fuente: Autoras.	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Características ESP8266EX. Fuente: ESP8266EX Datasheet [22].	15
Tabla 2. Combinaciones lógicas de entrada para posibles salidas de movimiento del robot móvil. Fuente: Autoras.	43
Tabla 3. Descripción robot móvil.	72
Tabla 4. Agenda del taller con el kit modular. Fuente: Autoras.	73
Tabla 5. Representación de estudiantes por institución. Fuente: Autoras.	80
Tabla 6. Representación de estudiantes por grado escolar. Fuente: Autoras.	80
Tabla 7. Representación de Estudiantes por Edad. Fuente: Autoras.	81
Tabla 8. Representación de estudiantes por sexo. Fuente: Autoras.	81
Tabla 9. Grado de comprensión de las guías por parte de los estudiantes. Fuente: Autoras.	82
Tabla 10. Cumplimiento de los objetivos a cumplir por el kit modular. Fuente: Autoras.	82
Tabla 11. Impacto del kit modular en las opciones de educación superior en los estudiantes. Fuente: Autoras.	83
Tabla 12. Impacto del kit modular en el gusto de la robótica y la ingeniería electrónica en los estudiantes. Fuente: Autoras.	84
Tabla 13. La metodología del kit modular es innovadora para los estudiantes. Fuente: Autoras.	85
Tabla 14. Gusto por la experiencia metodológica del kit modular. Fuente: Autoras.	85
Tabla 15. Temas adquiridos por el estudiante a partir del uso del kit modular. Fuente: Autoras.	86

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Declaración de variable	20
Ecuación 2. Cálculo de resistencia para circuito de Infrarrojo.	31
Ecuación 3. Valor de resistencia para el LED infrarrojo.	31
Ecuación 4. Valor de resistencia para el LED azul.	32
Ecuación 5. Distribución resistencia limitadora de corriente LED azul.	32
Ecuación 6. Condición para obtener voltaje de salida positivo [39].	34
Ecuación 7. Condición para obtener voltaje de salida negativo. [39]	34
Ecuación 8. Cálculo de resistencia para circuito de LEDs.	37
Ecuación 9. Valor de resistencia para el LED amarillo.	37
Ecuación 10. Valor de resistencia para el LED rojo.	38
Ecuación 11. Valor de resistencia para el LED azul.	38
Ecuación 12. Caída de voltaje en el diodo.	39
Ecuación 13. Transformación de unidades de la velocidad del sonido.	48
Ecuación 14. Calcula la distancia entre el sensor ultrasónico y el objeto.	48

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación brinda un recurso para incentivar a estudiantes de educación media, a elegir carreras profesionales relacionadas con el saber tecnológico, propio de la Ingeniería Electrónica. Se resalta que este estudio surgió como un aporte educativo a soluciones de problemáticas específicas que afectan a la educación media en Colombia: Una deficiente infraestructura tecnológica de las instituciones educativas y el déficit de ingenieros y técnicos que hay en el país, el cual ha sido evidenciado por el Ministerio de Educación Nacional al identificar escases de estudiantes en estas carreras profesionales. Por ello, el objetivo consistió en diseñar un kit modular, el cual una vez elaborado y adoptado, pudiera dar soporte a prácticas de laboratorio con aplicaciones de robótica móvil, a partir de circuitos electrónicos específicos y piezas delineadas mediante modelos asistidos por computadora. Este kit modular está conformado por: un robot móvil armable, un manual de usuario, guías teóricas y prácticas y una aplicación de escritorio como software que entrega información para el uso del kit modular. Este proyecto es relevante ya que aporta para que los estudiantes de educación media tengan una aproximación a temas relacionados con la ingeniería electrónica a partir de vivir una experiencia interactiva con los componentes electrónicos. Así, una vez utilicen el kit se favorece el despertar del interés por adelantar estudios en educación superior donde la dimensión tecnológica juegue un papel preponderante. La metodología planteada involucra ocho etapas: 1) la revisión del estado del arte, 2) el diseño y la implementación de los sistemas electrónicos, 3) el diseño de piezas del prototipo 4) la impresión de piezas CAD en 3D, 5) pruebas del funcionamiento del prototipo, 6) la elaboración de guías y encuestas, 7) la validación y evaluación del impacto educativo, 8) la construcción del documento final. De este modo, los hallazgos ponen en evidencia que el diseño e implementación de los circuitos para el funcionamiento electromecánico del kit modular, con circuitos específicos, cumple las especificaciones propuestas para cada práctica a realizar con el kit modular. Además, los aspectos pedagógicos facilitaron el acercamiento al lenguaje técnico, la manipulación sencilla de los componentes y la efectiva consecución del logro por parte del estudiante quien vivencia el proceso hasta poner en operación el robot.

Este documento presenta el trabajo realizado bajo la siguiente estructura: Capítulo 1: Introducción, presenta el estudio de manera general. Capítulo 2: Planteamiento del problema, delimita la problemática trabajada. Capítulo 3: Justificación, presenta la relevancia, la pertinencia y los aportes de la investigación. Capítulo 4: Impacto social, puntualiza sobre el alcance de los aportes en la reducción de la brecha digital en la educación media del país. Capítulo 5: Los objetivos, dan cuenta de los propósitos del proyecto. Capítulo 6: Marco teórico, establece los antecedentes y sienta las bases teórico-conceptuales sobre las cuales se desarrolla la propuesta. Capítulo 7: Metodología, define las etapas que se recorren hasta concluir el proyecto. Capítulo 8. Diseño, contempla las especificaciones técnicas para la elaboración de los componentes hasta la realización de pruebas de funcionamiento, el diseño de guías y de la encuesta. Capítulo 9. Resultados, recoge el resultante del estudio en términos de circuitos electrónicos, piezas del prototipo, el robot móvil y los efectos pedagógicos de la propuesta.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un estudio realizado, señala que actualmente en Colombia, en 100 instituciones de educación media, tanto públicas como privadas, un 74% de ellas, no cuenta con la infraestructura tecnológica adecuada, para el uso de diferentes tecnologías tanto, en la formación académica de sus estudiantes y profesores, como en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Infraestructura tecnológica que permite desarrollar habilidades en diversas áreas como robótica y programación, y aporta, para cerrar la brecha digital y desarrollar la alfabetización digital [1].

Esto evidencia, que, debido a lo anterior, los estudiantes no acceden a experiencias que fomentan el gusto por la tecnología y su relación con el conocimiento y, que les permiten ampliar su visión sobre las áreas del conocimiento que les gustaría explorar.

Al no tener acceso a la tecnología y sus desarrollos, se les limita para poder identificar, que la tecnología es una de las herramientas que permiten plantear y solucionar problemas a todos los niveles de la vida social, que conducen al desarrollo humano: en lo doméstico, en lo industrial, en lo individual, en lo colectivo, desde lo meramente local, hasta lo internacional. Aporta al avance integral del ser humano, como lo hace la ingeniería electrónica, al investigar, diseñar, crear, e innovar en todos los campos.

En el año 2014 según el Ministerio de Educación Nacional, en Colombia había 310.000 estudiantes de educación superior y solo 66.000 se graduaron de ingeniería (21% aproximadamente), cifra que permitió pronosticar un déficit de 100.000 ingenieros para el año 2019 [2], pronóstico que en la actualidad se cumplió. En 2018, un artículo del diario el Tiempo indicaba: “Un informe realizado por el SENA señala que actualmente hay un déficit de casi 70.000 ingenieros de todas las ramas” [3], estas referencias evidencian el lento avance en lograr que exista el volumen suficiente de profesionales en ingeniería que cumplan con el objetivo de innovar y dar soluciones técnicas a las necesidades de la sociedad contemporánea.

En aras de fomentar el estudio de la profesión de ingeniería electrónica en la Universidad Santo Tomás, cuya enseñanza, está basada en la formación integral y humanística, para que sus estudiantes respondan de manera ética, con la responsabilidad social del quehacer profesional, como una de sus funciones sustantivas. Este trabajo de grado busca específicamente, desde el área profesional de ingeniería electrónica, dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Qué herramienta permite fomentar prácticas en educación media relacionadas a temáticas de robótica móvil?

3. JUSTIFICACIÓN

En 2018, en reportaje a personalidades de orden gubernamental, académico y empresarial, se señalaba que debido a la innovación y al avance agigantado de la tecnología y su uso en la sociedad, se evidencia, cada día más, la necesidad de que los sistemas escolares sean más eficaces en integrar la tecnología en el aprendizaje, pero que esos medios tecnológicos no se deben enfocar solo en el uso instrumental del artefacto (Tablet, laptop, dispositivo móvil, app, etc.), sino que se deben centrar en la construcción de habilidades en los estudiantes para solucionar necesidades. Esto permitirá que el uso de la tecnología no esté desconectado en su formación para indagar, confrontar sus saberes previos mediante actividades colaborativas, intercambiar ideas con sus compañeros de estudio, fundamentándose también en el juego, resolviendo retos y asumiendo roles [4].

Los anteriores argumentos, permiten identificar que los propios avances tecnológicos, demandan permanentemente, un cambio en el enfoque pedagógico, el cual consiste en satisfacer la necesidad de capacitar a las nuevas generaciones en un mundo tecnificado. Para esto se requiere fomentar el uso y desarrollo de nuevos sistemas de enseñanza-aprendizaje, replantear y modernizar los elementos pedagógicos que servirán de estudio, para así, facilitar y aproximar cada vez más al estudiante con la nueva realidad.

El presente proyecto tiene como propósito, contribuir desde la responsabilidad social universitaria de la USTA, aportando para la innovación en la educación, teniendo en cuenta que la práctica educativa no debe centrarse solamente en el estudiante, en el educador, o en el contenido, sino, en la relación e interacción de los componentes pedagógicos y sus usos coherentes, en un entorno de aprendizaje.

Teniendo en cuenta, que la educación debe estar relacionada con los avances tecnológicos, se pretende evidenciar, de forma directa, que la ingeniería electrónica es una profesión que permite desarrollar herramientas para el aprendizaje en las instituciones académicas, específicamente, en las de educación media, desde los campos de la robótica y la programación; para así, despertar el interés y el gusto por la investigación, promocionar el estudio y el desarrollo de una vida profesional, realizando estudios de ingeniería electrónica; especialmente en la USTA, porque el kit será identificable, como resultado del proyecto de grado de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica, quienes con este trabajo de grado, muestran el impacto que se desarrolla, no solo a nivel social, sino en la educación, por la aplicación de las tecnologías en la solución de problemas específicos.

Este proyecto busca aprovechar esta oportunidad, al desarrollar un kit modular en robótica básica, para aplicaciones pedagógicas en educación media grados 10 y 11, cuyo valor de adquisición sea asequible y que incluya tecnologías que inspiren a conocer más de la ingeniería electrónica, su aplicación e importancia en todos los ámbitos de la vida humana.

Este proyecto no desconoce la necesidad de sumergir a los estudiantes, a edades muy tempranas, en una enseñanza ligada a los campos de la ingeniería electrónica, como lo son los conocimientos tecnológicos en diseños, robótica, programación, la energía, el control análogo y digital, automatización, instrumentación, etc., los cuales están inmersos en todos los niveles del desarrollo y confort que se producen para que formen parte de la vida cotidiana de los seres humanos.

4. IMPACTO SOCIAL

La proyección social de este proyecto tiene como propósito fomentar el uso de herramientas tecnológicas, brindando conocimiento en temáticas bases, relacionadas a robótica móvil, mediante la construcción de un kit modular didáctico, asequible que permita al estudiante desarrollar habilidades digitales no convencionales en la educación media, todo esto en procura de apoyar el proceso pedagógico de los docentes en la orientación profesional de los estudiantes que están culminando su etapa de enseñanza media, y aportar a la reducción de la brecha digital que aún se presenta en Colombia, como se menciona en el planteamiento del problema, puesto que muchos estudiantes no tienen la oportunidad de acceder a un medio que los incentive a investigar sobre sobre temáticas que integren a la tecnología, que cada vez son más necesarias, y que actualmente son una de las mayores fuentes de información del mundo.

5 OBJETIVOS

5.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un kit modular para dar soporte y fomentar el desarrollo de prácticas de educación media bajo el uso de guías de laboratorio en aplicaciones de robótica móvil, a partir de circuitos electrónicos específicos y piezas diseñadas asistidos por computadora.

5.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar e implementar circuitos electrónicos para el funcionamiento electromecánico del kit modular, a partir de circuitos específicos.
- Diseñar y construir las piezas de ensamble del kit modular, con impresión en 3D a partir de diseños CAD.
- Elaborar guías de prácticas de laboratorio que utilicen el kit modular para instruir estudiantes de educación media en robótica móvil básica.
- Evaluar el impacto educativo del desarrollo de las guías prácticas sobre robótica móvil en la educación media, por medio de encuestas.

6.1.1. ANTECEDENTES

La aplicación de las diferentes tecnologías en la educación, como tema central del presente proyecto, conlleva a recopilar información que incluya avances y fuentes relevantes que permiten determinar cuál es el punto de partida del trabajo a desarrollar.

En la búsqueda de información, se identificó que, en el mercado, de una parte, la empresa *LEGO*, produce kits educativos, que buscan incentivar el desarrollo temprano de habilidades de los niños y adolescentes. Los kits están divididos en áreas del aprendizaje, empezando por el nivel básico, para el cual, *LEGO* busca contribuir a un aprendizaje temprano en matemáticas, ciencias y habilidades del lenguaje, para que un niño pueda desarrollarlas. En educación primaria, busca que los estudiantes puedan apropiarse de conceptos y herramientas básicas para la programación y creación de proyectos; que entiendan cuál es el efecto de las matemáticas, la ciencia, tecnología e ingeniería y su efecto en la vida diaria. También desarrolla kits para educación secundaria en los cuales busca que los estudiantes exploten su curiosidad por el mundo natural, por las ciencias, la ingeniería y habilidades de análisis de datos [5].

Por otra parte, la compañía *ACER*, también produce kits educativos, pero, enfocados al área de la programación, y el uso de sus herramientas. Produce un kit educativo llamado *Acer CloudProfessor*, el cual busca que se desarrollen con facilidad las habilidades en programación; mediante el uso de Arduino, plataforma de programación sencilla. Lo innovador de este proyecto es que reemplaza las técnicas comunes de codificación por el uso de diagramas de bloques, los cuales permiten una mejor comprensión, facilitando el proceso de solucionar un problema específico al momento de desarrollar nuevos códigos [6].

En el área académica en Colombia, se identificó que, en 2010, el grupo de investigación de Inteligencia Artificial en Educación de la Universidad Nacional de Colombia, desarrollo el proyecto sistema Multi-Agente robótico RobEd (Robótica Educativa) enfocado a la población estudiantil de los grados 10 y 11 de bachillerato, del Área Metropolitana de Medellín. Las características eléctricas y mecánicas del sistema propuesto se plasmaron en el kit RobEd (Robótica Educativa), compuesto por cuatro agentes robóticos, un robot madre y tres robots hijos.

El análisis inicial presentado para el proyecto, detalla varios problemas relacionados con el acceso y el uso de los kits educativos, en especial en los países emergentes; como lo son, las dificultades para el acceso y uso de ellos; dificultades como las brechas tecnológicas entre país creador y país receptor, generan dependencia para el receptor, no solo, desde su producción, sino, también por el acceso a repuestos; se hace un énfasis

especial a los costos elevados que conlleva tener un kit de robótica educativo en países, como Colombia.

El objetivo era fortalecer las habilidades de los estudiantes a partir de insumos propios del país, teniendo en cuenta los desarrollos teóricos de la pedagogía, los cuales con cada avance fortalecen la importancia pedagógica, de la interacción con estas herramientas que incluyen componentes de la ingeniería electrónica [7].

También, se identificó que, en la Universidad de Pamplona, se usan como material educativo cuatro módulos didácticos de electrónica de potencia, para facilitar la comprensión de temas de vital importancia, en la electrónica, cuya aplicación es permanente en el ámbito industrial. Los módulos son: i) Módulo Scr-Triac, el cual tiene como fin controlar la potencia que se le entrega a una carga eléctrica; ii) Módulo detector de cruce por cero, el cual se usa con el fin de determinar el momento en que la señal alterna pasa por cero (eje x) para manejar la potencia entregada a una carga; iii) Módulo control de velocidad DC, el cual consta de un PWM (Pulse Wave Modulation) variable controlada por el usuario, con el fin de variar la velocidad de un motor CC; y iv) Módulo USB, el cual tiene como fin controlar la potencia de cargas desde una interfaz de usuario alojada en un computador [8].

La universidad ECCI de Colombia, ofrece el curso *Robótica EV3 para Niños y Jóvenes*, el cual desarrolla diferentes estrategias pedagógicas para la enseñanza de la robótica, dentro de las cuales, está como principal el uso del Kit LEGO MINDSTORMS EV3. El kit incluye piezas como un cerebro inteligente EV3 – que es un microcomputador interno– motores, sensores, y los tradicionales bloques de construcción; la forma de enseñanza consiste en que los instructores proponen problemas del mundo real a los alumnos, quienes conforman grupos de tres personas para resolverlos, esto les permite ampliar sus habilidades de destreza, autodidacta y resolución de problemas [9].

El Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana en Bogotá, ofrece el curso *Robótica para niños y jóvenes Área infraestructura, tecnología, productividad y ambiente*. Está orientado a niños y niñas entre 11 y 14 años, se desarrolla de manera teórico-práctica, con el propósito de diseñar, programar y poner en marcha un robot móvil, el cual se va modificando en cada una de las sesiones para lograr tener un robot móvil robusto, al tiempo que construyen nuevo conocimiento y adquieren habilidades del siglo XXI, tales como la comunicación, la capacidad de aprender, la resolución de problemas, la creatividad y habilidades sociales. Resaltan que no es un requisito contar con conocimiento previos acerca de lógica de programación ni de electrónica [10].

En cuanto a la adquisición de los diferentes kits interactivos comerciales que se encuentran actualmente disponibles, la búsqueda permite identificar que en Colombia tiene presencia *STEREN*, empresa mexicana dedicada a la comercialización y venta de aparatos electrónicos que ofrece los kits, ofreciendo gran variedad de modelos y precios [11].

- Kit solar hidráulico 12 en 1, referencia K-725, precio \$139.900 COP, modelo de un pequeño robot que sirve para dar un acercamiento inicial a la transformación de energía solar en eléctrica, y el funcionamiento del movimiento hidráulico impulsado por agua. Se puede elegir armar entre 12 diferentes figuras: mono, elefante, montacargas, amo y perro, cocodrilo, pterosaurio, avestruz, excavador, T-Rex, escorpión, trotamundos y vehículo buggy. Su armado es sencillo, recomendado para niños de 8 años en adelante. Ayuda a desarrollar habilidades de razonamiento y motrices. No requiere herramientas especializadas, soldadura o baterías.
- Kit de tren con levitación magnética para armar, referencia K-710, Precio \$189.900 COP, modelo de tren electromagnético, que sirve para experimentar y dar acercamiento a conceptos básicos de electromagnetismo, como el funcionamiento de un electroimán y junto con circuito integrado el cual hace que la polaridad cambie cierto tiempo para que el tren avance. Su armado es más complejo por lo que es clasificado como nivel avanzado, es decir para edades mayores de 13 años. Al armarlo se puede evidenciar que el tren levita.
- Kit Garabot para armar, referencia K-325, precio \$32.900 COP, modelo de robot araña implementado para dar a conocer los principios de movimiento rotatorio y lineal por medio de vibración, además, permite observar que el movimiento crea diferentes patrones como círculos, elipses o trayectorias curvas. La vibración se logra mediante una pieza que gira sobre un eje desbalanceado (no centrado) con ayuda de un motor CC. Para hacer los patrones, el robot incorpora 3 brazos, en los que se pueden colocar plumones o lápices de colores. Gracias a que los brazos son articulados, puedes cambiar de posición o ángulo los colores, y así, lograr múltiples patrones y trazos. El kit es muy sencillo de armar recomendado para edades mayores de 7 años y no necesita de herramientas especiales o soldadura para ensamblarlo.
- Kit para armar Smartbot, referencia K-720, precio \$189.900 COP, pequeño robot hexápodo (seis patas). Las patas y cintura del robot son articulados, además, sus ojos encienden en color azul. funciona en modo explorador y seguidor, muestra conceptos básicos de sensores infrarrojos de proximidad y bases de mecatrónica. No necesita soldadura para armarlo, recomendado para edades mayores de 7 años.

Es así, como la búsqueda de antecedentes, valida la oportunidad que tiene este proyecto, de incursionar en metodologías de educación emergentes, basadas en la acción teórico-práctica, que implican la posibilidad de generar una gran variedad de kits potenciales para establecer laboratorios y actividades para aprender.

6.1.2. BASES TEÓRICAS

6.1.1.1 Robótica

Al escritor Isaac Asimov (1920-1992) se le atribuye la elaboración del concepto de robótica, en razón a que propuso las tres leyes de la robótica.

Robótica es la técnica que incluye el diseño, la fabricación y el uso de robots. Diferentes disciplinas como la informática, la electrónica, la mecánica, entre otras, aplican la robótica, con el objetivo de desarrollar dispositivos que operen de manera automática y sobre todo que realicen actividades que para el ser humano sean complejas o imposibles.

La robótica ha evolucionado rápidamente y de forma exponencial durante los últimos años, aportando al desarrollo de muchas disciplinas como por ejemplo la medicina [12].

6.1.1.1.1 Robot Móvil.

“Un robot móvil se define como un sistema electromecánico capaz de desplazarse de manera autónoma sin estar sujeto físicamente a un solo punto.” [13].

Generalmente los robots móviles, para su desplazamiento tienen un sistema de control con realimentación o sistema de control de lazo cerrado, cuentan con sensores que permiten identificar, en todo momento, su posición relativa respecto a sus puntos de origen y de destino. Dispositivos como ruedas, patas, orugas, entre otros, permiten su locomoción.

6.1.1.1.2 Morfología de un robot móvil.

Los robots móviles cuentan con características estructurales y sensoriales propias, las cuales permiten que el robot móvil sea apto para cumplir la operación que se le defina. Las características estructurales incluyen el tipo de rueda, el sistema de tracción y dirección y la forma física del robot. Las características sensoriales son definidas por la operación que se le define cumplir. Los robots móviles, de acuerdo con las exigencias de velocidad, de la maniobrabilidad y de las condiciones del terreno, distribuyen su sistema de tracción y dirección sobre los ejes de sus ruedas [14, p. 16].

6.1.1.1.3 Sistemas de locomoción.

Los sistemas de locomoción de los robots móviles están condicionados por el entorno en el que se van a desplazar, podemos encontrar robots acuáticos o flotantes, terrestres, aéreos o submarinos. En razón a que la tierra es un entorno más manejable, para los propósitos de acercamiento a la ingeniería electrónica que tiene este kit, se eligió el diseño y la construcción de un robot móvil terrestre.

El sistema de locomoción de un robot móvil terrestre puede ser con patas, con ruedas o con cadenas. La locomoción más usada por los robots móviles terrestres son las ruedas, toda vez que ayudan al movimiento en terrenos difíciles y su mecánica, también es mucho más sencilla. Por esta razón también para el diseño y la construcción del kit, se escogió un sistema de locomoción con ruedas.

En su tesis doctoral titulada “Modelado Cinemático y Control de Robots Móviles con Ruedas” Luis García [15, p. 42], señala que, el sistema de locomoción por ruedas identifica cuatro tipos de ruedas:

- **La rueda fija:** No posee articulación de dirección, por lo cual su posición respecto a la estructura es fija.
- **Rueda orientable centrada:** Tiene articulación de dirección, es decir, es orientable respecto a la estructura del vehículo, pasa su eje de dirección por el centro de rotación de la rueda.
- **Rueda orientable descentrada (Castor o loca):** Posee articulación de dirección, es decir, es orientable respecto a la estructura del vehículo, no pasa su eje de dirección por el centro de rotación de la rueda.
- **Rueda fija con rodillos (sueca, Universal, Mecanum o Llon):** Es fija respecto a la estructura del vehículo, posee rodillos, entre la rueda y el suelo, con una determinada orientación fija respecto a la rueda.

6.1.1.1.4 Tipos de robots móviles de acuerdo con el uso de los sistemas de locomoción por ruedas.

La combinación de los diferentes tipos de ruedas genera gran variedad en los diseños de los robots móviles terrestres, diferenciándose entre sí, por su grado de maniobrabilidad. Alberto Bañó en de su documento “Análisis y Diseño del Control de Posición de un Robot móvil con Tracción Diferencial” [16, pp. 6-13], identifica los siguientes tipos:

- **Robot omnidireccional:** Esta configuración tiene un movimiento más flexible en el entorno, al permitir que el robot móvil se desplace hacia cualquier dirección sin necesidad de reorientarse. Para esto hace uso de ruedas suecas o ruedas orientables centradas, que le permiten avanzar, girar o desplazarse lateralmente.
- **Robot unicycle:** Esta configuración hace uso de tres ruedas. dos ruedas fijas convencionales, ubicadas en el mismo eje, las cuales son controladas de manera independiente y una tercera rueda, la cual es rueda loca que tiene como objetivo brindarle estabilidad al robot. Este tipo de configuración suele ser la más usada para pruebas de control ya que cuenta con una cinemática sencilla.
- **Robot triciclo:** Esta configuración hace uso de dos ruedas convencionales fijas ubicadas en el mismo eje y una rueda convencional centrada orientable la cual tiene la función de tracción-dirección.
- **Robot cuatriciclo o Ackerman:** Esta configuración se caracteriza por usar el principio de dirección de Ackerman para cuatro ruedas, que señala que cuando un vehículo gira en una curva, los ejes de todas las ruedas deben concurrir en un punto, el centro instantáneo de rotación. Consiste en que los ejes de dos ruedas frontales se interceptan en un punto que pertenece al eje común de las ruedas traseras, es decir, dos ruedas fijas y dos ruedas orientables centradas. Esta estructura, además de brindar mayor estabilidad, evita el deslizamiento en la rueda y por lo tanto reduce los errores de odometría.

6.1.1.1.5 Tracción y dirección.

El sistema de tracción y dirección es un aspecto importante en la morfología de los robots móviles, no solo está relacionado con la capacidad de las llantas, sino que también lo está, con los algoritmos de control local de los motores y la mecánica asociada a estos.

Bambino, en “Una Introducción a los Robots Móviles” [14, p. 22], identifica que existen tres sistemas básicos para obtener diversas configuraciones para la tracción y dirección para un robot móvil:

- **Tracción y dirección en ejes independientes:** En esta configuración la tracción se localiza en las ruedas traseras, y el control de dirección en las ruedas delanteras o viceversa; la precisión en la dirección está sujeta a la adherencia de las ruedas delanteras, este efecto se evidencia básicamente por la masa despreciable de estas ruedas respecto a la estructura, además cuenta con un radio de giro elevado a causa de esto. Este sistema no puede realizar cambios de dirección muy cerrados.
- **Tracción y dirección en un mismo eje (tracción diferencial):** Para que esta configuración tenga la tracción y dirección en un mismo eje, hace uso de dos motores independientes, en las ruedas que tienen el mismo eje, el cual es trasero, y tiene una o dos ruedas “locas” en la parte delantera. La característica que deben cumplir los motores es que tengan idénticas rpm (revoluciones por minuto), toda vez que su control será independiente. Así, se permite, que los radios de giro sean del mismo tamaño del vehículo.
- **Tracción y dirección sobre todos los ejes:** es una configuración usada principalmente en terrenos hostiles, donde la velocidad de traslación es menos importante que una buena adherencia al terreno. Este sistema necesita un sistema odométrico complejo por la incertidumbre en los radios de giro.

Con el propósito de que el kit modular muestre aplicaciones de electrónica en el sistema de dirección y tracción, se decidió que el prototipo del robot móvil del kit esté basado en un sistema de dirección Ackerman, al cual se le realiza la siguiente variante: el sistema de tracción y dirección es diferencial, con ruedas fijas traseras, las cuales cuentan, cada una, con un motorreductor independiente; por su parte, tiene dos ruedas delanteras fijas en un mismo eje libre.

6.1.1.1.6 Sensores

Los sensores son dispositivos capaces de recibir o detectar acciones o estímulos externos a su entorno (señal de entrada), de naturaleza física o química, respondiendo en consecuencia, al transformarlos en magnitudes eléctricas (señal de salida), que pueden ser reconocidas por un microcontrolador, este a su vez, con la señal de salida recibida del sensor, decide acciones a tomar, de acuerdo con el algoritmo que se le ha programado al microcontrolador [17, p. 3].

Para las distintas magnitudes físicas o químicas hay un número elevado de sensores disponibles. Por lo cual para estudiarlos se requieren criterios de clasificación. Los

sensores, según el aporte de energía de la señal de salida, se pueden clasificar en dos grupos [17, p. 6]:

- **Analógicos:** En este tipo de sensores la señal de salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua y la información está en la amplitud.
- **Digitales:** En este tipo de sensores la señal de salida varía en forma de saltos o pasos discretos, la transmisión de esta es más fácil, pues no requieren conversión A/D para entregar su señal al microcontrolador. Además, tienen mayor fidelidad y fiabilidad, y la mayoría de las veces mayor exactitud.

El uso de sensores en los robots es un aspecto fundamental, pues estos permiten recibir y entregar información para la interacción de los robots con el mundo real. Por esto se incluyen en el diseño y la programación de las actividades que pueda desarrollar un robot. Es importante entonces identificar los siguientes conceptos inherentes a los sensores, que hacen relación a la fidelidad de aquello que pueden hacer en relación con las magnitudes que miden:

6.1.1.1.7 Rango

El rango de un sensor hace relación al intervalo de los valores de la variable física medida, que están comprendidos entre el valor mínimo y el valor máximo que puede tomar la variable física y que puede medir el sensor [18, p. 19].

6.1.1.1.8 Precisión

La precisión de un sensor es la capacidad de este de entregar el mismo resultado de medida, cada vez que se mida la variable física. Hace referencia entonces a la capacidad de repetitividad de una medida que tiene un sensor entregando el mismo resultado [18, p. 19].

6.1.1.1.9 Exactitud

Por su parte, la exactitud de un sensor es el máximo error esperado en la medida de una variable física, con respecto al valor real de la variable medida. Es decir que el sensor entrega una capacidad de acercarse a la medición real de la variable física. Es por esto, que la exactitud de un sensor se expresa de manera porcentual para indicar el margen de error que puede tener el sensor en su medición [18, p. 19].

6.1.1.1.10 Resolución

La resolución de un sensor describe la medida más pequeña, de manera confiable, que le es posible registrar de una variable física [18, p. 20].

Como se mencionó anteriormente, los robots interactúan con el medio, recibiendo y emitiendo información, los sensores son los dispositivos que les permiten esta interacción. El robot móvil del kit modular tiene definidas operaciones que debe cumplir en su interacción con el medio, en consecuencia, estas operaciones, determinan las características sensoriales que tiene. Para atender estos aspectos, se eligió el uso de dos sensores para que el robot tenga dos modos de operación: un sensor ultrasónico y un sensor infrarrojo así:

- Cuando el robot móvil del kit está en modo robot evita obstáculos, el sensor ultrasónico tiene como objetivo detectar objetos a determinada distancia para evitarlos.
- Cuando el robot móvil del kit está en modo robot seguidor de objetos, el sensor infrarrojo tiene como objetivo detectar la presencia de un objeto y dirigirse hacia dicho objeto.

Con este diseño del robot móvil del kit, el estudiante tiene la oportunidad de identificar la importancia de los sensores para el control del robot, en cada uno de los dos modos de operación que estos permiten.

6.1.1.2 Tarjeta de Desarrollo

Una tarjeta de desarrollo es un dispositivo o placa que tiene un circuito electrónico, trae incorporado un microcontrolador, que es el que ejecuta el algoritmo o serie de instrucciones de un programa. Alrededor del microcontrolador, están distribuidos los circuitos electrónicos complementarios, los cuales permiten: el suministro o alimentación del voltaje adecuado para el funcionamiento del microcontrolador, el acceso a las entradas y a las salidas del microcontrolador para la conexión de sensores y actuadores, así, como también, la comunicación para enviar los datos del algoritmo en un lenguaje de programación al microcontrolador [19].

Los avances o desarrollos tecnológicos de la electrónica han llevado a que en la actualidad se ofrezcan gran variedad de tarjetas de desarrollo, cuyas características se enfocan a hacerlas útiles en diferentes campos de la electrónica y vinculadas a lenguajes de programación.

Actualmente, entre esta gran variedad, los enfoques más conocidos nos presentan tarjetas desarrolladoras para [19]:

- Diseño electrónico.
- Dispositivos de IoT (Internet de las cosas).
- Dispositivos portables (wearables).
- Dispositivos con Inteligencia Artificial.

Como el propósito de este proyecto es introducir, de manera práctica, a estudiantes de educación media en uno de los campos de la ingeniería electrónica; para el control y manipulación del robot del kit modular, se consideró importante elegir una tarjeta de

desarrollo que permitiera mostrar un camino introductorio pero llamativo hacia la ingeniería electrónica, de bajo costo, de fácil uso y versátil. Se identificó que la que cumplía las anteriores características era una tarjeta de desarrollo IoT (Internet de las cosas). La Tarjeta NodeMCU LOLIN V3 fue la escogida para el proyecto.

6.1.1.3 NodeMCU Lolin V3

La tarjeta de desarrollo NodeMCU es un firmware de código abierto basado en Lua para ESP8266 Wifi SOC de *Espressif*, utiliza un sistema de archivos SPIFFS basado en flash en el módulo. NodeMCU está implementada en C y está superpuesto en Espressif NON-OS SDK [20].

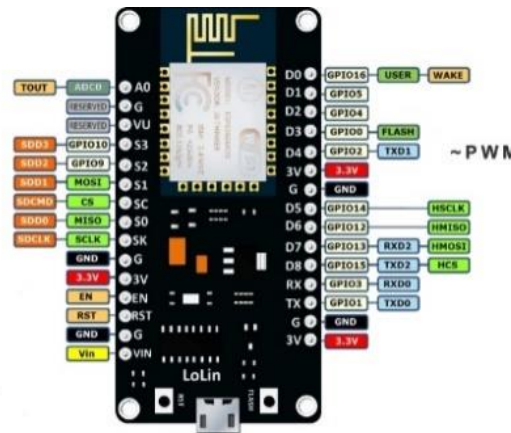


Figura 1. NodeMCU ESP8266 – LOLIN V3
Fuente: Teachmemicro [21].

En el kit modular la versión de esta tarjeta que se utiliza es la *NodeMCU ESP8266 – LOLIN V3*, dentro de las consideraciones de escogencia para controlar el robot móvil del kit modular, están:

- Posee ventajas que permiten cumplir con los objetivos de las prácticas propuestas con el kit modular.
- Es de bajo costo.
- Se caracteriza por ser de fácil manejo para el usuario, en razón a que puede ser programada por el software de código abierto Arduino IDE, debido a que su firmware está escrito en lenguaje C que lo hace compatible con la plataforma de Arduino.
- Tiene un chip WIFI ESP8266, que puede ser programado por Wifi
- Cuenta con compatibilidad con varios módulos de Arduino.
- Cuenta con dos formas de alimentación: la alimentación vía USB y alimentación con 5V a 9V por el conector VIN de la placa.

6.1.1.4 ESP8266EX

El ESP8266EX de *Espressif Systems* es un chip Wifi, que viene incorporado con la *NodeMCU ESP8266 – LOLIN V3*.

Tiene un procesador *RISC Tensilica L106 de 32 bits*, el cual lo hace de un consumo de energía muy bajo, a nivel de velocidad de reloj el ESP8266 puede alcanzar los 160 MHz. Contiene un chip WIFI ESP8266EX que es compatible con plataformas como Arduino, adicionalmente, cuenta con pines de propósito general y PWM que se utilizaran para el desarrollo de las guías prácticas del kit modular. Integra interruptores de antena, balun RF, amplificador de potencia, amplificador de recepción de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía [22].

6.1.1.5 Especificaciones ESP8266EX.

A continuación, la

Tabla 1 presenta con mayor detalle las especificaciones del chip ESP8266EX:

Categorías	Artículos	Parámetros
Wifi	Certificación	Wi-Fi Alliance
	Protocolos	802.11 b / g / n (HT20)
	Rango de frecuencia	2.4G ~ 2.5G (2400M ~ 2483.5M)
	Poder TX	802.11 b: +20 dBm 802.11 g: +17 dBm 802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps) 802.11 g: -75 dbm (54 Mbps) 802.11 n: -72 dbm (MCS7)
	Antena	PCB Trace, externa, conector IPEX, chip de cerámica
Hardware	Procesador CPU	Tensilica L106 de 32 bits
	Interfaz Periférica	Control remoto UART / SDIO / SPI / I2C / I2S / IR GPIO / ADC / PWM / LED Luz y botón
	Voltaje de operación	2.5V ~ 3.6V
	Valor promedio de la corriente de operación	80 mA
	Rango de temperatura de funcionamiento	-40 ° C ~ 125 ° C
	Tamaño del paquete	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
	Interfaz externa	-
Software	Modo Wi-Fi	Estación / SoftAP / SoftAP + estación
	Seguridad	WPA / WPA2
	Cifrado	WEP / TKIP / AES
	Actualización de firmware	UART Descarga / OTA (a través de la red)
	El desarrollo de software	Es compatible con el desarrollo de servidores en la nube / firmware y SDK para una rápida programación en chip
	Protocolos de red	IPv4, TCP / UDP / HTTP
	Configuración de usuario	AT Instruction Set, Cloud Server, aplicación Android / iOS

Tabla 1. Tabla de Características ESP8266EX.

Fuente: ESP8266EX Datasheet [22].

6.1.1.6 Arduino IDE

El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino es un software de código abierto que contiene un editor de texto y un compilador. Está escrito en Java. Es usado para programar

placas que le sean compatibles y se codifica en los lenguajes de programación C y C++ [23].

Arduino IDE se escogió para ser el software de compilación de la tarjeta de desarrollo, en razón a su compatibilidad con la tarjeta NodeMCU LOLIN V3 y por ser un software de código abierto, que para el caso del kit modular va a permitir que el estudiante use este software para desarrollar las guías prácticas del kit.

6.1.1.7 Microsoft Visual Studio

Para cumplir el objetivo general del kit modular, se requiere que el kit cuente con una herramienta amigable que permita la inmersión e interacción del estudiante, de forma intuitiva, con las posibilidades de conocimiento y práctica que ofrece el kit. Para el diseño de esta herramienta, en primer lugar, se determinó que esta sería elaborada como una aplicación para computador, después, en consecuencia, se seleccionó para su desarrollo el uso del entorno de desarrollo integrado Microsoft Visual Studio.

Este reconocido entorno de desarrollo integrado, creado por Microsoft, trae consigo un conjunto de herramientas completo que permite realizar gran diversidad de desarrollos de forma sencilla, inteligente y rápida, abarcando desde el diseño hasta la implementación de un proyecto. La edición usada para este proyecto es la versión de licencia gratuita Visual Studio Community, enfocada hacia estudiantes, desarrolladores individuales, investigadores, proyectos de código abierto y organizaciones no empresariales.

Su última versión es la 16.9.3 lanzada en 2019, sus funcionalidades permiten desarrollar aplicaciones para Windows, Android, iOS, aplicaciones en la web e implementar servicios en la nube. También maneja 36 diferentes lenguajes, entre ellos están: C#, Visual Basic, F#, C++, HTML, JavaScript, TypeScript, Python. Está acompañada de un editor de texto y herramientas de depuración avanzadas (a nivel fuente y a nivel máquina) para un buen desempeño y productividad [24].

Visual Studio Community cuenta con la plantilla de desarrollo de Microsoft Windows Forms, conocida como WinForms, que es una biblioteca de clases gráficas (GUI) de código abierto, para crear aplicaciones de cliente mediante una herramienta denominada Diseñador Visual, es una interfaz de usuario, que tiene un cuadro de herramientas para el diseño gráfico que van creando el código correspondiente, mediante botones o textos, por ejemplo [25].

Se determinó que la aplicación del kit modular llevé como nombre *INSPIRATION ONE* y sea desarrollada en la plantilla de aplicación de Windows Forms en lenguaje C#. La aplicación *INSPIRATION ONE* suministrará los recursos necesarios para utilizar el kit modular:

- El instalador del driver de la tarjeta *NodeMCU V3 ESO8266 – LOLIN*.
- El instalador del IDE de Arduino
- La información de la tarjeta *NodeMCU V3 ESO8266 – LOLIN*.
- Las guías teóricas, las guías prácticas, y el manual de usuario.

- La encuesta para evaluar el impacto educativo del kit modular.

6.1.1.8 Introducción y fundamentos de la programación

Los contenidos abarcados en esta sección serán utilizados para introducir a los estudiantes que hagan uso el kit dentro del ámbito de la programación. Esto se plasmará de forma visual mediante la guía de fundamentos de la programación, la cual se encuentra en el aplicativo de escritorio *INSPIRATION ONE*.

6.1.1.8.1 Proceso Computacional

Se define un *proceso computacional* como un objeto abstracto que reside en una computadora y que puede llegar a manipular otro objeto abstracto llamado *datos*, solo si estos procesos se guían mediante una secuencia de instrucciones denominada *programa*. Estas instrucciones están expresadas simbólicamente en *lenguajes de programación* y determinan las acciones que los procesos han de ejecutar para manipular los datos [26].

Para que una computadora funcione correctamente, los procesos deben estar adecuadamente estructurados, para que su funcionamiento sea con exactitud y precisión, es por eso, que los programadores deben aprender a entender y anticipar consecuencias, para que, una vez codificada la programación se realicen las tareas previstas. La programación requiere de cuidado, experiencia y sabiduría, ya que con un mínimo error se puede generar hasta la autodestrucción de un robot, de esta forma, un buen diseño de un programa debe ser planteado de manera modular, así se pueden construir, reemplazar o depurar cada módulo por separado.

6.1.1.8.2 Programa o software

Como fue mencionado, son un conjunto de sentencias o instrucciones que se dan a la computadora. Estas instrucciones detalladas permiten controlar y coordinar tanto las operaciones de un sistema informático como los componentes de hardware de una computadora. “El proceso de escritura o codificación se le conoce como programación y los especializados en esta acción se conocen como programadores.” [27].

El tipo de software de interés del proyecto se denomina *software de aplicaciones*, el cual es escrito por individuos y empresas con el propósito de que la computadora ejecute una acción específica, y puedan ser manipulados por usuarios que no requieren ser especialistas.

6.1.1.8.3 Lenguaje de computadora

También conocido como *lenguaje maquina* es el lenguaje que entienden las computadoras. Estas reciben las señales digitales emitidas por sus componentes y las almacenan en la memoria central. Las señales digitales representan la información con

secuencias de unos y ceros conocidos como *código binario* y compuesto por dígitos conocidos como *bits* [27].

6.1.1.8.4 Lenguaje de programación

Es un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que permiten la comunicación con una computadora; determinan si una instrucción es parte de un lenguaje y la actividad que deberá realizar la computadora con determinada instrucción [28].

Todas las computadoras internamente almacenan y manipulan los datos en código binario. En un comienzo se programaban en lenguaje máquina, pero este resultaba una tarea difícil de realizar a la hora de manipular datos y era propensa a errores. A raíz de esto, surgió el *lenguaje ensamblador de bajo nivel*, nemónico, con instrucciones en palabras abreviadas del inglés. Este lenguaje mediante un programa *ensamblador* cumple la función de interpretar las instrucciones y transformarlas en lenguaje máquina [27].

A medida que evoluciona la programación, se requerían códigos más eficientes y potentes, es aquí donde surgen los *lenguajes de alto nivel*. Estos están diseñados para tener una proximidad con el lenguaje natural. Algunos de estos son C, C++, C# y Java con instrucciones como *print*, *read*, *write*, etc. Al igual que los lenguajes de bajo nivel, también requieren de un programa que traduzca de alto nivel a lenguaje máquina, en el caso de C este se conoce como *compilador*. [27]

6.1.1.8.5 Metodología de programación estructurada

Utiliza las técnicas tradicionales de programación, y normalmente produce programas bien escritos y fáciles de leer, a partir de unas reglas y conjunto de técnicas. Las reglas se basan en el concepto de modularización, es decir, descomposición o división de un problema en subproblemas, conocidos como módulos. Estos se analizan y resuelven por separado, lo cual implica un diseño descendente. Finalmente, cuando se han resuelto todos los módulos estos se combinan para dar solución al problema global [27].

A medida que los programas requieren de más complejidad y líneas, las instrucciones se vuelven incontrolables, ante esto, los programas se descomponen en unidades pequeñas que adoptaron el nombre de funciones (subrutinas), las cuales dentro de un programa tienen un propósito específico y agrupan series de instrucciones. Estas deben estar definidas dentro de la interfaz, para poder realizar comunicación con otras funciones [27].

Aunque es una buena forma de programar, presenta deficiencias como el hecho de que las funciones tienen un acceso ilimitado a los datos globales, lo cual puede generar conflictos entre estas, llevando a modificar funciones hasta llegar al punto de reescribirlas; también está el hecho de que datos y funciones al encontrarse en secciones separadas pueden llegar a proporcionar un modelo no tan cercano al mundo real [27]. No obstante, para el caso del kit es una excelente herramienta.

Las estructuras de control de las técnicas de programación estructurada, también se conocen como bloques de instrucciones de un programa y son operaciones fundamentales del lenguaje, especifican el orden en que se ejecutan distintas instrucciones de un algoritmo, las básicas son:

- **Secuencia:** la ejecución de las sentencias de un programa o subprograma se realizan una detrás de otra en orden secuencial descrito.
- **Decisión o selección:** Existen tres tipos de formatos en estas sentencias de control de flujo del programa:
 1. if (si): selección única
 2. if-else (si entonces): selección doble
 3. switch (según sea): selección múltiple
- **Bucles o lazos (repetición):** Existen tres tipos de formatos en estas sentencias de control de flujo del programa:
 1. while (mientras)
 2. do-while (hacer-mientras)
 3. for (desde/para)

6.1.1.9 C++

Es uno de los lenguajes de programación más populares en conjunto con Java y C#, los cuales son herederos del reconocido y fundamental lenguaje C, solo que presentan funcionalidades orientadas a objetos y a Internet. Estos lenguajes son considerados en la actualidad los lenguajes más empleados en los ámbitos educativos, científicos y profesionales. C++ nace a partir de las deficiencias encontradas en el lenguaje C en la modernidad naciente de la década de los 80, las cuales son: su difícil comprensión y una naturaleza de programación que ha cambiado radicalmente a lo largo de los años, teniendo en cuenta que C es un lenguaje de la década de los 70 [27].

Así mismo, C++ se convierte en una versión mejorada de C, estandarizando la potente técnica de programación orientada a objetos y con una gran difusión en el mundo del software. En versiones posteriores se puede encontrar dentro de sus características notables la herencia múltiple, genericidad, plantillas, funciones virtuales, excepciones, etc. Es un lenguaje que con los años ha evolucionado gracias a su premisa de resolver problemas encontrados por los mismos usuarios [27].

El lenguaje con el que se desarrolló el aplicativo de escritorio *INSPIRATION ONE* es C# (heredero de C++), y los códigos realizados por parte de los estudiantes para las guías prácticas, se desarrollarán bajo el lenguaje de programación C++, gracias a su fácil comprensión, adaptándose a los conceptos fundamentales de programación que se emplearán.

6.1.1.9.1 Constantes y variables

Un programa tiene ciertos datos que no cambian en el proceso de su ejecución, estos valores se llaman constantes. Por otro lado, existen valores que sí deben cambiar con la ejecución y se le conocen como variables. Existen variedad de constantes y variables para definir en un programa, entre las cuales están las enteras, las reales, los caracteres, las de cadena y los booleano o lógicas, que representan datos de esos tipos [27].

Se identifica una variable o constante por su tipo y su nombre. Por estándar los nombres deben estar relacionados al objeto que representan y ser diferentes de palabras reservadas del lenguaje. Para declarar una variable se debe tener en cuenta la sintaxis mostrada en la Ecuación 1. Si se declara un tipo de dato específico, debe de ir asignado un valor de ese tipo o se generara un error de tipo [27].

$$< \text{tipo_de_dato} > < \text{nombre} > [= \text{expresión}]$$

Ecuación 1. Declaración de variable

6.1.1.9.2 Expresiones

Las expresiones están basadas en la notación matemática tradicional y constan de combinaciones de variables, constantes, símbolos de operación y funciones especiales. Dentro de las expresiones, las variables y constantes toman los valores asignados, actúan como los operandos de la expresión, para ser posteriormente relacionadas por operadores como símbolos o funciones, y así, determinar el valor de la expresión. [27]

Según sea el tipo de objetos que manipulan, las expresiones se clasifican en aritméticas, relacionales, lógicas y carácter. El resultado de la expresión aritmética es de tipo numérico; el resultado de la expresión relacional y de la expresión lógica es de tipo lógico o booleano; el resultado de una expresión carácter es de tipo carácter. [27]

6.1.1.10 Algoritmos

Se conoce así a un proceso computacional bien definido que toma un valor o valores de entrada y produce un valor o valores de salida, todo esto mediante una secuencia de pasos para que finalmente, el programador pueda dar solución a problemas bien planteados de forma rigurosa y sistemática [29]. Un algoritmo es un conjunto finito de pasos precisos y ordenados; es finito ya que deben emplearse solo los pasos necesarios, precisos, porque las instrucciones deben ser concisas y ordenadas, pues deben estar organizados de forma lógica [28].

Los algoritmos siempre empiezan con un “Inicio” y acaban con un “Fin”. Existen procesos que pueden ser ejecutados por instrucciones solo una vez, y, por otro lado, están unos que conllevan a ciclos repetitivos hasta que se cumpla una condición determinada, conocida como instrucción condicional, empleada en la toma de decisiones en algoritmos computacionales [28].

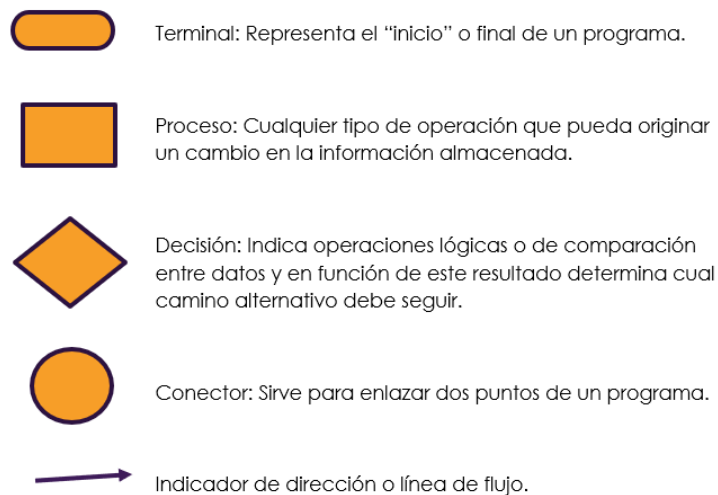
Estos pueden ser representados inicialmente mediante diagramas de flujo o diagramas N-S (etapa de diseño), luego pasan a ser representados por medio de un pseudocódigo, el cual es un lenguaje algorítmico que utiliza palabras de algún idioma combinado expresiones matemáticas para representar la operación de un algoritmo [27] [28].

6.1.1.11 Representación gráfica de los algoritmos

Para representar gráficamente un algoritmo se requiere independizarlo de cualquier lenguaje, de esta forma se puede codificar el algoritmo en el lenguaje de programación deseado; una vez realizado esto puede ser representado grafica o numéricamente, para una fácil transformación en un programa. Un método usual para esto es el diagrama de flujo [27].

6.1.1.11.1 Diagramas de flujo

Es una de las técnicas más antiguas de representación gráfica de algoritmos, hace uso de símbolos (ver Figura 2), dentro de los símbolos se escriben las acciones a realizar; la secuencia de los símbolos se hace mediante flechas, denominadas líneas de flujo [27].



*Figura 2. Bloques básicos de un Diagrama de Flujo.
Fuente: Autoras.*

6.1.1.12 GUI

El kit modular *INSPIRATION ONE* está compuesto por un hardware, que es la estructura física del robot móvil; y un aplicativo de escritorio (software) que permite acceder a la parte informativa y evaluativa del kit. Para el desarrollo del aplicativo de escritorio se hace uso de una interfaz gráfica de usuario, más conocida como GUI.

El GUI busca resolver uno de los primeros problemas que enfrentaron los humanos al establecer contacto con un computador: la pantalla en blanco. Problema que consistía en que el humano no recibía información más allá de una pantalla en blanco con un mensaje que no le indicaba como proceder, estableciendo una deficiente comunicación entre la máquina y el usuario [30].

El GUI es un medio por el cual las computadoras y las personas se comunican entre sí, vincula al usuario del software fundamentalmente con la funcionalidad y el potencial del sistema. Un buen diseño de GUI presenta una amigable comunicación con el software para que el usuario trabaje directamente [30].

En términos tecnológicos, la GUI es una pantalla operativa visual, o especificaciones en apariencia del sistema, que el monitor presenta al operador de la computadora. Generalmente las especificaciones en apariencia comunes son ventanas, íconos, menús y botones, conocido con las siglas WIMP en inglés. Las WIMP representan en el espacio asignado acciones determinadas para el usuario, y a través de estas, el usuario emite comandos a las aplicaciones informáticas [30].

La GUI está compuesta por 3 componentes principales: un sistema de ventanas, un modelo de imágenes y una interfaz de programa de aplicación (API). El sistema de ventanas crea las WIMP, luego el modelo de imagen define las fuentes y los gráficos de las WIMP que aparecen en el monitor para que, finalmente, la API sirva como medio por el cual el usuario especifica cómo, qué ventanas y gráficos aparecen en la pantalla [30].

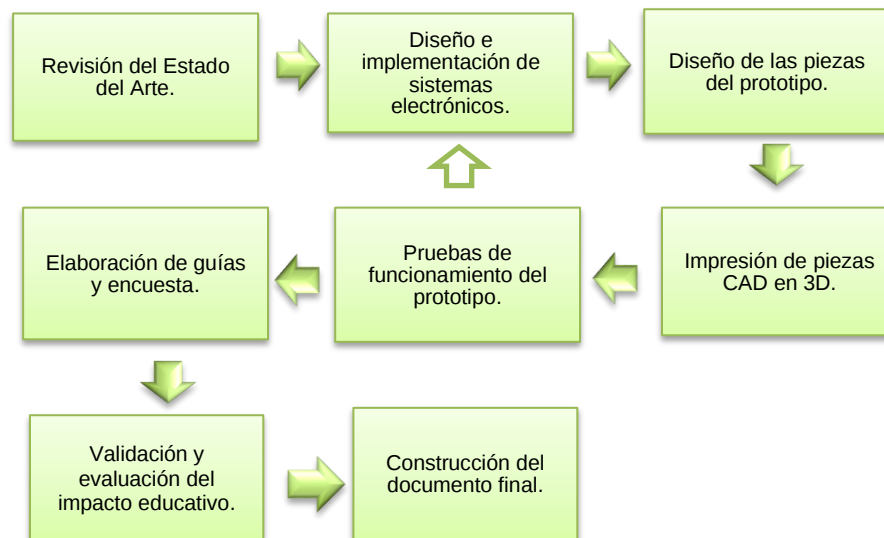
6.1.1.13 Diseño Asistido por Ordenador (CAD)

Para el diseño de las piezas que componen el cuerpo del robot móvil del kit, se eligió utilizar la herramienta de software CAD (*Computer Aided Design* o *Diseño Asistido por Ordenador*). Esta herramienta permite automatizar el proceso de diseño permitiendo crear, modificar, analizar y optimizar planos y modelos en dos o tres dimensiones. Permite manipular de manera más sencilla los elementos geométricos, incluye la planificación y control del proceso [31].

7. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se planteó una metodología mixta tanto cuantitativa como cualitativa, por y para ello, se estableció una ejecución por etapas como se observa en la Figura 3.

7.1.1. DISEÑO POR ETAPAS



*Figura 3. Metodología.
Fuente: Autoras.*

7.1.1.1 Revisión del estado del arte

Consistió en un proceso de investigación relacionado con los temas a trabajar en cada uno de los módulos para aplicaciones robóticas; inicialmente, se indagó sobre el uso de la tecnología en la educación media en Colombia y su impacto, luego, sobre las iniciativas tecnológicas aplicadas a la educación y finalmente, sobre los estudios realizados.

7.1.1.2 Diseño e implementación de los sistemas electrónicos

Diseñar los sistemas electrónicos necesarios para la manipulación del kit modular, hacia la posterior incorporación de dicho sistema en el chasis. Se determinó que se desarrollara una interfaz gráfica de usuario, la cual contiene las bases para que el estudiante pueda realizar las guías prácticas planteadas.

7.1.1.3 Diseño de las piezas del prototipo

A partir de los sistemas electrónicos implementados se realizan el diseño de los modelos necesarios de las respectivas piezas del prototipo para el proyecto, a partir de un software

CAD; de ser necesario, se replantearán diseños que permitan dar cumplimiento a la función de la pieza en particular.

7.1.1.4 Impresión de piezas CAD en 3d

Se hace uso de una impresora 3D, para obtener las piezas previamente diseñadas y, posteriormente se ensamblarán para la obtención de un prototipo de robot móvil.

7.1.1.5 Pruebas del funcionamiento del prototipo

Se realizan pruebas de funcionalidad de los sistemas electrónicos implementados y su estructura física, para las diferentes acciones que se pueden realizar con el kit, y así mismo permitir detectar y corregir errores.

7.1.1.6 Retroalimentación de ajustes del prototipo

Existe un punto de evaluación de los elementos obtenidos en la impresión, desde el modelo diseñado, como también, de los esquemas electrónicos, buscando mejorar o corregir aspectos negativos (errores o fallas) que se puedan presentar.

7.1.1.7 Elaboración de guías y encuesta

Elaborar guías pedagógicas y una encuesta, para las diferentes aplicaciones del kit, incentivando y motivando a los estudiantes a adquirir conocimientos y desarrollar habilidades digitales

7.1.1.8 Validación y evaluación del impacto educativo

Realizar una validación y evaluación del kit modular con estudiantes de educación media, cuyo propósito es validar la funcionalidad del proyecto y evaluar su impacto educativo.

7.1.1.9 Construcción del documento final

La redacción del documento final busca evidenciar los resultados obtenidos en cuanto a diseño, fabricación, programación, y respuestas a las guías creadas y aplicadas en un grupo específico de estudiantes como prueba piloto.

8. DISEÑO

El kit modular está conformado por: un prototipo de robot móvil armable, un manual de usuario, guías teóricas y prácticas y una aplicación de escritorio como software que entrega información para el uso del kit modular.

En esta sección se describen los diseños de los sistemas electrónicos y sus respectivas pruebas, el diseño de las piezas que componen el prototipo del robot móvil, el diseño de las guías para usar con el robot móvil y, el diseño que se realizó de la encuesta para evaluar el impacto educativo del kit modular en estudiantes de educación media.

8.1.1. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS

El sistema electrónico del robot móvil se diseñó en cinco módulos. A continuación, se presenta el diagrama de bloques del sistema electrónico del prototipo.

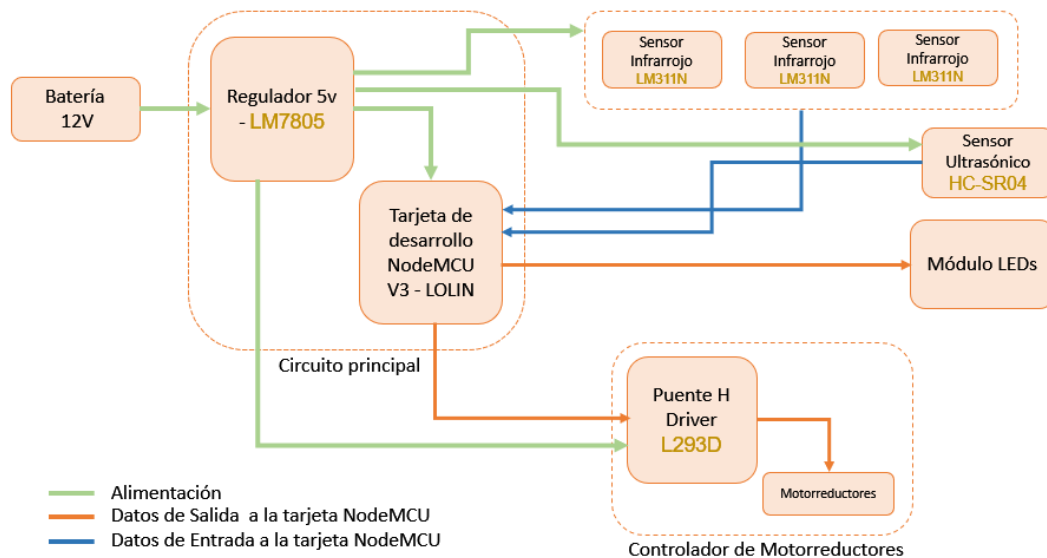


Figura 4. Diagrama de Bloques del sistema electrónico.

Fuente: Autoras.

8.1.1.1 Circuito principal

El circuito principal está diseñado para contener un regulador de voltaje de 5V DC y el soporte para la placa NodeMCU. Su función es contener las regletas que alimentan los módulos externos que contienen el kit modular en su estructura, tales como el módulo infrarrojo, ultrasónico y leds, facilitando de forma visual los pines a conectar para los estudiantes que manipulen el kit.

8.1.1.2 Diseño circuito principal

Los parámetros para tener en cuenta en el diseño del circuito principal son:

Alimentación: A la placa debe ingresar 12V DC de la batería portátil, y debe tener un circuito regulador de voltaje que convierta ese voltaje de alimentación en 5V DC, los cuales son compatibles con los voltajes de alimentación establecidos para los módulos externos.

Regleta GND: Esta tendrá como función ser el medio para realizar las conexiones comunes de tierra entre la placa principal y los módulos externos del kit. Visualmente, cada pin tendrá etiquetado el nombre, el que también aparece en la placa a la que deberá conectarse.

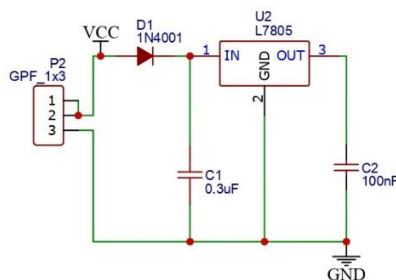
Regleta VCC: Esta tendrá como función ser el medio para realizar las conexiones comunes de 5V entre la placa principal y los módulos externos del kit. Visualmente, cada pin tendrá etiquetado el nombre, el que también aparece en la placa a la que deberá conectarse.

Adaptador placa NodeMCU: Este adaptador permitirá al estudiante realizar conexiones de los pines digitales de entrada y salida con los módulos externos, y así controlarlos con las diferentes funcionalidades planteadas en las practicas del kit modular.

Diodo de protección polaridad inversa: En razón a que el circuito será manipulado por estudiantes principiantes en la conexión de circuitos, se quiere evitar una alimentación inadecuada al invertir la polaridad y, teniendo en cuenta que el circuito es de baja potencia, se opta por usar un diodo de protección, el cual protegerá a los componentes del circuito. Este diodo se conecta en polarización directa, lo que hará que solo conduzca la corriente cuando este polarizado correctamente y proporcionara una caída de voltaje de 0.7V [32].

El único diseño de circuito electrónico que se planteó fue el de un regulador de voltaje de 5V DC. Para obtener el voltaje de 5V DC requeridos para el funcionamiento del módulo infrarrojo, los leds, el sensor ultrasónico y el driver puente h, se usa el circuito de la hoja técnica del LM7805 de 5V, en la configuración típica para un regulador de 5V DC [33].

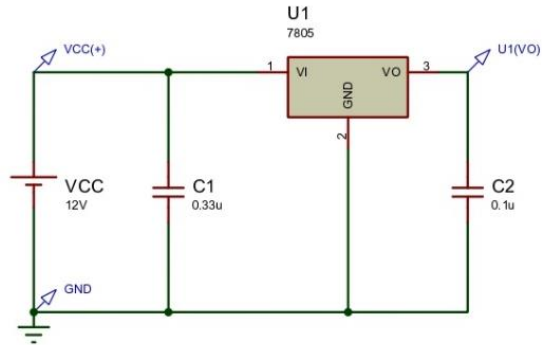
Este circuito utiliza un condensador de entrada y uno de salida, con el propósito de reducir el ruido y los picos generados en la salida del circuito integrado. Se alimenta con los 12V de la batería que entran, y entrega los 5V DC. El diseño final se visualiza en la Figura 5.



*Figura 5. Regulador de 5V DC del módulo principal.
Fuente: Autoras.*

8.1.1.3 Simulación circuito principal

La simulación para el circuito principal se hace para el regulador de voltaje de 5V DC. Primero se ubican los elementos sobre la zona de simulación, estableciendo los valores de alimentación de 12V y, de los condensadores de 0.33uF y 0.1uF, como se muestra en la Figura 6.



*Figura 6. Circuito regulador de tensión 5V.
Fuente: Autoras.*

En esta simulación se busca verificar el funcionamiento del integrado LM7805, es decir, que al ingresar un voltaje de 12V por su pin de entrada, entregue los 5V DC en su salida. La Figura 81 del Anexo 1 muestra la simulación de la sonda de salida con los 5V DC.

8.1.1.4 Diseño PCB

Para el diseño de la PCB correspondiente al circuito del Módulo Principal, se utilizó la herramienta web *EasyEDA*, porque cuenta con diversidad de herramientas para diseño de esquemáticos y PCBs, al igual que la facilidad que ofrece para exportar un esquemático de un circuito a una PCB con las huellas o “footprints”, fieles al elemento electrónico seleccionado.

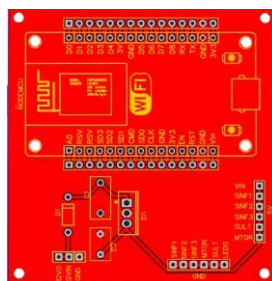
Inicialmente para el diseño se establecen parámetros básicos y criterios basados en recomendaciones para que se tenga una PCB funcional y confiable, los cuales son:

1. Ubicar los elementos electrónicos que componen el circuito (diodos, condensadores, IC L7805, placa NodeMCU, regletas y conector GP), con una orientación similar entre ellos en la placa, para optimizar el proceso de soldadura simultanea y evitar olvidar la soldadura de algún componente [33].
2. Se recomiendan vías con una anchura de mínimo 15 milésimas de pulgada para conexiones con señales de corriente digitales bajas. Teniendo en cuenta esto, se establecieron vías con anchura de 30 milésimas de pulgada para las señales, tierras y alimentación [33].
3. Debido a la poca cantidad de componentes y conexiones del circuito se determina el uso de una sola capa llamada “Capa superior” para enrutar todas las conexiones y la cual se visualiza con el color rojo en la Figura 7.

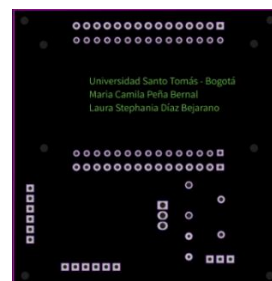
4. Para tener una placa estable, sin ruido y evitar descargas electroestáticas sobre la placa, se agrega una malla de cobre a tierra sobre la Capa Superior a modo de prevención [33].
5. Se determina configurar los pads de los pines de entrada y salida con forma rectangular, de 0.9mm de ancho y, 1.78mm y alto, con el propósito de proporcionar una base sólida para conexiones externas.
6. En el circuito del regulador del voltaje, se define tener ubicadas las conexiones del condensador de salida lo más cercano posible a los pines de salida y GND, esto con el propósito de evitar el ruido producido en la salida del IC. Además, se establece tener alrededor del IC un espacio amplio y alejado de las regletas, con el fin de colocar un disipador de calor sobre el mismo y evitar que se sobrecaliente el circuito o que los estudiantes al manipular el módulo puedan quemarse.

Para hacer el circuito más intuitivo y fácil de interpretar por el estudiante, al hacer uso del kit modular, se complementa con criterios de diseño visual:

1. Se hace una capa inferior llamada “Capa Serigráfica Inferior”, identificada con color verde, marcada con los nombres de los autores del proyecto y el nombre de la universidad, como se visualiza en la Figura 8.
2. Por cada esquina (4) de la placa, se ubican perforaciones de 2mm de diámetro para tener un ensamble estable con la estructura del robot móvil.
3. Se hace una capa superior llamada “Capa Serigráfica Superior” identificada con color amarillo donde se etiquetan los nombres de cada elemento electrónico, los pines de entrada, salida y alimentación, y así, facilitar las conexiones entre los módulos, como se visualiza en la Figura 7.
4. Se decide ubicar los tres pines de alimentación con conectores GP, para evitar polarización inversa y corto circuito al manipular las conexiones con otros circuitos.
5. Se decide separar en secciones, la regleta GND, la regleta 5V y el conector GP de alimentación, facilitando así, la conexión entre módulos y evitar confusiones.



*Figura 7. Diseño capa superior PCB módulo principal.
Fuente: Autoras.*



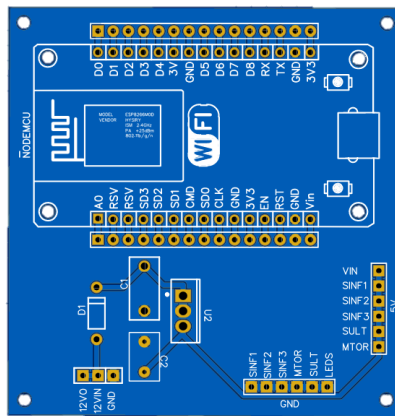
*Figura 8. Diseño capa inferior PCB módulo principal.
Fuente: Autoras.*

Con estos parámetros y criterios de diseño se procede al desarrollo de la PCB con la herramienta EasyEDA. Primero se debe usar la herramienta “Convert Schematic to PCB”

ubicada en la parte superior derecha de la zona de trabajo donde se ubica el circuito. Al entrar en la herramienta, se abre una zona de trabajo para el diseño de las PCBs con los footprints correspondientes a los elementos electrónicos del esquemático y sus conexiones entre pads [34].

A continuación, se debe realizar el enrutamiento manual sobre la Capa Superior entre las conexiones de los pads, utilizando las herramientas de la caja “Herramientas PCB”, priorizando que no queden estrechamente separadas o cercanas las conexiones. Otra forma de realizar el enrutamiento es mediante la herramienta “AutoRouter” la cual automáticamente busca la mejor opción para realizar el enrutamiento, le permite configurar las preferencias de parámetros base, como ancho de las rutas, vías, pads y cantidad de capas. Por último, realizado el correcto enrutamiento, se debe aplicar la malla de cobre a tierra con la herramienta “Copper Area” de la caja Herramientas PCB [34].

Finalmente, al completar el diseño se debe realizar la Verificación de Reglas de Diseño (DRC) ubicada en la pestaña “Design” opción “Check DRC” para el proceso de control de calidad de la placa y verificar que se cumplen las condiciones establecidas en la regla, para anchos de pistas, anchos de espaciado entre pistas y cortocircuitos [33]. Si se verifica que la prueba no arroja errores, el diseño está listo y se puede realizar una visualización 2D como se muestra en las figuras de la placa final: Figura 9, y en vista 3D Figura 10 y Figura 11.



*Figura 9. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo principal.
Fuente: Autoras.*

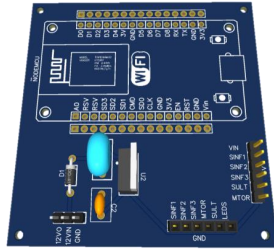


Figura 10. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo principal.
Fuente: Autoras.

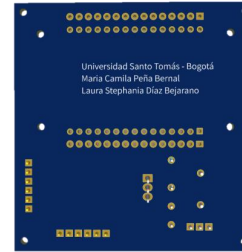


Figura 11. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo principal.
Fuente: Autoras.

8.1.2. MÓDULO SENSOR INFRARROJO

El robot móvil del kit modular cuenta con dos modos de operación, donde una de ellas es modo robot seguidor de objetos, para hacerlo operar en este modo. Para detectar objetos, se eligió diseñar tres módulos de sensores infrarrojos para el kit, con los mismos parámetros de diseño.

El circuito este compuesto por un LED infrarrojo (emisor) y un fotodiodo (receptor), un comparador, resistencias y un LED de señalización. Su funcionamiento secuencial consiste en que: Primero, el emisor genera constantemente rayos de luz infrarroja, y solo al momento que un objeto se posiciona dentro del rango de detección, los rayos de luz se reflejan y son recibidos por el receptor; segundo, el receptor, una vez recibe la señal del emisor genera una señal de entrada hacia el comparador; tercero, por su parte y en simultaneo, el potenciómetro entrega al comparador una segunda señal de entrada; por último, el comparador compara las señales recibidas y genera una señal de salida, cuyo valor estará determinado por la mayor de las señales recibidas, la cual encenderá un LED que está ubicado en la salida del comparador solamente si la señal de entrada del infrarrojo, es la mayor, lo que significa, que los rayos de luz del emisor se reflejaron en un objeto.

8.1.2.1 Diseño módulo sensor infrarrojo

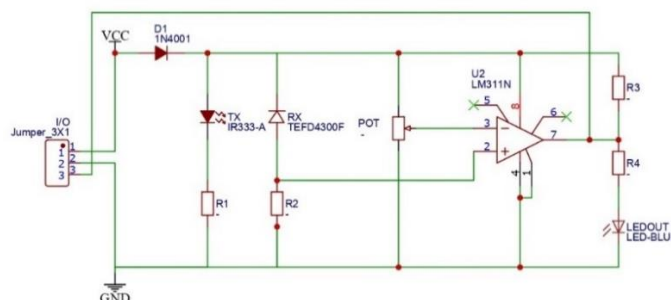


Figura 12. Circuito base para diseño del módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

Los parámetros para tener en cuenta en el diseño del circuito infrarrojo son:

Sensores: Conjunto de transmisor y emisor compuesto por:

- Un LED infrarrojo (TX) con corriente de operación nominal de 20mA.
- Fotodiodo (RX) conectado en polarización con una conexión pull-down para entregar la señal de detección del objeto.

Actuadores: Un LED de color azul con corriente de operación de 20mA de 10 mm, para que el estudiante tenga mayor visualización del cambio de estado del detector de objetos.

Alimentación: El voltaje entregado por el regulador de la placa principal de 5V DC es la fuente de alimentación de este circuito. Se debe tener en cuenta que, si la batería de 12V no está conectada, los 5v no se proporcionaran.

Comparador: Se requiere de un comparador de voltaje sencillo, respuesta rápida, con un rango de alimentación adecuado a las características del circuito y con entradas y salidas compatibles con los niveles lógicos del circuito.

Potenciómetro: Encargado de la señal de voltaje de referencia, que indica la distancia mínima de detección entre el objeto y el sensor. El potenciómetro debe tener un rango de resistencia amplio para que tenga una mayor resolución y sensibilidad ante la detección de los objetos.

Diodo de protección polaridad inversa: En razón a que el circuito será manipulado por estudiantes principiantes en la conexión de circuitos, se quiere evitar una alimentación inadecuada al invertir la polaridad y, teniendo en cuenta que el circuito es de baja potencia, se opta por usar un diodo de protección, el cual protegerá a los componentes del circuito. Este diodo se conecta en polarización directa, lo que hará que solo conduzca la corriente cuando este polarizado correctamente y proporcionara una caída de voltaje de 0.7V [32].

A partir de los parámetros anteriores, se procede al diseño del circuito. Es importante aclarar que los LEDs tienen un voltaje y corriente de operación dependiendo de su color o luz que irradia [35, p. 1] [36]. Para poder controlar la corriente que pasa por el LED, se debe calcular una resistencia que limite el paso de corriente, como se muestra en la Ecuación 2.

$$\text{Resistencia} = \frac{(\text{Voltaje de alimentación} - \text{Caída de voltaje del diodo}) - \text{voltaje de operación del LED}}{\text{corriente de operación del LED}}$$

Ecuación 2. Cálculo de resistencia para circuito de Infrarrojo.

El LED infrarrojo tiene como parámetro un voltaje directo de operación entre 1.2V y 1.9V, con una corriente directa de 20 mA para una intensidad de luz ideal. En el diseño se tomó un valor nominal de 1.2V. Para el diodo se seleccionó el diodo 1N4001 multipropósito, con una caída de voltaje de 0.7V a baja potencia [37]. Estas condiciones nos permiten determinar la resistencia para el LED a partir de la Ecuación 3.

$$R1 = \frac{(5V - 0.7V) - 1.2V}{20mA} = 155 \cong 150 \Omega$$

Ecuación 3. Valor de resistencia para el LED infrarrojo.

La R2 más conocida como resistencia pull-down, complementa el funcionamiento del fotodiodo, al establecer un valor lógico bajo en estado de reposo. Para determinar su valor es recomendable un valor mayor o igual a 10kΩ para evitar cortos circuitos en los cambios de estado.

El potenciómetro se implementó con un rango entre 0Ω y 10kΩ para tener una mayor sensibilidad al determinar la distancia de detección con el objeto. Con este potenciómetro se pretende barrer entre los 0-15 cm de distancia.

Para el comparador lógico se determina un amplificador operacional LM311N, que cumple con las características mencionadas con anterioridad. Funciona como comparador de voltaje sencillo, respuesta rápida, con un rango de alimentación entre ± 15V, con entradas y salidas compatibles con los niveles lógicos del circuito que son 5V y 3.3V [38]. Este comparador tiene como particularidades que su salida es a colector abierto, tiene unos pines de estrobe y estabilización para controlar su funcionamiento, que son opcionales y no se usaran en la funcionalidad del sensor infrarrojo.

Al otro LED, el azul de 10mm, que funciona como actuador, ubicado en la salida del comparador, se le limita la corriente porque tiene como parámetro un voltaje directo de operación de 2.5V a 3.7V con una corriente directa de 20 mA, y para el diseño se determinó un valor de 3.1V. Así mismo, se debe tener en cuenta la caída de voltaje del diodo que es de 0.7V. Con estas condiciones se determina el valor de la resistencia con la Ecuación 4.

$$R_{LedAzul} = \frac{(5V - 0.7V) - 3.1V}{20mA} = 60 \text{ ohms}$$

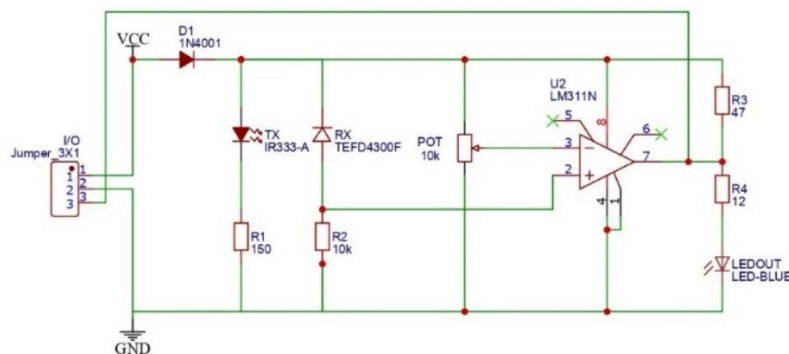
Ecuación 4. Valor de resistencia para el LED azul.

Teniendo en cuenta que el comparador tiene salida colector abierto, se realiza una configuración pull-up para que se vean reflejados los voltajes lógicos esperados en el pin salida del comparador. Para esto se posiciona una resistencia entre el pin de salida y el voltaje de alimentación. Ya que la salida de un comparador tiene una corriente que tiende a 0A, la nueva resistencia pull-up que denominamos R3 se encontrara en serie con la resistencia que limita la corriente del LED azul $R_{LedAzul}$. Con esto planteado, el valor de la $R_{LedAzul}$ se distribuirá en esta nueva resistencia pull-up R3 y la resistencia limitadora que denominaremos R4. Se asignan un valor comercial de 47Ω a la R3 y uno de 12 Ω a la R4 para dar una suma total aproximada a los 60 Ω ideales, como se muestra en la Ecuación 5.

$$R_{LedAzul} = R3 + R4 = 47 + 12 = 59 \Omega \cong 60 \Omega$$

Ecuación 5. Distribución resistencia limitadora de corriente LED azul.

Con los parámetros del diseño del circuito, se obtiene el diseño final presentado en la Figura 13.



*Figura 13. Diseño final circuito módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.*

8.1.2.2 Simulación módulo sensor infrarrojo

El circuito integrado que se usa para este sensor infrarrojo es el LM311N, en consecuencia, para la simulación se hace uso del software Proteus, el cual facilita la simulación de circuitos integrados. Para la simulación de la transmisión y recepción generadas por el LED infrarrojo y el fotodiodo, se implementa un optoacoplador 4N15, el cual integra un LED infrarrojo con características similares al LED infrarrojo planteado en el diseño, y una salida compuesta por un fototransistor que tiene un funcionamiento similar al fotodiodo receptor original.

Teniendo en cuenta el esquemático del circuito, se ubican los elementos en la zona de simulación y se realizan las conexiones correspondientes entre ellos. Antes de iniciar la simulación, se configuran los valores de las resistencias, potenciómetro y voltaje directo del LED azul de salida con los valores obtenidos en el diseño, al igual que se ubican amperímetros y sondas de voltaje para medir los datos en tiempo real del circuito en simulación. (ver Figura 82 del Anexo 1).

Para la simulación tendremos en cuenta que al reemplazar el conjunto de LEDs infrarrojo y fotodiodo por el optoacoplador 4N25, el circuito estará detectando un objeto constantemente durante toda la simulación, solo si la corriente que fluye por el infrarrojo de entrada es suficiente. Como se puede observar en la simulación (ver Figura 83 del Anexo 1), el amperímetro seguido a la R1 está pasando 20.3mA, que aproximan a los 20mA ideales para el LED infrarrojo, y en la sonda U3(E), está saliendo el voltaje de 4.02V que indica la detección de objeto.

En la Figura 83 del Anexo 1 se tiene configurado el potenciómetro para entregar un voltaje de referencia de 3.8V a la entrada inversora, y a la entrada no inversora, entran los 4.02 V del fotodiodo. Se hace uso de la Ecuación 6, que representa el funcionamiento de un comparador de voltaje, siendo así, se toman el voltaje de la entrada inversora y el de la no inversora para calcular el voltaje de salida, el cual debe ser de 3.33V, que corresponde al

voltaje de saturación positivo del comparador y el LED azul de salida se ilumina con la corriente de 19.2mA aproximados a los 20mA ideales.

$$V_+ > V_- \quad V_{out} = +V_{cc}$$

Ecuación 6. Condición para obtener voltaje de salida positivo [39].

El circuito diseñado tiene la flexibilidad de variar el voltaje del potenciómetro, lo cual permite modificar el rango de detección del objeto de acuerdo con las necesidades. Para la simulación de esta funcionalidad, se incrementa el voltaje entregado por el potenciómetro a 4.19 V como se muestra en la Figura 84 del Anexo 1 y teniendo en cuenta la Ecuación 7, al ser el voltaje de entrada menor al de referencia, en la salida no se reflejará un voltaje lógico positivo, por lo cual el objeto no entra dentro del rango de detección establecido por el comparador.

$$V_+ < V_- \quad V_{out} = -V_{cc}$$

Ecuación 7. Condición para obtener voltaje de salida negativo. [39]

8.1.2.3 Diseño PCB

Para el diseño de la PCB correspondiente al circuito del Módulo Principal, se utilizó la herramienta web *EasyEDA*, porque cuenta con diversidad de herramientas para diseño de esquemáticos y PCBs, al igual que la facilidad que ofrece para exportar un esquemático de un circuito a una PCB con las huellas o “footprints”, fieles al elemento electrónico seleccionado.

Inicialmente para el diseño se establecen parámetros básicos y criterios basados en recomendaciones para que se tenga una PCB funcional y confiable, los cuales son:

1. Ubicar los elementos electrónicos que componen el circuito (LED 10mm, LED infrarrojo, fotodiodo, comparador LM311P, diodo, resistencias, potenciómetro y conector GP), con una orientación similar entre ellos en la placa, para optimizar el proceso de soldadura simultanea y evitar olvidar la soldadura de algún componente [33].
2. Se recomiendan vías con una anchura de mínimo 15 milésimas de pulgada para conexiones con señales de corriente digitales bajas. Teniendo en cuenta esto, se establecieron vías con anchura de 30 milésimas de pulgada para las señales, tierras y alimentación [33].
3. Debido a la cantidad de componentes del circuito, las conexiones entre estos y el espacio reducido para ubicar los módulos en la estructura del robot, se determina el uso de dos capas: la “Capa superior” visualizada en color rojo en la Figura 14 y la “Capa Inferior” visualizada en color azul en la Figura 15, esto con el fin de enrutar todas las conexiones sin generar errores en el DRC.

4. Para tener una placa estable, sin ruido y evitar descargas electroestáticas sobre la placa, se agrega una malla de cobre a tierra sobre la Capa Superior a modo de prevención [33].
5. Se determina configurar los pads de los pines de entrada y salida con forma rectangular, de 0.9mm de ancho y, 1.78mm y alto, con el propósito de proporcionar una base sólida para conexiones externas.

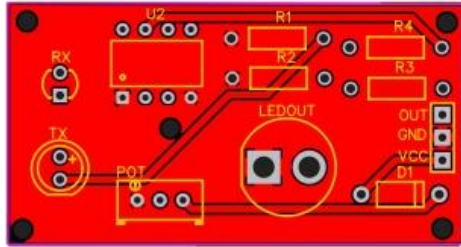


Figura 14. Diseño capa superior PCB módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

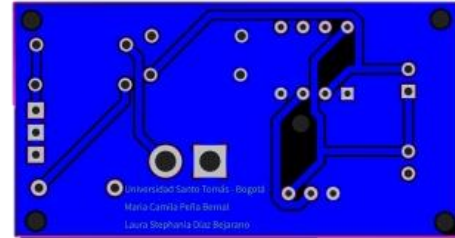


Figura 15. Diseño capa inferior PCB módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

Para hacer el circuito más intuitivo y fácil de interpretar por el estudiante, al hacer uso del kit modular, se complementa con criterios de diseño visual:

1. Se hace una capa inferior llamada “Capa Serigráfica Inferior”, identificada con color verde, marcada con los nombres de los autores del proyecto y el nombre de la universidad, como se visualiza en la Figura 15.
2. Por cada esquina (4) de la placa y en el centro, se ubican perforaciones de 2mm de diámetro para tener un ensamble estable con la estructura del robot móvil.
3. Se hace una capa superior llamada “Capa Serigráfica Superior” identificada con color amarillo donde se etiquetan los nombres de cada elemento electrónico, los pines de entrada, salida y alimentación, y así, facilitar las conexiones entre los módulos, como se visualiza en la Figura 14 y en color blanco en la vista 2D como lo muestra la Figura 16.
4. Se decide ubicar las resistencias de forma horizontal (acostadas) para una mejor presentación y visibilizar las bandas que las componen para determinar su impedancia.
5. Se decide ubicar los tres pines de alimentación con conectores GP, para evitar polarización inversa y corto circuito al manipular las conexiones con otros circuitos.

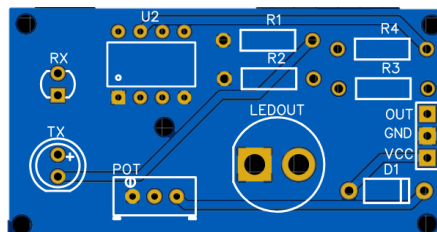
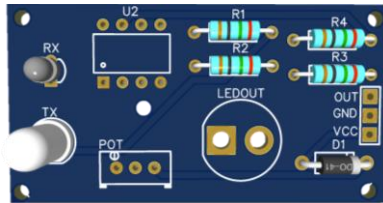


Figura 16. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo LEDs.
Fuente: Autoras.

Con estos parámetros y criterios de diseño se procede al desarrollo de la PCB con la herramienta EasyEDA. Primero se debe usar la herramienta “Convert Schematic to PCB” ubicada en la parte superior derecha de la zona de trabajo donde se ubica el circuito. Al entrar en la herramienta, se abre una zona de trabajo para el diseño de las PCBs con los footprints correspondientes a los elementos electrónicos del esquemático y sus conexiones entre pads [34].

A continuación, se debe realizar el enrutamiento manual sobre la Capa Superior entre las conexiones de los pads, utilizando las herramientas de la caja “Herramientas PCB”, priorizando que no queden estrechamente separadas o cercanas las conexiones. Otra forma de realizar el enrutamiento es mediante la herramienta “AutoRouter” la cual automáticamente busca la mejor opción para realizar el enrutamiento, le permite configurar las preferencias de parámetros base, como ancho de las rutas, vías, pads y cantidad de capas. Por último, realizado el correcto enrutamiento, se debe aplicar la malla de cobre a tierra con la herramienta “Copper Area” de la caja Herramientas PCB [34].

Finalmente, al completar el diseño se debe realizar la Verificación de Reglas de Diseño (DRC) ubicada en la pestaña “Design” opción “Check DRC” para el proceso de control de calidad de la placa y verificar que se cumplen las condiciones establecidas en la regla, para anchos de pistas, anchos de espaciado entre pistas y cortocircuitos [33]. Si se verifica que la prueba no arroja errores, el diseño está listo y se puede realizar una visualización 2D como se muestra en las figuras de la placa final: Figura 16, y en vista 3D Figura 17 y Figura 18.



*Figura 17. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.*



*Figura 18. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras*

8.1.3. MÓDULO DE LEDS

El Módulo de LEDs se diseñó para soportar tres LEDs de color: amarillo, rojo y azul, el cual, está ubicado en la base superior del robot móvil, donde se usa como señalización de los movimientos del robot. Su funcionamiento está establecido por las guías prácticas.

8.1.3.1 Diseño módulo LEDS

El circuito se compone por tres LEDs de color: amarillo, azul y rojo, los cuales son actuadores del robot móvil. Estos serán alimentados y controlados mediante tres pines digitales de la tarjeta de desarrollo *NodeMCU V3 Lolin* y una tierra común.

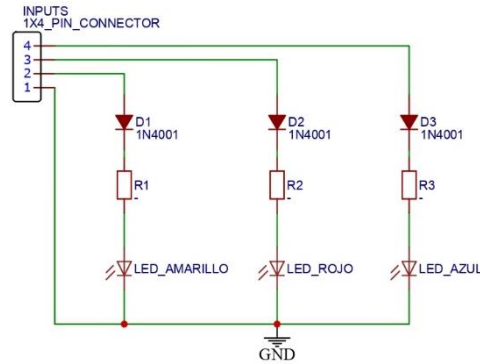


Figura 19. Circuito base para diseño del módulo LEDs.
Fuente: Autoras.

Los parámetros para tener en cuenta en el diseño del circuito de LEDs son:

Actuadores: Tres LEDs color amarillo, rojo y azul con corriente de operación de 20mA de 10 mm, para que el estudiante tenga mayor visualización de los componentes.

Alimentación: Los pines digitales de la tarjeta de desarrollo *NodeMCU V3 Lolin*, son la fuente de alimentación de los LEDs, los cuales entregan un voltaje de 3.3V DC de salida.

Diodo de protección polaridad inversa: En razón a que el circuito será manipulado por estudiantes principiantes en la conexión de circuitos, se quiere evitar una alimentación inadecuada al invertir la polaridad y, teniendo en cuenta que el circuito es de baja potencia, se opta por usar un diodo de protección, el cual protegerá a los componentes del circuito. Este diodo se conecta en polarización directa, lo que hará que solo conduzca la corriente cuando este polarizado correctamente y proporcionara una caída de voltaje de 0.7V [32].

A partir de los parámetros anteriores, se procede al diseño del circuito. Es importante aclarar que los LEDs tienen un voltaje y corriente de operación dependiendo de su color o luz que irradia [35, p. 1] [36]. Para poder controlar la corriente que pasa por el LED, se debe calcular una resistencia que limite el paso de corriente, como se muestra en la Ecuación 8.

$$Resistencia = \frac{(Voltaje\ de\ alimentación - Caída\ de\ voltaje\ del\ diodo) - voltaje\ de\ operación\ del\ LED}{corriente\ de\ operación\ del\ LED}$$

Ecuación 8. Cálculo de resistencia para circuito de LEDs.

El LED amarillo de 10mm, el cual tiene como parámetro un voltaje directo de operación de 2.1V a 2.2V con una corriente directa de 20mA, para el diseño se determinó un valor de 2.1V. Así mismo, se debe tener en cuenta la caída de voltaje del diodo que es de 0.7V. Con estas condiciones se determina el valor de la resistencia con la Ecuación 9.

$$R = \frac{(3.3V - 0.7V) - 2.1V}{20mA} = 25 \cong 22\ ohms$$

Ecuación 9. Valor de resistencia para el LED amarillo.

El LED rojo de 10mm, el cual tiene como parámetro un voltaje directo de operación de 1.6 V a 2.0 V con una corriente directa de 20 mA, para el diseño se determinó un valor de 1.8V. Así mismo, se debe tener en cuenta la caída de voltaje del diodo que es de 0.7V. Con estas condiciones se determina el valor de la resistencia con la Ecuación 10.

$$R = \frac{(3.3V - 0.7V) - 1.8V}{20mA} = 40 \cong 39 \text{ ohms}$$

Ecuación 10. Valor de resistencia para el LED rojo.

El LED azul de 10mm, el cual tiene como parámetro un voltaje directo de operación de 2.5 V a 3.7 V con una corriente directa de 20 mA, para el diseño se determinó un valor de 2.5V. Así mismo, se debe tener en cuenta la caída de voltaje del diodo que es de 0.7V. Con estas condiciones se determina el valor de la resistencia con la Ecuación 11.

$$R = \frac{(3.3V - 0.7V) - 2.5V}{20mA} = 5 \cong 4.7 \text{ ohms}$$

Ecuación 11. Valor de resistencia para el LED azul.

Con los parámetros del diseño del circuito, se obtiene el diseño final presentado en la Figura 20.

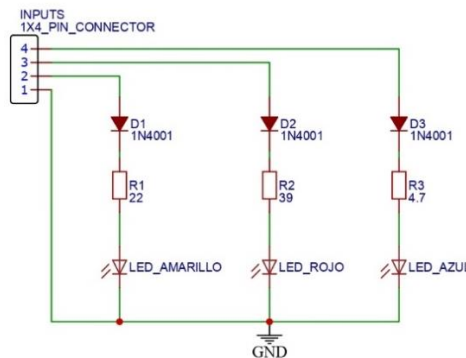


Figura 20. Diseño final circuito módulo LEDs.

Fuente: Autoras.

8.1.3.2 Simulación módulo LEDs

Con el diseño obtenido para el circuito de LEDs, se realiza la simulación correspondiente al circuito como se muestra en la Figura 21. Para la simulación se utilizaron interruptores por cada uno de los LEDs, con el fin de simular de forma independiente el voltaje de alimentación de 3.3V entregado por los pines digitales de la tarjeta.

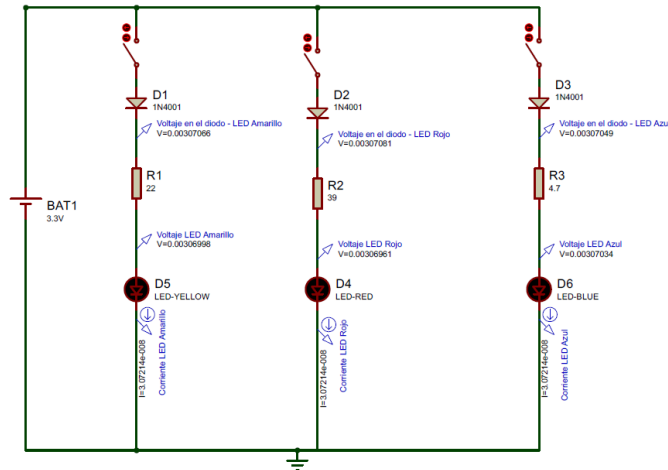


Figura 21. Esquemático del circuito de LEDs.
Fuente: Autoras.

En la Figura 85 del Anexo 1 se puede observar la simulación de los diseños realizados para los LEDs, dentro de esta simulación se puede observar tres medidas:

1. La caída de voltaje del diodo 1n4001 el cual fue calculada con fundamento en la Ecuación 12, donde se obtiene el valor promedio de caída de voltaje en los LEDs es de 0.72 V.
Caída de voltaje en el diodo = Voltaje de alimentación – Voltaje del diodo
Ecuación 12. Caída de voltaje en el diodo.
2. El voltaje de operación de cada uno de los LEDs.
3. La corriente de operación de cada uno de los LEDs.

8.1.3.3 Diseño PCB

Para el diseño de la PCB correspondiente al circuito del Módulo Principal, se utilizó la herramienta web *EasyEDA*, porque cuenta con diversidad de herramientas para diseño de esquemáticos y PCBs, al igual que la facilidad que ofrece para exportar un esquemático de un circuito a una PCB con las huellas o “footprints”, fieles al elemento electrónico seleccionado.

Inicialmente para el diseño se establecen parámetros básicos y criterios basados en recomendaciones para que se tenga una PCB funcional y confiable, los cuales son:

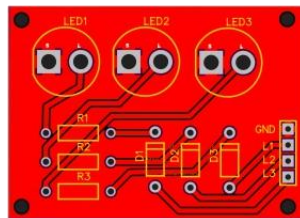
1. Ubicar los elementos electrónicos que componen el circuito (LEDs, diodos, resistencias y conector GP4), con una orientación similar entre ellos en la placa, para optimizar el proceso de soldadura simultanea y evitar olvidar la soldadura de algún componente [33].
2. Se recomiendan vías con una anchura de mínimo 15 milésimas de pulgada para conexiones con señales de corriente digitales bajas. Teniendo en cuenta esto, se

establecieron vías con anchura de 30 milésimas de pulgada para las señales, tierras y alimentación [33].

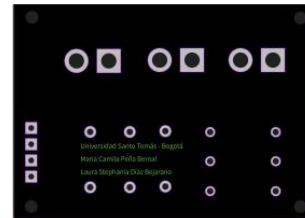
3. Debido a la poca cantidad de componentes y conexiones del circuito se determina el uso de una sola capa llamada “Capa superior” para enrutar todas las conexiones y la cual se visualiza con el color rojo en la Figura 22.
4. Para tener una placa estable, sin ruido y evitar descargas electroestáticas sobre la placa, se agrega una malla de cobre a tierra sobre la Capa Superior a modo de prevención [33].
5. Se determina configurar los pads de los pines de entrada y salida con forma rectangular, de 0.9mm de ancho y, 1.78mm y alto, con el propósito de proporcionar una base sólida para conexiones externas.

Para hacer el circuito más intuitivo y fácil de interpretar por el estudiante, al hacer uso del kit modular, se complementa con criterios de diseño visual:

1. Se hace una capa inferior llamada “Capa Serigráfica Inferior”, identificada con color verde, marcada con los nombres de los autores del proyecto y el nombre de la universidad, como se visualiza en la Figura 23.
2. Por cada esquina (4) de la placa, se ubican perforaciones de 2mm de diámetro para tener un ensamble estable con la estructura del robot móvil.
3. Se hace una capa superior llamada “Capa Serigráfica Superior” identificada con color amarillo donde se etiquetan los nombres de cada elemento electrónico, los pines de entrada, salida y alimentación, y así, facilitar las conexiones entre los módulos, como se visualiza en la Figura 22.
4. Se decide ubicar las resistencias de forma horizontal (acostadas) para una mejor presentación y visibilizar las bandas que las componen para determinar su impedancia.
5. Se decide ubicar los tres pines de alimentación con conectores GP, para evitar polarización inversa y corto circuito al manipular las conexiones con otros circuitos.



*Figura 22. Diseño capa superior PCB
módulo LEDs.
Fuente: Autoras.*



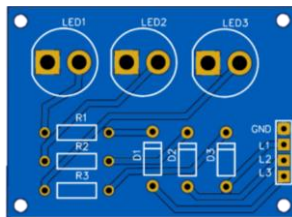
*Figura 23. Diseño capa inferior PCB
módulo LEDs.
Fuente: Autoras.*

Con estos parámetros y criterios de diseño se procede al desarrollo de la PCB con la herramienta EasyEDA. Primero se debe usar la herramienta “Convert Schematic to PCB” ubicada en la parte superior derecha de la zona de trabajo donde se ubica el circuito. Al entrar en la herramienta, se abre una zona de trabajo para el diseño de las PCBs con los

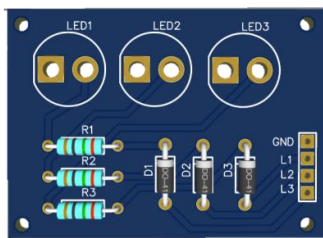
footprints correspondientes a los elementos electrónicos del esquemático y sus conexiones entre pads [34].

A continuación, se debe realizar el enrutamiento manual sobre la Capa Superior entre las conexiones de los pads, utilizando las herramientas de la caja “Herramientas PCB”, priorizando que no queden estrechamente separadas o cercanas las conexiones. Otra forma de realizar el enrutamiento es mediante la herramienta “AutoRouter” la cual automáticamente busca la mejor opción para realizar el enrutamiento, le permite configurar las preferencias de parámetros base, como ancho de las rutas, vías, pads y cantidad de capas. Por último, realizado el correcto enrutamiento, se debe aplicar la malla de cobre a tierra con la herramienta “Copper Area” de la caja Herramientas PCB [34].

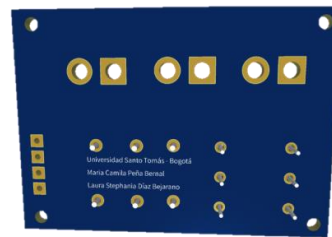
Finalmente, al completar el diseño se debe realizar la Verificación de Reglas de Diseño (DRC) ubicada en la pestaña “Design” opción “Check DRC” para el proceso de control de calidad de la placa y verificar que se cumplen las condiciones establecidas en la regla, para anchos de pistas, anchos de espaciado entre pistas y cortocircuitos [33]. Si se verifica que la prueba no arroja errores, el diseño está listo y se puede realizar una visualización 2D como se muestra en las figuras de la placa final: Figura 24, y en vista 3D Figura 25 y Figura 26



*Figura 24. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo LEDs.
Fuente: Autoras.*



*Figura 25. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo LEDs.
Fuente: Autoras.*



*Figura 26. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo LEDs.
Fuente: Autoras.*

8.1.4. MÓDULO PUENTE H (DRIVER)

Este módulo tiene como funcionalidad controlar motores de corriente continua como motorreductores. Su funcionamiento es fundamental ya que se empleará para las dos practicas experimentales planteadas por el kit modular, las cuales implican directamente

el movimiento del robot móvil mediante sus dos motorreductores. Con este se podrá controlar su dirección y velocidad.

Está compuesto principalmente por un IC L293D, el cual es un controlador de cuatro canales, con 4 pines de entrada, 4 pines de salida, 2 pines habilitadores de los motores, pines de voltaje de alimentación y voltaje lógico. Además, el circuito complementa su funcionamiento con diodos de protección contra la FEM producida por los motores.

8.1.4.1 Diseño módulo Puente H (Driver)

Este diseño de circuito está basado en el actual módulo driver L293D, los parámetros fundamentales que se tienen en cuenta en el diseño son:

Alimentación: El IC que se busca implementar en el circuito debe ser alimentado con dos fuentes de energía diferente, una común conocida como el voltaje de alimentación y otra para establecer el voltaje lógico de control.

Driver controlador 4 canales: Se debe seleccionar un IC que maneje un rango de voltaje de alimentación en el que estén incluidos los 12V entregados por la batería, que tenga protección al exceso de temperatura, con pines habilitadores de los motores para modular la velocidad y con rápida respuesta a los cambios generados en la salida de los motores.

Diodos de protección contra la FEM: Se deben seleccionar y ubicar diodos a la salida del driver para protegerlo contra los picos de arranque y parada de los motores debido a la corriente inversa inducida por los mismos.

Diodo de protección polaridad inversa: En razón a que el circuito será manipulado por estudiantes principiantes en la conexión de circuitos, se quiere evitar una alimentación inadecuada al invertir la polaridad y, teniendo en cuenta que el circuito es de baja potencia, se opta por usar un diodo de protección, el cual protegerá a los componentes del circuito. Este diodo se conecta en polarización directa, lo que hará que solo conduzca la corriente cuando este polarizado correctamente y proporcionara una caída de voltaje de 0.7V [32].

Para el circuito integrado driver puente H se selecciona el IC L293D, que cumple las características de los parámetros, rápida respuesta, dos pines habilitadores, ENA1 para habilitar los dos canales que controlan el motor 1, el ENA2 para habilitar los dos canales que controlan el motor 2, protección al circuito principal ante la potencia inducida por los motores y, permite voltajes de alimentación entre el rango de 0-36V, donde están incluidos los 12V y 5V establecidos.

Para el diodo de protección de polaridad inversa y contra la FEM se selecciona el diodo 1N4001 multipropósito, el cual, para la protección de polaridad inversa, tiene una caída de voltaje de 0.7V a baja potencia, y para la protección contra el FEM soporta las corrientes inducidas por el motor con una corriente máxima de 50uA [37]. En la Figura 27 se representa el circuito final.

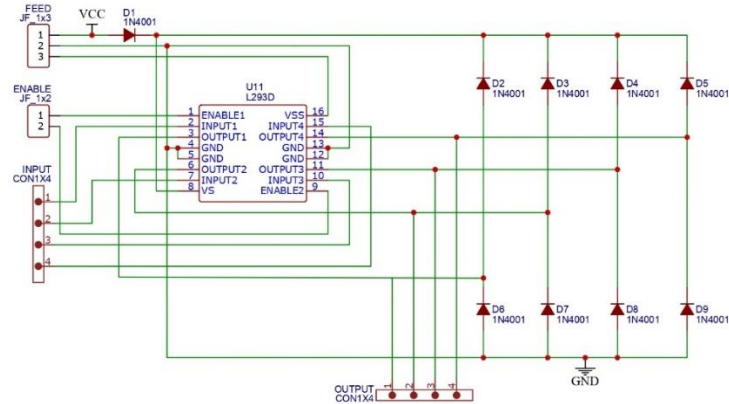


Figura 27. Circuito diseño del módulo Driver Puente H.
Fuente: Autoras.

8.1.4.2 Simulación módulo Puente H (Driver)

Las pruebas que se busca realizar en la simulación del circuito puente H son corroborar el funcionamiento del circuito integrado L293D, al establecer entradas lógicas que determinen en sus salidas las combinaciones de dirección esperadas para los motores según las practicas propuestas del kit modular.

Para comenzar la simulación, se ubican las fuentes de alimentación de 12V, la fuente lógica del IC de 5V, el diodo de protección para la fuente de alimentación y los diodos protectores de picos de voltaje en la salida del IC. Para las entradas se utiliza una etiqueta lógica que simula los valores de 3.3V entregados por los pines digitales del circuito principal (pines controladores de la dirección de los motores) y, para las salidas, se implementa un simulador de motores que permite visualizar en tiempo real el movimiento de estos, como se muestra en la Figura 86 del Anexo 1.

En la Tabla 2 se establecen las combinaciones lógicas de entrada para las posibles salidas del movimiento del robot móvil, que son: movimiento hacia adelante, movimiento hacia atrás, movimiento hacia la derecha y movimiento hacia la izquierda. Las etiquetas M1X corresponden a los dos canales del motor izquierdo y las etiquetas M2X corresponden a los dos canales del motor derecho.

Combinaciones lógicas de entrada para posibles salidas de movimiento del robot móvil				
M1A	M1B	M2A	M2B	MOVIMIENTO
0	1	0	1	ADELANTE
1	0	1	0	IZQUIERDA
1	0	1	0	REVERSA
0	1	1	0	DERECHA

Tabla 2. Combinaciones lógicas de entrada para posibles salidas de movimiento del robot móvil.
Fuente: Autoras.

Planteadas las combinaciones, se realiza la correspondiente simulación para los 4 estados esperados, verificando que el movimiento del motor corresponde al control enviado desde la placa principal.

En el caso del movimiento hacia adelante, presentado en la Figura 87 del Anexo 1, se establecen las entradas IN1/M1A, IN2/M1B, IN3/M2A y IN4/M2B con los valores correspondientes a la salida del movimiento hacia adelante de la Tabla 2 y se verifica que ambos motores se mueven en el sentido esperado del reloj.

En el caso del movimiento en reversa, presentado en la Figura 88 del Anexo 1, se establecen las entradas IN1/M1A, IN2/M1B, IN3/M2A y IN4/M2B con los valores correspondientes a la salida del movimiento en reversa de la Tabla 2 y se verifica que en ambos motores se mueven en el sentido esperado contrario al reloj.

En el caso del movimiento hacia la derecha, presentado en la Figura 89 Anexo 1, se establece las entradas IN1/M1A, IN2/M1B, IN3/M2A y IN4/M2B con los valores correspondientes a la salida del movimiento hacia la derecha de la Tabla 2 y se verifica que en el motor 1 se mueve en sentido del reloj, y en el motor 2 que se mueve en el sentido contrario al reloj, como es esperado.

En el caso del movimiento hacia la izquierda, presentado en la Figura 90 Anexo 1, se establece las entradas IN1/M1A, IN2/M1B, IN3/M2A y IN4/M2B con los valores correspondientes a la salida del movimiento hacia la izquierda de la Tabla 2 y se verifica que en el motor 1 se mueve en sentido del reloj y en el motor 2 se mueve en el sentido contrario al reloj, como es esperado.

8.1.4.3 Diseño PCB

Para el diseño de la PCB correspondiente al circuito del módulo principal, se utilizó la herramienta web *EasyEDA*, porque cuenta con diversidad de herramientas para diseño de esquemáticos y PCBs, al igual que la facilidad que ofrece para exportar un esquemático de un circuito a una PCB con las huellas o “footprints”, fieles al elemento electrónico seleccionado.

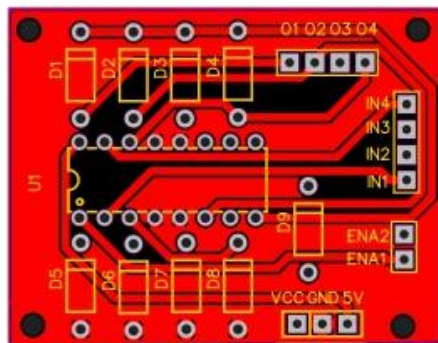
Inicialmente para el diseño se establecen parámetros básicos y criterios basados en recomendaciones para que se tenga una PCB funcional y confiable, los cuales son:

1. Ubicar los elementos electrónicos que componen el circuito (diodos, IC L293D, conectores GP y regletas I/O), con una orientación similar entre ellos en la placa, para optimizar el proceso de soldadura simultanea y evitar olvidar la soldadura de algún componente [33].
2. Se recomiendan vías con una anchura de mínimo 15 milésimas de pulgada para conexiones con señales de corriente digitales bajas. Teniendo en cuenta esto, se establecieron vías con anchura de 30 milésimas de pulgada para las señales, tierras y alimentación [33].

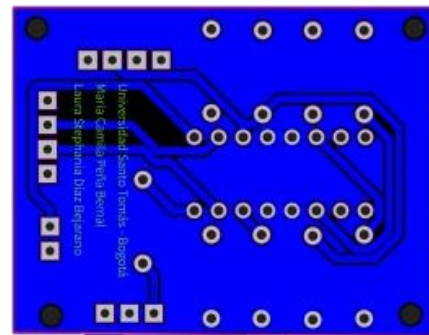
3. Debido a la cantidad de componentes del circuito, las conexiones entre estos y el espacio reducido para ubicar los módulos en la estructura del robot, se determina el uso de dos capas: la “Capa superior” visualizada en color rojo en la Figura 28 y la “Capa Inferior” visualizada en color azul en la Figura 29, esto con el fin de enrutar todas las conexiones sin generar errores en el DRC.
4. Para tener una placa estable, sin ruido y evitar descargas electroestáticas sobre la placa, se agrega una malla de cobre a tierra sobre la Capa Superior a modo de prevención [33].
5. Se determina configurar los pads de los pines de entrada y salida con forma rectangular, de 0.9mm de ancho y, 1.78mm y alto, con el propósito de proporcionar una base sólida para conexiones externas.

Para hacer el circuito más intuitivo y fácil de interpretar por el estudiante, al hacer uso del kit modular, se complementa con criterios de diseño visual:

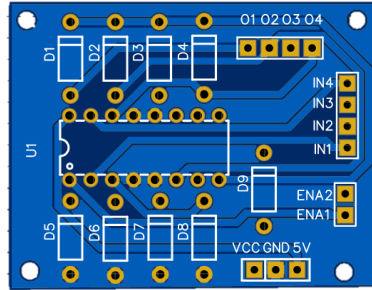
1. Se hace una capa inferior llamada “Capa Serigráfica Inferior”, identificada con color verde, marcada con los nombres de los autores del proyecto y el nombre de la universidad, como se visualiza en la Figura 29.
2. Por cada esquina (4) de la placa, se ubican perforaciones de 2mm de diámetro para tener un ensamble estable con la estructura del robot móvil.
3. Se hace una capa superior llamada “Capa Serigráfica Superior” identificada con color amarillo donde se etiquetan los nombres de cada elemento electrónico, los pines de entrada, salida y alimentación, y así, facilitar las conexiones entre los módulos, como se visualiza en la Figura 28 y en color blanco en la vista 2D como lo muestra la Figura 30.
4. Se decide ubicar los tres pines de alimentación con conectores GP, para evitar polarización inversa y corto circuito al manipular las conexiones con otros circuitos.
5. Se hace una separación por secciones para la regleta de entrada (IN1, IN2, IN3 e IN4), para la regleta de salida (O1, O2, O3 y O4), para la regleta de habilitadores (ENA1 y ENA2) y para los conectores GP de alimentación.



*Figura 28. Diseño capa superior PCB módulo driver puente H.
Fuente: Autoras.*



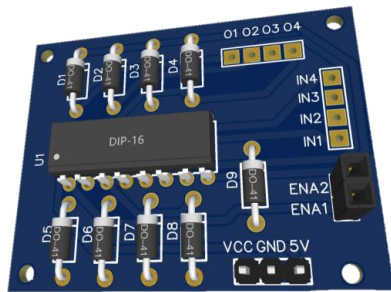
*Figura 29. Diseño capa inferior PCB módulo driver puente H.
Fuente: Autoras.*



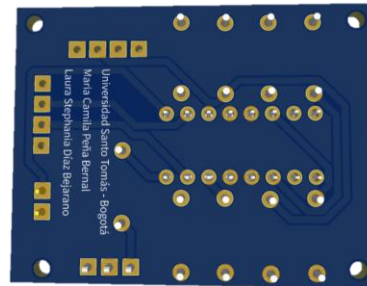
*Figura 30. Vista 2D superior del diseño PCB del módulo driver puente H.
Fuente: Autoras.*

Con estos parámetros y criterios de diseño se procede al desarrollo de la PCB con la herramienta EasyEDA. Primero se debe usar la herramienta “Convert Schematic to PCB” ubicada en la parte superior derecha de la zona de trabajo donde se ubica el circuito. Al entrar en la herramienta, se abre una zona de trabajo para el diseño de las PCBs con los footprints correspondientes a los elementos electrónicos del esquemático y sus conexiones entre pads [34].

A continuación, se debe realizar el enrutamiento manual sobre la Capa Superior entre las conexiones de los pads, utilizando las herramientas de la caja “Herramientas PCB”, priorizando que no queden estrechamente separadas o cercanas las conexiones. Otra forma de realizar el enrutamiento es mediante la herramienta “AutoRouter” la cual automáticamente busca la mejor opción para realizar el enrutamiento, le permite configurar las preferencias de parámetros base, como ancho de las rutas, vías, pads y cantidad de capas. Por último, realizado el correcto enrutamiento, se debe aplicar la malla de cobre a tierra con la herramienta “Copper Area” de la caja Herramientas PCB [34].



*Figura 31. Vista 3D superior del diseño
PCB del módulo driver puente H.
Fuente: Autoras.*



*Figura 32. Vista 3D inferior del diseño
PCB del módulo driver puente H.
Fuente: Autoras.*

Finalmente, al completar el diseño se debe realizar la Verificación de Reglas de Diseño (DRC) ubicada en la pestaña “Design” opción “Check DRC” para el proceso de control de calidad de la placa y verificar que se cumplen las condiciones establecidas en la regla, para anchos de pistas, anchos de espaciado entre pistas y cortocircuitos [33]. Si se verifica que la prueba no arroja errores, el diseño está listo y se puede realizar una visualización

2D como se muestra en las figuras de la placa final: Figura 30, y en vista 3D Figura 31 y Figura 32.

8.1.5. MÓDULO SENSOR ULTRASÓNICO

El robot móvil del kit modular cuenta con dos modos de operación, donde uno de ellos es modo robot evita obstáculos. Para hacer operar el robot en este modo de operación, requiere contar con un módulo sensor ultrasónico.

Un sensor ultrasónico mide la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas, Su funcionamiento consiste en enviar un pulso de arranque y medir el ancho de pulso de retorno, dicho esto, uno de los transductores emite una onda ultrasónica y al reflejar con un objeto el otro trasmisor capta la onda reflejada.

El tiempo que tarda la onda sonora en ir y regresar a un objeto puede utilizarse para conocer la distancia que existe entre el origen del sonido y el objeto [40]. Para este módulo se determinó no realizar un diseño, sino hacer uso del módulo sensor infrarrojo HC-SR04, para el cual solamente se realiza su simulación.

8.1.5.1 Simulación módulo sensor ultrasónico HC-SR04

Para realizar la simulación para el módulo sensor ultrasónico HC-SR04 se hace uso de: un potenciómetro que simula la ubicación de un objeto, una tarjeta Arduino UNO a la cual se le programa un algoritmo que controla los pulsos del *Trigger* y *Echo* y un terminal virtual el cual imprime la distancia calculada en el algoritmo.

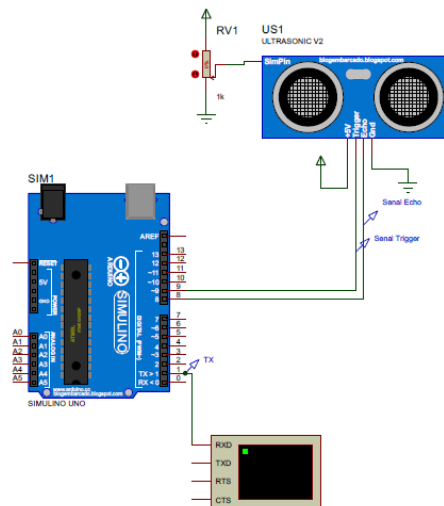


Figura 33. Simulación sensor ultrasónico.

Fuente: Autoras.

Para poder calcular la distancia a la que se encuentra el objeto se debe tener en cuenta la velocidad del sonido (343 m/s) en condiciones normales es decir 20° de temperatura y presión a nivel del mar.

Al transformar las unidades se tiene la siguiente ecuación

$$343 \frac{m}{s} * 100 \frac{cm}{m} * \frac{1}{1000000} \frac{s}{us} = \frac{1}{29.2} cm/us$$

Ecuación 13. Transformación de unidades de la velocidad del sonido.

Es decir, el sonido tarda 29,2 microsegundos en recorrer un centímetro. Por tanto, podemos obtener la distancia a partir del tiempo entre la emisión y la recepción del pulso mediante la siguiente ecuación:

$$distancia = \frac{tiempo}{29.2 * 2} = \frac{tiempo}{58.4}$$

Ecuación 14. Calcula la distancia entre el sensor ultrasónico y el objeto.

Partiendo de la Ecuación 14, se procedió a realizar el algoritmo que define que el pin *Trigger* genere un pulso limpio enviando un cero (*LOW*), después, determina que el mismo pin *Trigger*, genere un pulso de 10 microsegundos en alto, enviando un uno (*HIGH*).

Luego, el algoritmo, mide en microsegundos el tiempo entre los pulsos del sensor, y lo guarda en la variable (*duration*). Posteriormente calcula en cm la variable (*distance*) que corresponde a la distancia que hay entre el sensor y el objeto e imprime el valor calculado en pantalla.

```
Read_Distance_Ultra$
// Asignación de pines y variables
//Entrada
int EchoPin = 8;//D2
//Salida
int TrigPin = 9;//D1

//Variables
int distance = 0;
int duration = 0;

void setup() {
  //Inicialización puerto serial
  Serial.begin(9600);
  //Configuración de pines
  pinMode(TrigPin, OUTPUT);
  pinMode(EchoPin, INPUT);
}

void loop() {

  // Setear el pin del trigger
  digitalWrite(TrigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  // Setear el pin del trigger en alto durante 10us
  digitalWrite(TrigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TrigPin, LOW);

  // Lee el pin Echo y retorna el tiempo de la onda
  duration = pulseIn(EchoPin, HIGH);

  // Calcula la distancia entre el carro y el obstaculo
  distance= duration/54.8;
  Serial.print("Distance: ");
  Serial.println(distance);
  delay(1000);
}
```

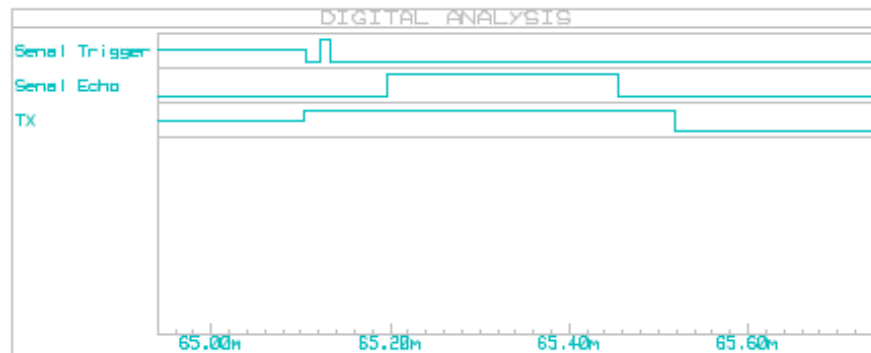
Figura 34. Algoritmo simulación sensor ultrasónico.
Fuente: Autoras.

Para observar el valor en pantalla en la simulación, se hizo uso del terminal virtual, conectándolo al pin del transmisor de la tarjeta Arduino UNO; al potenciómetro, que está ubicado en el pin SimPin del sensor ultrasónico HC-SR04, se le va variando su valor, esto hace que el rango de detección del sensor varíe. En la Figura 35 se muestran las diferentes distancias detectadas por el sensor.



*Figura 35. Lectura del terminal virtual.
Fuente: Autoras.*

En la Figura 36, se muestran en una sola gráfica, la obtenida por cada pin del sensor ultrasónico (*Señal Trigger* y *Señal Echo*) y la tarjeta Arduino UNO (*Tx*), donde se observa que la señal del trigger se mantiene en bajo durante 2 μ s y pasa a estar en alto durante 10 μ s; la señal Echo marcando el tiempo de detección y finalmente, un pulso de la señal de transmisión, de los 8 pulsos de 40KHz cada uno, que lleva la señal de transmisor.



*Figura 36. Gráficas sensor ultrasónico.
Fuente: Autoras.*

8.1.6. PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS.

Una vez terminado el diseño del robot móvil, se realizaron pruebas a los circuitos electrónicos que lo conforman, con el fin de comprobar el funcionamiento correcto de cada uno de ellos en concordancia con los modos de operación del robot móvil, para modo robot seguidor de objetos y modo robot evita obstáculos.

8.1.6.1 Prueba circuito módulo LEDs.

El Módulo LEDs es usado como señalización de los movimientos del robot, para probarlo se realizó un algoritmo en el IDE de Arduino. Esta prueba consiste en encender y apagar cada uno de los LEDs utilizando tres pines de la tarjeta NodeMCU; cada pin se conecta a uno de los LEDs; luego, el algoritmo configura los tres pines y envía una señal en alto para encender y una señal en bajo para apagar. En la Figura 37 se muestra el código realizado para esta prueba.



```
prueba_leds
// Configuración de pines en Tarjeta NodeMCU
const int pind1 = 5;
const int pind0 = 16;
const int pind2 = 4;

void setup() {
  //inicialización del puerto serial
  Serial.begin(9600);

  //definir pin como salida
  pinMode(pind1, OUTPUT);
  pinMode(pind0, OUTPUT);
  pinMode(pind2, OUTPUT);
}

void loop(){
  // Encender LEDs - configuración de Pines en Alto ( enviar un 1 )
  digitalWrite(pind1, HIGH);
  digitalWrite(pind2, HIGH);
  digitalWrite(pind0, HIGH);
  // esperar un segundo
  delay(1000);
  // Apagar LEDs - configuración de Pines en Bajo ( enviar un 0 )
  digitalWrite(pind1, LOW);
  digitalWrite(pind2, LOW);
  digitalWrite(pind0, LOW);
  // esperar un segundo
  delay(1000);
}
```

Figura 37. Prueba módulo LEDs en IDE de Arduino
Fuente: Autoras.

8.1.6.2 Prueba circuito módulo sensor infrarrojo.

El Módulo Sensor Infrarrojo es usado para el modo robot seguidor de objetos, para probarlo se realizó un algoritmo en el IDE de Arduino. Esta prueba consiste en alimentar el sensor a 5V y conectar la salida del sensor a un pin de la tarjeta NodeMCU; luego, el algoritmo configura el pin como entrada, guarda en una variable el dato recibido por el pin, y posteriormente realiza la condición que si el dato recibido es un uno (HIGH), es decir el sensor detecta un objeto, se imprime en pantalla la palabra “ON”, y, si el dato es cero (LOW) se imprime la palabra “OFF”. En la Figura 38 se muestra el código realizado para esta prueba.

```

prueba_infrarojo
// Asignación de pin y declaración de variable
int infrarrojo_in = 5;
int detecto = 0;

void setup() {
  // Inicialización de puerto serial
  Serial.begin(9600);
  // configuración del pin
  pinMode(infrarrojo_in, INPUT);
}

void loop() {
  // Lectura del dato recibida por el pin digital
  detecto = digitalRead(infrarrojo_in);

  if (detecto == HIGH)
  {
    Serial.print("ON ");
  }
  else
  {
    Serial.print("OFF ");
  }
}

```

Figura 38. Prueba módulo infrarrojo en IDE de Arduino
Fuente: Autoras.

8.1.6.3 Prueba circuito módulo puente H (DRIVER).

El Circuito Módulo Puente H (DRIVER) controla el movimiento y velocidad de los motorreductores del robot móvil. Para probarlo se realizó un algoritmo con dos funciones en el IDE de Arduino (El programa principal se muestra en la Figura 39). Esta prueba consiste alimentar con una batería de 12V y los 5V del regulador DC al puente H; conectar los cuatro pines de los motorreductores a las cuatro salidas del puente H; conectar los dos enables y las cuatro entradas del puente H a la tarjeta NodeMCU; luego, el algoritmo configura los pines como salida, y crea dos funciones, una, realiza la prueba de movimientos a una velocidad constante (ver Figura 41) y, la otra función, realiza la prueba de velocidad pasando por el rango de velocidades que tiene el motor, que está definida por las revoluciones y su alimentación(ver Figura 40).

```

prueba_motors
//Asignación de pines
int ENA = 4;
int IN1 = 5;
int IN2 = 2;
int ENB = 14;
int IN3 = 12;
int IN4 = 13;

void setup() {
  //Inicialización de puerto serial
  Serial.begin(9600);
  // Configuración de pines
  pinMode(ENA, OUTPUT);
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(ENB, OUTPUT);
  pinMode(IN3, OUTPUT);
  pinMode(IN4, OUTPUT);
}

void loop() {
  Serial.print("TEST 1");
  motorsBothDir();
  delay(1000);
  Serial.print("TEST 2");
  motorsSpeeds();
  delay(1000);
}

```

Figura 39. Prueba módulo puente H (DRIVER) en IDE de Arduino
Fuente: Autoras.

```

// Función para probar la velocidad de los motores
// La velocidad máxima está definida por el motor y el voltaje de operación 12V, y se realiza al enviar PWM mediante la función analogWrite()
void motorPruebaVel() {
  // Se encienden los motores
  digitalWrite(M1, LOW);
  digitalWrite(M2, HIGH);
  digitalWrite(M3, LOW);
  digitalWrite(M4, HIGH);

  // Se aumenta desde cero hasta la máxima velocidad
  for (int i = 0; i < 1023; i++) {
    analogWrite(M2, i);
    analogWrite(M4, i);
    delay(50);
  }

  // Se desacelera desde la máxima velocidad hasta cero
  for (int i = 1023; i >= 0; i--) {
    analogWrite(M2, i);
    analogWrite(M4, i);
    delay(50);
  }

  // Apagan los motores
  digitalWrite(M1, LOW);
  digitalWrite(M2, LOW);
  digitalWrite(M3, LOW);
  digitalWrite(M4, LOW);
}

```

Figura 40. Función prueba de velocidad de motores.
Fuente: Autoras.

```

// Función para probar el movimiento de los motores en ambas direcciones a una velocidad constante
void motorPruebaDir() {
  // Habilita Motor 1 y Motor 2
  digitalWrite(M1, HIGH);
  digitalWrite(M2, LOW);
  digitalWrite(M3, HIGH);
  digitalWrite(M4, LOW);

  delay(2000);

  // Cambia el sentido de los motores
  digitalWrite(M1, LOW);
  digitalWrite(M2, HIGH);
  digitalWrite(M3, LOW);
  digitalWrite(M4, HIGH);

  delay(2000);

  // Apagan los motores
  digitalWrite(M1, LOW);
  digitalWrite(M2, LOW);
  digitalWrite(M3, LOW);
  digitalWrite(M4, LOW);
}

```

Figura 41. Función prueba de movimientos de motores.
Fuente: Autoras.

8.1.6.4 PRUEBA MÓDULO SENSOR ULTRASÓNICO.

El módulo Sensor Ultrasónico es usado para el modo robot evita obstáculos, para probarlo se realizó un algoritmo en el IDE de Arduino. Esta prueba consiste en alimentar el módulo a 5V, conectar los pines *Trigger* y *Echo* del módulo a dos pines de la tarjeta NodeMCU; luego, el algoritmo configura los dos pines, uno de salida (*Trigger*) y el otro de entrada (*Echo*), declara dos variables que usa en la ecuación que calcula la distancia a la que se encuentra un objeto del sensor.

Una vez esto, el algoritmo, determina que el pin *Trigger* genere un pulso limpio enviando un cero (*LOW*), después, determina que el mismo pin *Trigger*, genere un pulso de 10 microsegundos en alto enviando un uno (*HIGH*).

Luego, el algoritmo, mide en microsegundos el tiempo entre los pulsos del sensor, y lo guarda en la variable (*duration*). Posteriormente calcula en cm la variable (*distance*) que corresponde a la distancia que hay entre el sensor y el objeto e imprime el valor calculado en pantalla. En la Figura 42, se muestra el código realizado para esta prueba.

```

// Prueba módulo sensor ultrasónico
// Descripción de pines y variables
// Botón
const BotonPin = 5; // D5
// Relé
const RelayPin = 3; // D3
// Variables
const duration = 0;
const distance = 0;

void setup() {
  // Inicialización pines serial
  Serial.begin(9600);
  // Configuración de pines
  pinMode(TriggerPin, OUTPUT);
  pinMode(EchoPin, INPUT);
}

void loop() {
  // Enciende el pin del trigger
  digitalWrite(TriggerPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);

  // Enciende el pin del trigger en alto durante 10us
  digitalWrite(TriggerPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TriggerPin, LOW);

  // Lee el pin Echo y devuelve el tiempo de la onda
  duration = pulseIn(EchoPin, HIGH);

  // Calcula la distancia entre el sensor y el obstáculo
  distance = duration * 0.034 / 2;
  Serial.print("Duration: ");
  Serial.println(duration);
  delay(1000);
}

```

Figura 42. Prueba módulo sensor ultrasónico en IDE de Arduino
Fuente: Autoras.

8.1.7. DISEÑO DE PIEZAS DEL PROTOTIPO.

El diseño de la estructura del prototipo de robot móvil está concebido para soportar un sistema de locomoción que se basa en un sistema de dirección Ackerman (Figura 43), al cual se le realiza una variante, en cuanto a que tiene un sistema de tracción y dirección diferencial (Figura 44) de rueda convencional tipo fija (Figura 45); en el cual las ruedas delanteras son fijas y están en un mismo eje libre, mientras que las ruedas traseras son fijas y cuentan con motorreductores independientes.

La estructura, está conformada por cinco (5) piezas CAD, así: Tres (3) piezas principales, que conforman el chasis del robot móvil: 1ª Base Inferior, 2ª Base Intermedia y, 3ª Base Superior.

La 4ª pieza, es el soporte para el sensor ultrasónico, el cual se ajusta al sensor y, la 5ª pieza, es sobre la cual están plasmados los datos que identifican a la Universidad y a las estudiantes autoras del proyecto.

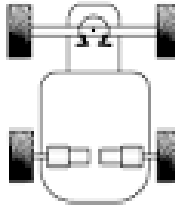


Figura 43. Estructura Ackerman.

Fuente: Robots Móviles Evolución y Estado del Arte [13]

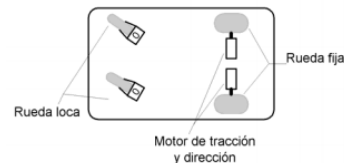


Figura 44. Tracción y dirección diferencial.

Fuente: Morfología Robots Móviles [14]



Figura 45. Rueda fija.

Fuente: Autoras.

8.1.7.1 Diseño de la base inferior (Base 1)

La Base 1 está diseñada para ser el chasis del robot móvil, tiene forma rectangular, de 18 cm de largo y 14 cm de ancho, la cual este impresa en 3D con un filamento PLA (ver Anexo 6).

Esta Base 1 brinda una buena estabilidad al robot y sobre ella se instala el sistema de dirección y tracción. Uno de los lados de 14 cm, es el frente del robot, cuenta con quince perforaciones, en las cuales se ubican tres sensores infrarrojos.

Las cuatro esquinas cuentan con una perforación hexagonal, cada una, donde se instalan los postes de separación que unen el resto del cuerpo del robot móvil al chasis.

En cada uno de los lados de 18 cm tiene dos entradas o muescas rectangulares, de 5cm de largo por 2 cm de ancho, las cuales están destinadas como espacio para ubicar las llantas.

Por el lado del frente del robot, a 4 cm del lado y a 5 cm del espacio para las ruedas delanteras, se levanta un cilindro, el cual tiene una perforación, a una altura de 0,15cm, en la cual se inserta el eje libre de las llantas delanteras.

El espacio interno que hay entre las llantas traseras está destinado para posicionar de manera libre en él, la batería de 12V que alimenta los circuitos que permiten la manipulación electrónica del robot móvil.

El Anexo 6 presenta cuatro vistas diferentes de la base 1: la vista-plano alzado, la vista-plano planta, la vista lateral o de perfil y la vista objeto.

En la vista-plano planta, se pueden ver las medidas de la vista superior de la Base 1: la longitud de los espacios de las ruedas; la distancia entre cada una de las perforaciones para ubicar los sensores infrarrojos, así como el radio de las perforaciones; la ubicación de las perforaciones esquineras y su radio, sobre las cuales se instalan los postes de separación que unirán el cuerpo del robot móvil al chasis.

En la vista-plano alzado se pueden identificar; la medida del grosor de la base, la altura del cilindro para el eje libre, la distancia de la base a la perforación del cilindro, el radio de la perforación del cilindro y la longitud del largo de la base.

En la vista lateral o de perfil, podemos encontrar la distancia sobre la que se levanta el cilindro soporte del eje libre y la longitud de ancho que tiene la Base 1.

Finalmente, en la vista objeto se encuentra el diseño de la pieza final con una visualización sólida.

8.1.7.2 Diseño de la base intermedia (Base 2).

La Base 2 está diseñada para instalar sobre ella el circuito principal, el circuito del driver de los motores, el soporte del sensor ultrasónico con su sensor. Su forma sigue la forma rectangular de la Base 1, con una longitud de 18 cm de largo y 14cm de ancho. Está impresa en 3D con un filamento PLA (ver Anexo 7).

A una distancia de 3,251 cm, en cada uno de los lados de 14 cm, tiene perforados dos rectángulos de 3,059 cm de largo por 0,495 cm de ancho, cada uno, los cuales están destinados para permitir el paso de cableado entre la Base 1 y la Base 2.

Por uno de los lados de 14 cm, que será el frente de la base, presenta dos perforaciones, con una distancia entre ellas de 3,449 cm, para ubicar el soporte del sensor ultrasónico.

Las cuatro esquinas de la base cuentan con una perforación hexagonal, cada una, donde se instalarán los postes metálicos de separación que la unirán al chasis o Base 1 y a la Base 3.

En la superficie presenta ocho perforaciones para la ubicación de las PCBs, cuatro perforaciones para ubicar la placa principal, que a su vez contiene el regulador de voltaje y los conectores para posicionar la tarjeta de desarrollo, y cuatro perforaciones para instalar el driver de los motores.

El Anexo 7 presenta cuatro vistas diferentes de la Base 2: la vista-plano planta, la vista-plano alzado, la vista lateral o de perfil y la vista objeto:

En la vista-plano planta se pueden ver las medidas de la vista superior de la Base 2: la distancia entre cada una de las perforaciones para el soporte del sensor ultrasónico; las distancias de las perforaciones donde se ubicarán las PCB y las medidas de ancho y alto de cada perforación rectangular que permitirán el paso de los cables.

En la vista-plano alzado de planta se pueden identificar la medida del grosor de la base y la longitud del largo de la Base2.

En la vista lateral o perfil, podemos identificar el grosor y la longitud de ancho que tiene la Base2.

Por último, en la vista objeto se puede observar el diseño final de la pieza con una visualización sólida.

8.1.7.3 Diseño de la base superior (Base 3).

La Base 3 está diseñada para instalar en ella la PCB de tres LED's. Sigue la forma rectangular de las bases 1 y 2, con una longitud de 18 cm y 14 cm de ancho, Esta impresa en 3D con un filamento PLA. (Ver Anexo 8)

Hacia uno de los lados de 14 cm, que es la parte trasera de la Base 3, tiene cuatro perforaciones que forman un rectángulo de 4,280 cm de largo por 3,003 de ancho para la ubicación de la PCB de los LED's, perforaciones ubicadas así: dos, a una distancia, cada una, de 5,106 cm del lado de 14 cm, y a 4,437 cm de distancia de los lados de 18 cm; las otras dos, a una distancia, cada una, de 8,109 cm del lado de 14 cm, y a 4,437 cm de los lados de 18 cm.

Tiene una perforación de 1,368 cm de radio para permitir el paso de cableado entre la Base 2 y la Base 3, a una distancia de 6,572 cm del lado de 14 cm, que es la parte trasera de la base, y a 3,2 cm del lado de 18 cm.

Tiene dos perforaciones hacia el otro lado de 14 de cm que es el frente de la Base 3, cada una a una distancia de 4,0 cm del lado de 14 cm y de 2,80 cm y 2,60 cm de los lados de 18 cm respectivamente, que sirven para la ubicación de la placa de autoría.

En las cuatro esquinas, la base cuenta con perforaciones hexagonales, donde se instalan los tornillos a los postes metálicos de separación que la unen con la Base 2.

El Anexo 8 presenta cuatro vistas diferentes de la Base 3: la vista-plano planta, la vista-plano alzado, la vista lateral o de perfil y la vista objeto:

En la vista-plano planta se pueden ver las medidas de la vista superior de la Base 3: la distancia entre cada una de las perforaciones donde se ubicará la PCB, el radio de la perforación donde pasa el cableado, las distancias de las perforaciones para la instalación de la placa de autoría y la distancia y radio de cada una de las perforaciones esquineras de la Base 3.

En la vista-plano alzado de planta se pueden identificar la medida del grosor de la base y el largo del soporte de la Base 3.

En la vista lateral o perfil, podemos identificar el grosor y la altura de altura que tiene la Base3.

Por último, en la vista objeto se puede observar el diseño final de la pieza con una visualización sólida.

8.1.7.4 Diseño soporte del sensor ultrasónico.

El Soporte está diseñado para instalar en él, el sensor ultrasónico. Tiene una estructura que se eleva en forma de ángulo de 90°, con una base conformada por dos rectángulos que sirven para su unión a la Base 2, y, una columna frontal rectangular, donde se instalaran el receptor y el emisor del sensor ultrasónico.

La columna frontal del soporte reproduce la forma física que tiene el sensor ultrasónico. Es rectangular, con una longitud de 6 cm de largo y 2,5 cm de ancho, cuenta dos perforaciones de 1,8 cm de radio, para ubicar en ellas el receptor y el emisor del sensor ultrasónico; tiene una perforación de forma rectangular con una longitud de 1,193 cm de largo por 0.35 cm de ancho, donde se ubica el oscilador del sensor ultrasónico y, cuenta con cuatro perforaciones de 0.2mm para ajustar el sensor ultrasónico.

La base del soporte tiene los dos rectángulos que tienen una longitud de 2,5 cm de largo y 2,2 cm de ancho, cada uno, y deja una entrada rectangular entre ellos de 1,00 cm de ancho por 2,2 cm de largo. Cada uno de los rectángulos de la base del soporte, a 1,2 cm

del lado largo y a 1,25 cm del lado ancho, tienen una perforación de 0,5 cm, para ajustar el soporte a la base intermedia o Base 2.

El soporte del sensor ultrasónico está impreso a en 3D con un filamento PLA (Ver Anexo 9)

El Anexo 9 presenta cuatro vistas diferentes del soporte del sensor ultrasónico: la vista-plano planta en dos dibujos, la vista lateral o de perfil y la vista objeto:

En la vista-plano planta, se pueden ver en los dos dibujos que la conforman, en uno, las medidas de la vista superior de la columna frontal donde se ubica el sensor ultrasónico: el ancho y alto de la columna, la distancia de las perforaciones donde se ajusta el sensor ultrasónico, como lo son el radio de cada una de las perforaciones donde se ubican el receptor y emisor del sensor, y la medida del alto y ancho del rectángulo para ubicar el oscilador del sensor; en el otro, la vista superior de la base del soporte: el ancho y alto de los rectángulos, así como el radio y ubicación de las perforaciones para sujetar la base del sensor a la Base 2.

En la vista lateral o perfil se pueden ver las medidas correspondientes al grosor y ancho de la base del soporte del sensor y las correspondientes al grosor y alto de la columna del soporte del sensor.

Por último, en la vista objeto se puede observar el diseño final de la pieza con una visualización sólida.



*Figura 46. Sensor ultrasónico.
Fuente: Autoras.*

8.1.7.5 Diseño de la placa de autoría.

La placa de autoría está diseñada para plasmar los datos que identifican a la Universidad Santo Tomas de Bogotá y a las estudiantes autoras del proyecto. Se ubica sobre la Base 3. Tiene una forma rectangular de 10 cm de largo y 3 cm de ancho con esquinas redondeadas de 0.5 cm de radio y la letra tiene un relieve de 0.2 cm de alto.

El Anexo 10 presenta cuatro vistas diferentes de la placa de autoría: la vista-plano planta, la vista-plano alzado, la vista lateral o de perfil y la vista objeto:

En la vista-plano planta se puede ver las medidas que corresponden al largo y ancho restando las esquinas redondeadas de la pieza y el radio que corresponde a las esquinas redondeadas.

En la vista-plano alzado se puede evidenciar la medida de la longitud de la pieza y la altura del relieve de las letras que corresponden a los datos que identifican a la universidad y a las estudiantes autoras del proyecto.

En la vista lateral o perfil se puede evidenciar el grosor de la pieza y el ancho de esta.

Por último, en la vista objeto se puede observar el diseño final de la pieza con una visualización sólida.

8.1.8. DISEÑO DE GUÍAS

La estructuración de las guías pedagógicas se fundamenta en los planteamientos de Jean Piaget y Lev Vygotski quienes vinculan el aprendizaje con experiencias que se dan con el contacto y la relación con el medio donde se ubica el aprendiz. El aporte de estos autores está en proponer que el saber se construye y no se recibe de manera pasiva [41].

La estructuración de una guía pedagógica se sintetiza en tres funciones sustanciales [42]:

1. Orientación o ubicación de aprendiz y las rutas a seguir.
2. Promoción del aprendizaje autónomo y la creatividad con la experiencia.
3. Autoevaluación del aprendizaje o reflexión sobre el proceso.

Estas funciones se consolidan en una estructura que definen cinco momentos [42]:

1. La orientación del estudio del contenido de la unidad de aprendizaje.
2. Las actividades de orientación.
3. Las actividades de aplicación paso a paso.
4. Las actividades de retroalimentación.
5. Las actividades de autoevaluación y/o evaluación.

Se diseñaron cuatro guías para el uso del kit modular dos (2) son teóricas y dos (2) son prácticas.

La estructura común para el contenido de las guías. Está definida así:

- Nombre de la guía.
- Descripción breve de la guía.
- Conceptos elementales para el desarrollo de la guía.
- Objetivos.
- Glosario.
- Actividad para realizar.

- Referencias

Los contenidos atienden dos condiciones esenciales para el propósito del kit, una, que son de fácil comprensión para el estudiante de educación media y, dos, los temas expuestos en ellas están escritos en lenguaje de fácil comprensión, con el propósito de que los estudiantes que no tengan ningún tipo de conocimiento acerca de robótica móvil y/o programación, puedan realizar las prácticas como un primer acercamiento a los temas de la ingeniería electrónica que aborda el kit.

Los temas expuestos en las guías teóricas son:

- **La guía denominada Morfología de un robot móvil** presenta los temas de manera que el estudiante puede adquirir conocimientos y probar el aprendizaje sobre la morfología del robot móvil del kit modular. Aborda los siguientes temas: concepto de morfología de un robot móvil, sistemas de locomoción, tipos de robots móviles de acuerdo con el uso de los sistemas de locomoción por ruedas, y tracción y dirección de un robot móvil. (ver Anexo 12).
- **La guía denominada Fundamentos de programación** presenta los temas de manera que al estudiante le es fácil obtener conocimientos y probar su aprendizaje, sobre los temas básicos que se abordan de la programación: concepto de programación, programa, lenguaje máquina, lenguaje de programación y algoritmos; así mismo, se le presenta una explicación de la metodología de la programación estructurada y la representación gráfica de los algoritmos. (ver Anexo 13).

Las guías teóricas son fundamentales para el desarrollo de las guías prácticas, pues le permiten al estudiante identificar las características del robot móvil que está manipulando, aportan el conocimiento para dar solución a los problemas expuestos en las guías prácticas por medio de programación.

Los temas expuestos en las guías prácticas son:

- **La guía Sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino:** Inicia con respuestas a las preguntas ¿qué es un sensor?, ¿qué es un sensor infrarrojo?, describe las especificaciones técnicas del sensor infrarrojo, de tal manera que el estudiante, tenga el acercamiento a la manipulación de un sensor infrarrojo, pueda identificar sus características y funcionamiento. Plantea una actividad a desarrollar por el estudiante, la cual consiste en programar el robot móvil en modo de operación robot seguidor de objetos, en donde el sensor infrarrojo tiene como objetivo detectar la presencia de un objeto y dirigirse hacia dicho objeto.

Durante el desarrollo de la guía, el estudiante realizará diagramas de flujo y llevará a cabo la metodología de la programación estructurada. Así mismo, tendrá la oportunidad de programar el microcontrolador por medio del IDE de Arduino. (ver Anexo 14)

- **La guía Sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino:** Inicia con respuestas a las preguntas ¿qué es un sensor?, ¿qué es un sensor ultrasónico?, describe las especificaciones técnicas del sensor ultrasónico, de tal manera que el estudiante, tenga el acercamiento a la manipulación de un sensor ultrasónico, pueda identificar sus características y funcionamiento. Plantea una actividad a desarrollar por el estudiante, la cual consiste en programar el robot móvil en modo de operación robot evita obstáculos, en donde el sensor ultrasónico tiene como objetivo detectar objetos a determinada distancia para evitarlos.

Durante el desarrollo de la guía, el estudiante realizara diagramas de flujo y llevara a cabo la metodología de la programación estructurada. Así mismo, tendrá la oportunidad de programar el microcontrolador por medio del IDE de Arduino. (ver Anexo 15)

Las guías prácticas son el instrumento que hacen que la práctica tome forma concreta, pues permiten que el estudiante aplique los conceptos de robótica móvil y programación obtenidos de las guías teóricas.

8.1.8.1 Software INSPIRATION ONE

Los recursos necesarios para utilizar el kit modular están contenidos en el software que se diseñó en el IDE Microsoft Visual Studio, con una plantilla Windows Forms en lenguaje C#, que es una aplicación que está identificada en el manual del kit modular como Aplicación Kit modular-*INSPIRATION ONE*.

Este software ayuda al estudiante a la realización de los diagramas de flujo y la codificación propuesta en las guías prácticas, de manera guiada. El código realizado por los estudiantes en el software *INSPIRATION ONE* debe ser enviado al IDE de Arduino para posteriormente programar el microcontrolador del kit modular.

La aplicación *INSPIRATION ONE* está compuesta por secciones que permiten al estudiante explorar toda la información necesaria para el uso del kit modular: Las temáticas se presentan así:

- Recursos
- Arduino IDE
- *NodeMCU V3 ESO8266 – LOLIN*
- Prácticas: Sensor Infrarrojo y Sensor ultrasónico
- Acerca de

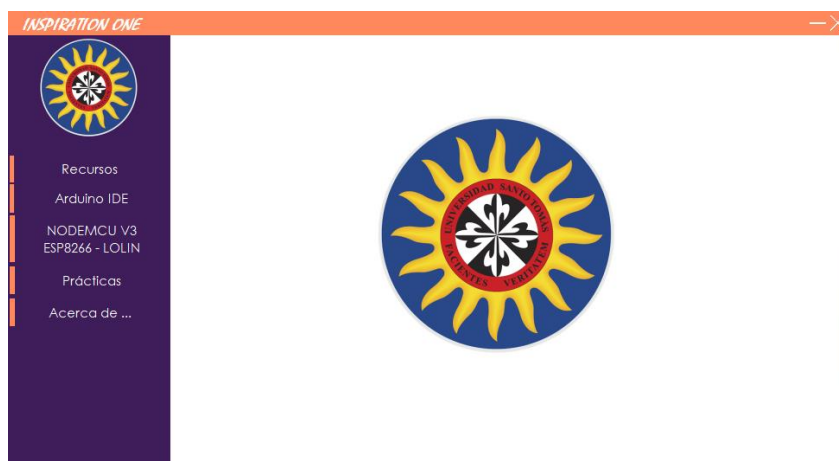
A continuación, se muestra en detalle los componentes de cada sección del software:

La ventana de presentación (ver Figura 47) contiene: el nombre de la aplicación, el logo y nombre de la Universidad Santo Tomás, el nombre de la Facultad de Ingeniería Electrónica y los nombres de las estudiantes autoras del proyecto.



*Figura 47. Ventana de presentación.
Fuente: Autoras.*

El logo de la Universidad Santo Tomás es un botón que permite el acceso a la ventana del menú principal (ver Figura 48). Cuando se accede al menú principal, en el lado izquierdo aparece un menú para acceder a cada una de las secciones de la aplicación.



*Figura 48. Ventana menú principal.
Fuente: Autoras.*

Al ingresar a la sección *recursos kit modular* (ver Figura 49), el estudiante se encuentra con las actividades a desarrollar. Mediante sus títulos identificadores, se da acceso al Manual del Usuario, en el cual se explica a detalle el uso del kit modular; a las Guías prácticas de laboratorio en formato PDF; al instalador (.exe) para el driver de la tarjeta de desarrollo *NODEMCU V3 ESP8266 – LOLIN*, y, a la encuesta para evaluar la experiencia usando el kit modular.



Figura 49. Sección de recursos kit modular.
Fuente: Autoras.

Cuando el estudiante ingresa a la sección *Arduino IDE* (ver Figura 50) encuentra el acceso al instalador de la aplicación del entorno de desarrollo de Arduino, el cual se usa para la programación de la tarjeta de desarrollo *NODEMCU V3 ESP8266 – LOLIN*.



Figura 50. Sección de Arduino IDE.
Fuente: Autoras.

Al ingresar a la sección *NODEMCU V3 ESP8266 – LOLIN* (Ver Figura 51) el estudiante encuentra los accesos a toda la información técnica de la tarjeta de desarrollo *NODEMCU V3 ESP8266 – LOLIN*: *¿Qué es?*, *Alimentación*, *Entradas y salidas*, *PWM (salidas Analógicas)*, *Entradas Analógicas (ADC)*, *Resumen de los pines*.

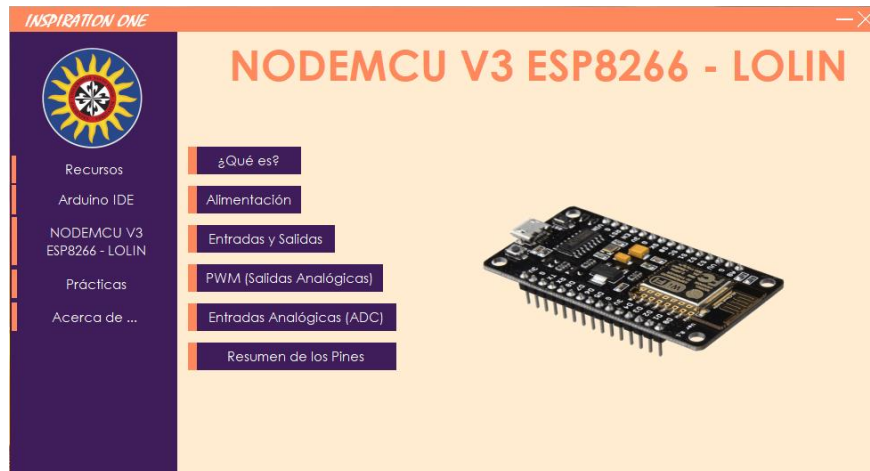


Figura 51. Sección NODEMCU V3 ESP8266 – LOLIN.
Fuente: Autoras.

Ya en la sección *Prácticas* (ver Figura 52), el estudiante se encuentra con los accesos a las dos prácticas que propone el kit: Practica con sensor Infrarrojo y la Practica con Sensor Ultrasónico.

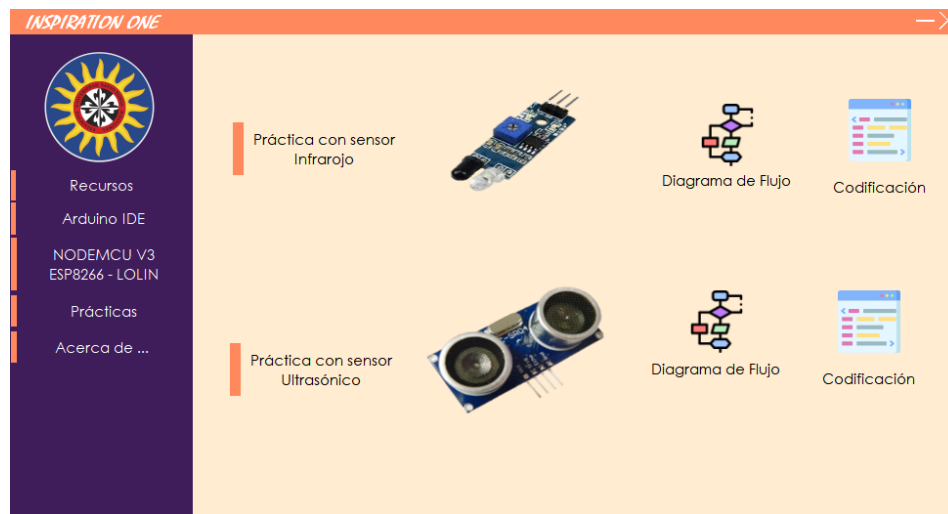


Figura 52. Sección de prácticas.
Fuente: Autoras.

Al ingresar en cada una de las prácticas se encuentran dos accesos, uno, que lleva a donde se realizan los diagramas de flujo, como se muestra en la Figura 53 y el otro, que lleva a donde se realiza la codificación, como se muestra en la Figura 54.

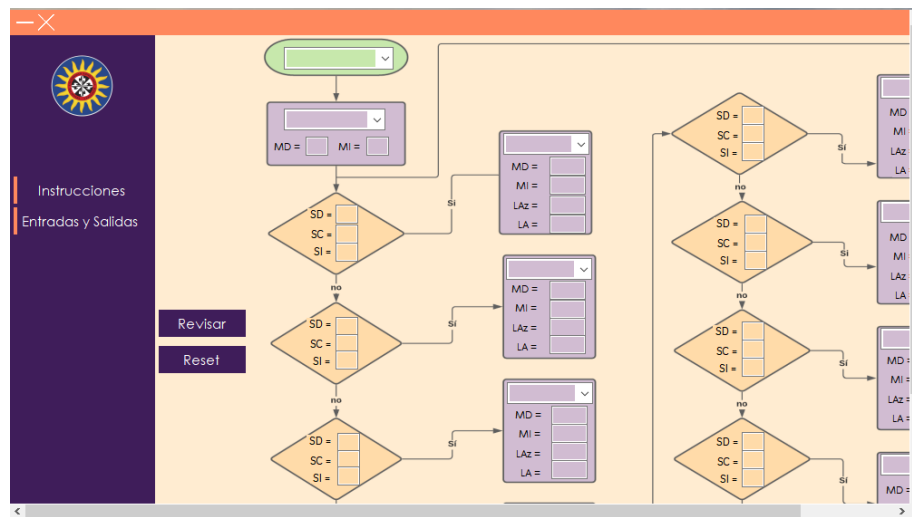


Figura 53. Sección diagrama de flujo.
Fuente: Autoras.

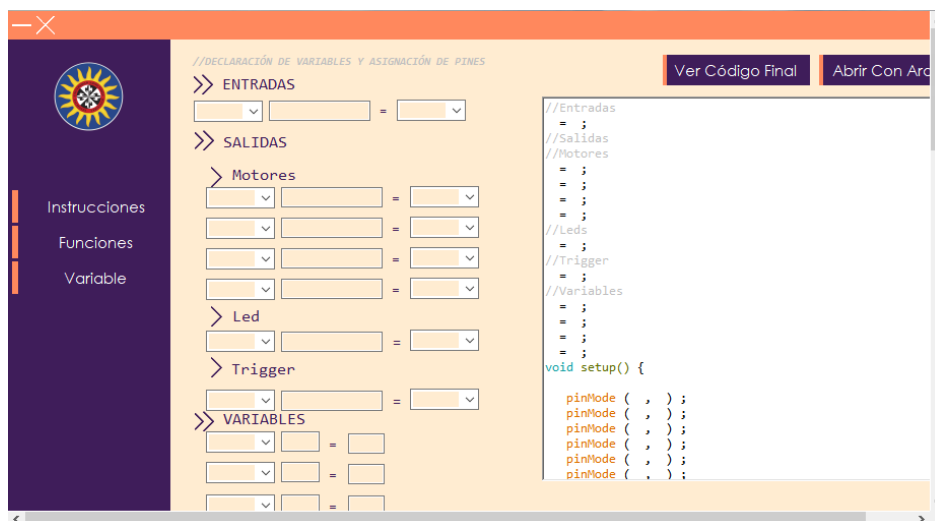


Figura 54. Sección de codificación.
Fuente: Autoras.

Al ingresar el estudiante en la sección de *Acerca de* (Ver Figura 55) podrá encontrar la información sobre el software *INSPIRATION ONE*, el año de realización del diseño y el nombre de las diseñadoras del software.



*Figura 55. Sección acerca de.
Fuente: Autoras.*

8.1.9. DISEÑO DE ENCUESTA

Para realizar la validación de la funcionalidad del kit se decidió llevar a cabo un taller de experiencia con el kit, con estudiantes de educación media. Para efectuar la evaluación del impacto educativo del kit en los estudiantes, se determinó diseñar una encuesta a diligenciar por ellos, después de que utilicen el kit en el taller.

Las encuestas se elaboran con el propósito de obtener información sobre algún aspecto de interés para la investigación y se componen “de una lista de preguntas que se formulan a todos por igual” [43]. Así, se definieron 13 preguntas, cuyas respuestas, permiten recoger información sobre si, una vez utilizado el kit, esta experiencia acercó a los estudiantes a la ingeniería electrónica. Se averiguó sobre el desarrollo de las prácticas que plantea el Kit en robótica móvil, por medio del uso de las guías de laboratorio, las cuales contienen algunas bases teóricas de robótica, de programación y de utilización de los circuitos electrónicos específicos. (ver Anexo 16). Además, se recogió información sobre la experiencia con el kit en términos de si pudieran optar o no por la ingeniería electrónica, al momento de elegir el campo de sus estudios universitarios.

Para la selección de la muestra para realizar el taller de experiencia con el kit se acudió al muestreo intencional [44] o el muestreo no probabilístico o estadístico; por conveniencia. Con esto, los criterios definidos para la selección de los participantes a las actividades fueron: 1) estudiantes de educación media con edades entre los 15 y los 18 años, 2) fácil contacto de los estudiantes por parte de las autoras de la investigación, 3) permiso de los padres para realizar el ejercicio y 4) disponibilidad de los estudiantes para asistir. El muestreo intencional se vincula directamente con la investigación cualitativa, la cual aborda el pensar, el decir, el sentir de las personas en busca de la comprensión de la realidad que estudia [45].

La siguiente es una descripción de las áreas temáticas sobre las cuales la encuesta busca identificar información:

- La población que participa en el taller con el kit modular.
- Si los temas expuestos en las guías son acordes a su nivel educativo.
- Las guías realizadas por el estudiante con el kit modular.
- Si las guías cumplen con los objetivos del kit modular.
- Si el estudiante siente inclinaciones a realizar una carrera profesional relacionada con la ingeniería electrónica.
- Si las competencias y conocimientos adquiridos por el kit modular despertaron o aportaron gusto por la electrónica.
- Si el kit modular es una metodología innovadora.
- Si el estudiante está interesado en seguir participando en este tipo de prácticas, como las que vivió con el kit modular.
- Las competencias que adquirió el estudiante con las practicas realizadas con el kit modular.

8.1.10. VERIFICACIÓN DE CONDICIONES

La verificación de las condiciones educativas de las guías y el cuestionario se realizó por consulta a un experto en educación (ver Anexo 18) quien hizo sugerencias de ajuste (ver Anexo 19) y avaló la dimensión pedagógica de las guías y cuestionario la cual esta presentada en un informe (ver Anexo 20).

8.1.11. VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO EDUCATIVO

La validación de las guías prácticas se da con la base conceptual y “de facto”, con las pruebas técnicas de los componentes. La validación de las guías teóricas se da por consulta a un experto en educación como se indicó anteriormente. La evaluación del efecto en los participantes en el taller se da mediante la aplicación del cuestionario.

9 RESULTADOS

En este capítulo se presentan y describen en detalle los resultados obtenidos en proyecto:

- Los circuitos electrónicos
- Las piezas CAD que componen el robot móvil
- El ensamble final del robot móvil
- El impacto educativo en los estudiantes al usar el kit modular en un taller.

9.1.1. RESULTADOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Como resultados de los circuitos electrónicos diseñados del Módulo infrarrojo, Módulo LEDs, Módulo driver puente-H y Módulo de la placa principal, se obtienen en total 4 diseños de PCBs, profundizados en el numeral 8.1.2.3, 8.1.3.3, 8.1.4.3, 8.1.1.4.

Estos se fabricaron con la empresa JLCPCB, quienes son fabricantes de prototipos de PCB en el país de china.

Algunas de las características técnicas generales para la fabricación de las PCBs se presentan a continuación:

- Cantidad de PCBS por diseño: 5
- Grosor: 1.6 (± 10 tolerancia)
- Color: Verde
- Acabado de superficie: HASL, utiliza estaño/plomo para crear una fina cubierta protectora en la PCB.
- Peso de cobre exterior: 1 oz.

La empresa ofrece dentro de sus servicios de fabricación realiza una prueba donde analizan eléctricamente las PCBs para asegurar que el producto no tenga circuitos abiertos o cortocircuitos generados en el proceso de producción, y así, garantizar la calidad al cliente final de forma óptima. Esto lo hacen mediante un probador de sonda volante (prueba estilo FTIC), que busca comprobar el circuito sin accesorios adicionales como se requiere en el tradicional “cama de clavos” (prueba estilo TIC). Esta hace uso de una o más sondas que son programadas mediante unos pines de control y realizan la prueba movilizándose por puntos específicos sobre la placa. La prueba FTIC con respecto a la prueba TIC tiene como ventaja que se adapta a nuevas pruebas para PCBs solo reprogramando el control sin generar costos adicionales, y consigue probar características como la laminación, el revestimiento de cobre, limpieza, soldabilidad y ambiente eléctrico de forma económica [46].

9.1.1.1 PCB módulo sensor infrarrojo

En la Figura 56 y Figura 57 se visibilizan los resultados finales de las PCB del Módulo infrarrojo desarrolladas por el software web EasyEDA con vista 3D, de la vista superior e

inferior. Las características específicas con las que esta PCB cuenta son 2 capas y dimensiones de 51.04x27mm.

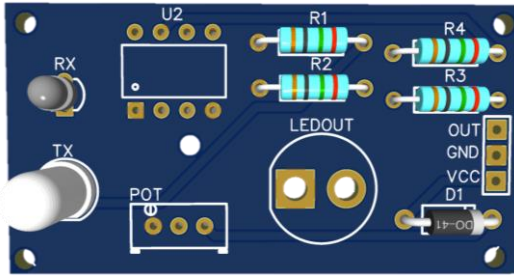


Figura 56. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

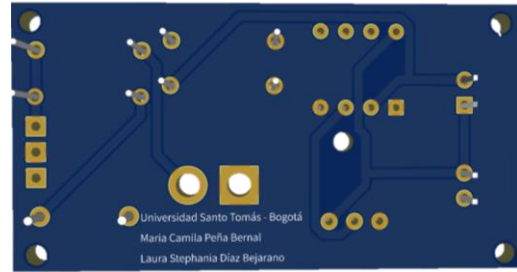


Figura 57. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

9.1.1.2 PCB módulo de LEDs

En la Figura 58 y Figura 59 se visibilizan los resultados finales de las PCB del módulo LEDs desarrolladas por el software web EasyEDA con vista 3D, de la vista superior e inferior. Las características específicas con las que esta PCB cuenta son 1 capa y dimensiones de 34x48mm.

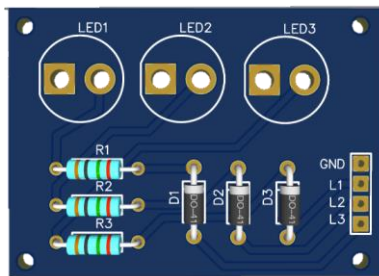


Figura 58. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo LEDs.
Fuente: Autoras.

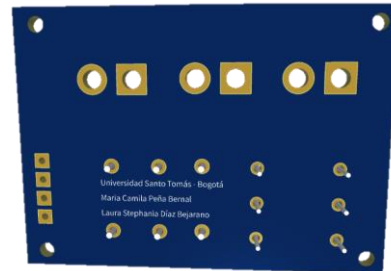


Figura 59. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo LEDs.
Fuente: Autoras

9.1.1.3 PCB módulo Puente h (DRIVER)

En la Figura 60 y Figura 61 se visibilizan los resultados finales de las PCB del Módulo Puente H desarrolladas por el software web EasyEDA con vista 3D, de la vista superior e inferior. Las características específicas con las que esta PCB cuenta son 2 capas y dimensiones de 43.69x34.16mm.

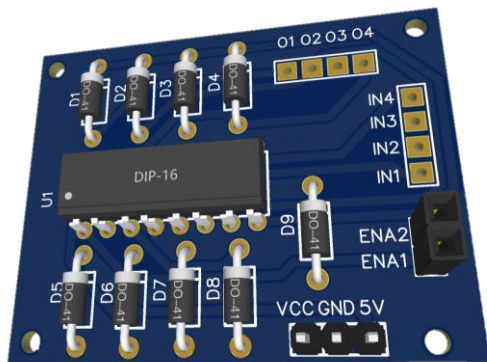


Figura 60. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo driver Puente H.
Fuente: Autoras.

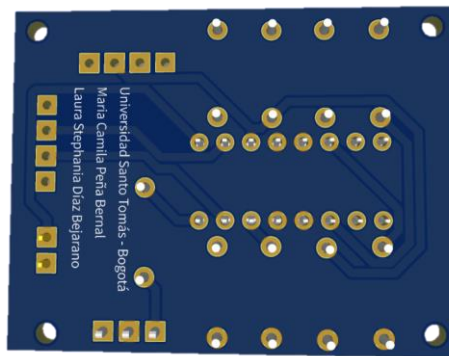


Figura 61. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo driver puente H.
Fuente: Autoras.

9.1.1.4 PCB módulo Principal

En la Figura 62 y Figura 63 se visibilizan los resultados finales de las PCB del módulo Circuito Principal desarrolladas por el software web EasyEDA con vista 3D, de la vista superior e inferior. Las características específicas con las que esta PCB cuenta son 1 capa y dimensiones de 66.42x 68.83mm.

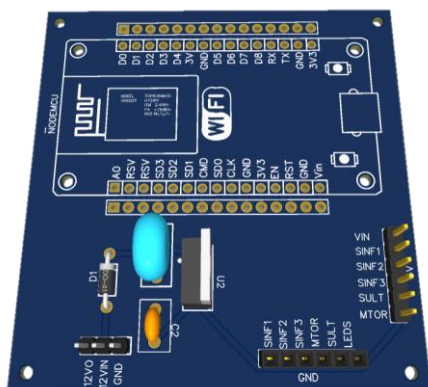


Figura 62. Vista 3D superior del diseño PCB del módulo principal.
Fuente: Autoras.



Figura 63. Vista 3D inferior del diseño PCB del módulo principal.
Fuente: Autoras.

9.1.2. RESULTADO DE PIEZAS DEL PROTOTIPO

La fabricación de las cinco piezas del kit modular atienden los diseños estipulados en el numeral 8.1.7 DISEÑO DE PIEZAS DEL PROTOTIPO. del capítulo 8. Se realizó en una impresora 3D, con filamento PLA, material de impresión que ofrece resultados resistentes.

Las piezas se imprimieron en color gris plateado para las 3 bases (Base Inferior, Base Intermedia y Base superior) y blanco para el soporte del sensor ultrasónico y la placa de autoría.

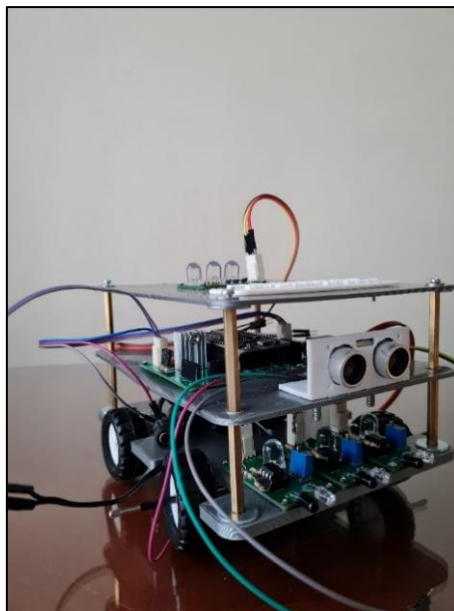
Las características con la cuales se realizó la impresión de las piezas son las siguientes:

- Relleno rectilíneo tipo malla.
- Densidad del 20 %.
- Velocidad de impresión automática.
- Temperatura en el extrusor de 275°.
- Temperatura de la cama de 80°.

Los resultados de los diseños de las piezas CAD se muestran en las Figura 108, Figura 109, Figura 110, Figura 111 y Figura 112 del Anexo **11**.

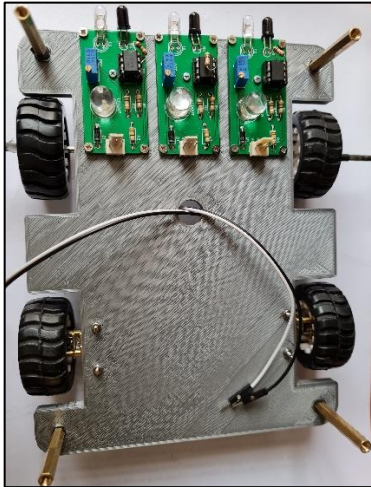
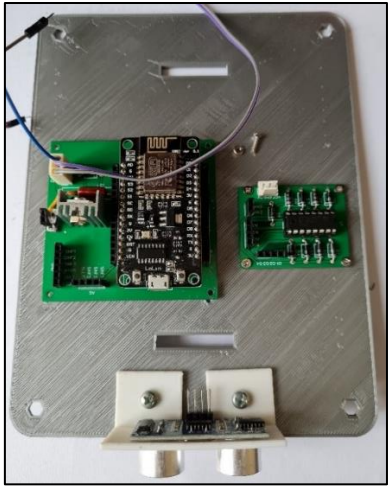
9.1.3. ROBOT MÓVIL DEL KIT MODULAR

El resultado de la estructura física del prototipo del robot móvil del kit modular, totalmente construida, en un solo cuerpo o estructura de tres niveles, con las piezas CAD, circuitos específicos y sus partes de unión se puede observar en la Figura 64.



*Figura 64. Robot Móvil del kit modular – INSPIRATION ONE.
Fuente: Autoras.*

A continuación, se describen los principales aspectos de cada uno de los niveles que conforman el cuerpo del robot, estos niveles, son las bases sobre las cuales se ubican partes y circuitos específicos para el funcionamiento del robot:

Nombre de la pieza	Descripción	Imagen
Base Inferior – Base 1	En la cara de encima de la Base1, sobre el borde de uno de los lados de 14 cm, que corresponde a la parte frontal del robot, se soportan los tres módulos de sensor infrarrojo; en las cuatro esquinas están ubicados los postes de distanciamiento de la Base1 con la Base 2; en el lateral de 18cm de la base, se encuentran ubicadas, en las muescas de la base, las cuatro ruedas. (ver Figura 65). Debajo de la base hacia el lado frontal del robot, se encuentra el cilindro donde está ubicado el eje libre (metálico) de las ruedas delanteras y, en la parte trasera se soportan los dos motorreductores que, a su vez, soportan las ruedas traseras.	 <i>Figura 65. Ubicación de partes y circuitos en la Base Inferior – Base 1.</i> Fuente: Autoras.
Base Intermedia – Base 2	En la cara de encima de la Base Intermedia – Base 2, sobre el borde de uno de los lados de 14 cm, que corresponde a la parte frontal del robot, se soporta el módulo del sensor ultrasónico; detrás del sensor esta soportada la placa principal que contiene la extensión de pines de la tarjeta NodeMCU y el regulador de voltaje de 5V; en paralelo a esta placa esta soportado el Módulo puente H (Driver). En las cuatro esquinas de la base, se ubican, los postes de distanciamiento entre la Base Intermedia – Base 2 con la Base Superior- Base 3, articulados a los postes de distanciamiento de la Base Inferior – Base 1, para así unir las bases (ver Figura 66).	 <i>Figura 66. Ubicación de componentes Base Intermedia – Base 2.</i> Fuente: Autoras.

Base Superior – Base 3	En la cara de encima de la Base Superior – Base 3, hacia el borde de uno de los lados de 14 cm, que corresponde a la parte frontal del robot, está soportada la placa de autoría del prototipo del kit modular, detrás de ella hacia el centro de la base esta soportado el Módulo de LEDs. La Base Superior – Base 3 se une por medio de tornillos a los postes metálicos de distanciamiento que surgen de la Base Intermedia – Base 2. (ver Figura 67)	 Figura 67. Ubicación de componentes Base Superior – Base 3. Fuente: Autoras.
-------------------------------	--	---

Tabla 3. Descripción robot móvil.

9.1.4. RESULTADOS DEL IMPACTO EDUCATIVO DEL KIT EDUCATIVO.

Para la validación de la funcionalidad del kit y, la evaluación de su impacto educativo con estudiantes de educación media se requiere que estudiantes de estos niveles educativos vivan la experiencia de utilizar el Kit, una vez lo hacen se les aplica la encuesta.

Para este propósito se previó realizar cinco actividades escalonadas, tipo taller, para vivir la experiencia, estas se realizarían en diferentes instituciones educativas de Bogotá, D.C.; para cada actividad se programaría la selección y participación de cinco estudiantes, quienes tendrían la experiencia y al finalizar se les aplicaría la encuesta que evalúa el uso del kit modular.

La pandemia que surgió en 2020 a nivel mundial afectó la vida cotidiana de toda la humanidad, de tal manera que muchas actividades grupales como la educación quedaron suspendidas de realizarse de manera presencial, y así, han empezado a surgir hasta el presente, nuevas maneras de realizar las actividades, reinventando, muchas apoyadas en la virtualidad, como es el caso de la educación.

Pero muchas de las actividades en el campo educativo requieren de la presencia de los estudiantes, es por esto, por lo que las sociedades y los gobiernos están a la espera de poder retornar a las aulas, para poder realizar el hecho educativo, en todas sus dimensiones y en una adecuada interacción social, una vez las condiciones de salubridad lo permitan.

Ante esta situación, no fue posible realizar las actividades previstas para la evaluación del proyecto. Se decidió replantear: se optó por realizar una sola actividad para vivir la experiencia, organizada por las estudiantes autoras del proyecto, con la participación de

cinco estudiantes, y lograr que la muestra de estudiantes perteneciera a diferentes niveles de la educación media y a diferentes instituciones educativas.

Se realizó entonces un taller el día 8 mayo de 2021, de manera presencial en la Carrera 103 D No. 83 -35 casa No. 43. Participaron 5 estudiantes de educación media, los cuales fueron invitados por medio de un consentimiento informado de participación por parte de los padres (ver Anexo 17), y atendiendo todos los protocolos de bioseguridad.

9.4.1.1 Validación de la funcionalidad del Kit modular

El taller se realizó en dos jornadas, una en la mañana y otra en la tarde. Su desarrollo contó con una agenda, en la cual se dio cuenta de todo el material que contiene el kit modular. Se definió el tiempo de duración de cada una de las actividades y la identificación del anfitrión quien la acompañó (ver Tabla 4).

TALLER USO DEL KIT MODULAR INSPIRATION ONE Mayo 8, 2021 AGENDA			
Ítem	Actividad	Duración	Anfitrión
1	Presentación del proyecto	10 minutos	Laura Díaz y Camila Peña
2	Construcción del robot móvil	1 hora	Laura Díaz y Camila Peña
3	Guía sobre la morfología de un robot móvil	40 minutos	Laura Díaz
4	Refrigerio	15 min	
5	Guía sobre los fundamentos de programación	40 min	Camila Peña
6	Práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino.	1 hora y 15 minutos	Camila Peña
7	Almuerzo	1 hora	
8	Práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino.	1 hora y 15 minutos	Laura Díaz
9	Encuesta	15 minutos	
10	Refrigerio	15 minutos	
11	Cierre final	5 minutos	Laura Díaz y Camila Peña

Tabla 4. Agenda del taller con el kit modular.
Fuente: Autoras.

El taller fue dirigido por las estudiantes: Laura Stephania Díaz Bejarano y Maria Camila Peña Bernal, quienes atendieron la agenda propuesta. En el desarrollo de la actividad “Presentación del proyecto” las estudiantes realizaron su presentación como estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás, explicaron el objetivo de la actividad y procedieron a presentar el proyecto. En la Figura 68 se puede observar a los estudiantes participando en esta actividad.



*Figura 68. Presentación del proyecto.
Fuente: Autoras.*

La actividad “Construcción del robot móvil”, fue dirigida por las estudiantes: Laura Stephania Díaz Bejarano y Maria Camila Peña Bernal, quienes entregaron a los estudiantes una caja que contenía 21 bolsas, en las cuales estaban empacados cada uno de los elementos que componen el robot móvil y un destornillador.

Cada uno de los estudiantes contó con un computador. Se les hizo entrega del enlace para descargar el ejecutable de la aplicación *INPIRATION ONE*. Una vez, la instalaron, se les dio tiempo para explorarla e identificar su contenido.

Los estudiantes realizaron la construcción del robot apoyados en el manual del usuario y contaron con la asistencia de las dos anfitrionas. La dinámica de esta sesión consistió en que cada uno de los estudiantes iba ubicando e instalando uno de los componentes del robot, mientras otro estudiante, iba leyendo el manual en voz alta, y todos observaban. Las siguientes figuras muestran el desarrollo de esta actividad.



Figura 69. Construcción del Robot Móvil dirigido por Camila Peña.
Fuente: Autoras.



Figura 70. Construcción del Robot Móvil dirigido por Laura Díaz.
Fuente: Autoras.

La actividad “Guía sobre la morfología de un robot móvil”, fue dirigida por la estudiante Laura Stephania Díaz Bejarano, quien al iniciar realizó dos preguntas introductorias al tema de la guía: la primera “¿qué es para ustedes robótica?” y la segunda “¿qué es para ustedes un robot móvil?”, con el objetivo de identificar los conocimientos que tenían sobre la temática de la guía a realizar; procedió a que los estudiantes respondieran y al finalizar la conversación realizó una explicación del contenido de la guía. Luego cada estudiante leyó la guía y respondió las preguntas que se proponen al final de la guía.

En la Figura 71 se muestra una fotografía de los cinco estudiantes realizando la guía teórica sobre la morfología de un robot móvil.



Figura 71. Desarrollo de guía robótica móvil.
Fuente: Autoras.

La actividad “Guía sobre los fundamentos de programación”, fue dirigida por la estudiante Maria Camila Peña Bernal, quien al inicio de la guía realizó la pregunta introductoria al tema de la guía: “¿qué es para ustedes programación?”, con el objetivo de identificar los conocimientos que tenían sobre la temática de la guía a realizar; procedió a que los estudiantes respondieran y al finalizar la conversación realizó una explicación del contenido de la guía. Luego cada estudiante leyó la guía y realizó el diagrama de flujo que

propone la guía. Al finalizar de manera grupal cada estudiante compartió su diagrama de flujo con el fin de corregir y dar respuesta a las dudas.

En la Figura 72 se muestra una fotografía de los cinco estudiantes realizando la guía teórica sobre los fundamentos de programación.



*Figura 72. Desarrollo de guía fundamentos de programación.
Fuente: Autoras.*

La actividad “Práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino”, fue dirigida por la estudiante Maria Camila Peña Bernal, quien inició explicando el funcionamiento y configuración del sensor ultrasónico. Luego, invito a los estudiantes a ingresar a la aplicación del kit modular *INSPIRATION ONE*, a ubicar en ella, la Practica con Sensor ultrasónico y a iniciar con su desarrollo. Cada estudiante avanzó hasta llegar al problema que se plantea en la guía y procedió a la realización del diagrama de flujo y la codificación.

Para la programación de la tarjeta de desarrollo que hace que opere el robot, la anfitriona con ayuda del manual de usuario, realizo la explicación detallada de la programación, con los códigos realizados por cada estudiante, por medio del IDE de Arduino y, explico las conexiones de los circuitos específicos.

Los estudiantes una vez, programaron la tarjeta de desarrollo, conectaron la batería de 12V y evidenciaron el exitoso funcionamiento del robot con el algoritmo elaborado por ellos mismos.

En las siguientes figuras se muestran los cinco estudiantes realizando la guía práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino, en diferentes momentos del desarrollo de la práctica.



*Figura 73. Desarrollando guía con sensor ultrasónico.
Fuente: Autoras.*

La actividad “Práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino”, fue dirigida por la estudiante Laura Stephania Díaz Bejarano, quien acompañó a los estudiantes durante toda la realización de la guía práctica.

Inició por explicar el funcionamiento y la configuración del sensor infrarrojo. Luego, invito a los estudiantes a ingresar a la aplicación del kit modular *INSPIRATION ONE*, a ubicar en ella, la Practica con Sensor infrarrojo y a iniciar con su desarrollo. Cada estudiante avanzó hasta llegar al problema que se plantea en la guía y procedió a la realización del diagrama de flujo y la codificación.

Para la programación de la tarjeta de desarrollo que hace que opere el robot, la anfitriona con ayuda del manual de usuario, realizo la explicación detallada de la programación, con los códigos realizados por cada estudiante, por medio del IDE de Arduino y, explico las conexiones de los circuitos específicos.

Los estudiantes una vez, programaron la tarjeta de desarrollo, conectaron la batería de 12V y evidenciaron el exitoso funcionamiento del robot con el algoritmo elaborado por ellos mismos.

En las siguientes figuras se muestran los cinco estudiantes realizando la guía práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino, en diferentes momentos del desarrollo de la práctica.

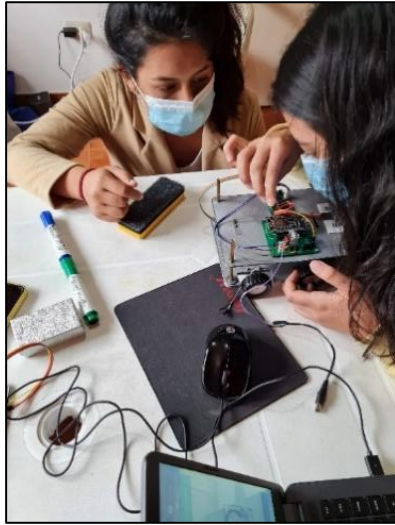


Figura 74. Desarrollando guía con sensor infrarrojo.

Fuente: Autoras.

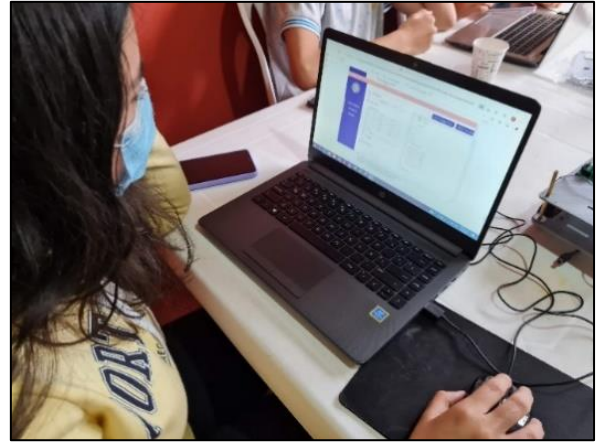


Figura 75. Codificación.

Fuente: Autoras.

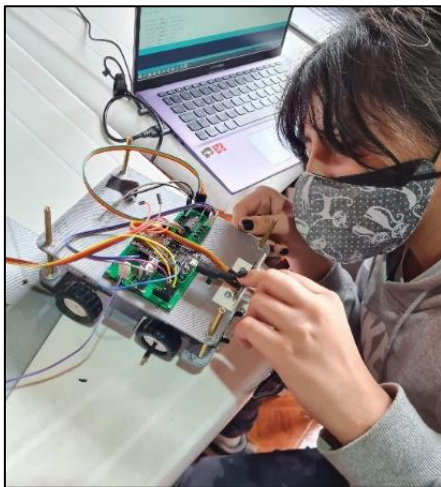


Figura 76. Programación de la tarjeta de desarrollo.

Fuente: Autoras.



Figura 77. Explicación de conexiones.

Fuente: Autoras.

La actividad “Encuesta” fue dirigida por las estudiantes Laura Stephania Díaz Bejarano y Maria Camila Peña Bernal, quienes, alternadamente, explicaron el propósito de la encuesta e invitaron a los estudiantes a ingresar a la aplicación del kit modular *INSPIRATION ONE*, ubicar en ella en Recursos del Kit modular, el ingreso al enlace de la encuesta, y proceder a su diligenciamiento.

En el “Cierre Final”, las estudiantes Laura Stephania Díaz Bejarano y Maria Camila Peña Bernal, agradecieron a los estudiantes su participación y colaboración en la realización del taller, en el cual se demostró la validación de la funcionalidad del kit; igualmente, por el

diligenciamiento de la encuesta que busca evaluar el impacto educativo del kit. Indicaron a los estudiantes que estos son elementos para reportar en su proyecto de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT MODULAR PARA DAR SOPORTE Y FOMENTAR PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN MEDIA EN APLICACIONES DE ROBÓTICA MÓVIL”. También, pidieron a los estudiantes el favor de hacer extensivo el agradecimiento a sus padres, por haberles permitido participar, dado el contexto de la crisis sanitaria que se vive.



*Figura 78. Resultado final.
Fuente: Autoras.*

9.4.1.2 Resultados de la evaluación del impacto educativo del kit modular.

Los resultados de la evaluación del impacto educativo del kit modular surgen del análisis de la encuesta aplicada a cinco estudiantes de educación media, después de haber tenido una experiencia con el kit modular

Las 13 preguntas de la encuesta están definidas para obtener información relevante tanto, de las características de los estudiantes quienes participaron en el taller y se les aplicó la encuesta, como de los efectos educativos de la experiencia en estos estudiantes. La lectura y análisis de esta información sirve para concluir sobre el impacto educativo en ellos.

En este caso, la población está representada por los 5 estudiantes quienes participaron en el taller, quienes cumplieron con los requisitos del objetivo del proyecto, es decir, ser estudiantes de educación media.

A continuación, se presenta cada información obtenida en tablas y/o gráficas e inmediatamente se procede al análisis concluyente.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “nombre de tu institución” se presenta en la siguiente tabla:

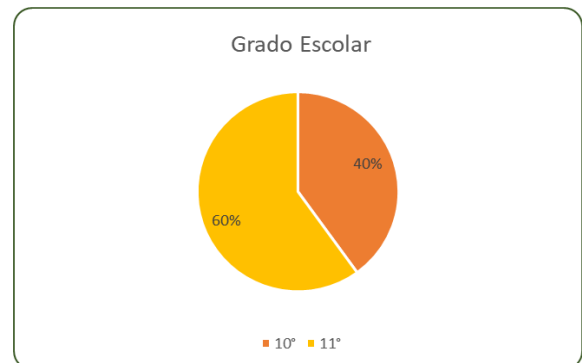
Nombre de tu institución	
Nombre de la institución	Número de Estudiantes
Yermo y Parres	2
Manuela Ayala de Gaitán	2
Rodolfo Llinas	1
Total	5

Tabla 5. Representación de estudiantes por institución.
Fuente: Autoras.

Como se puede ver en la tabla anterior participaron 5 estudiantes pertenecientes a 3 instituciones educativas diferentes de la ciudad de Bogotá, D.C. Esta información permite identificar que la experiencia con el kit modular permitió tener diversidad en la participación de estudiantes y de diferentes espacios formativos.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “¿Qué grado escolar estas cursando actualmente?” se presenta en la siguiente tabla y gráfica: ¿Qué grado escolar estas cursando actualmente?		
Grado Escolar	Número de Estudiantes	Porcentaje
10°	2	40%
11°	3	60%
Total	5	100%

Tabla 6. Representación de estudiantes por grado escolar.
Fuente: Autoras.

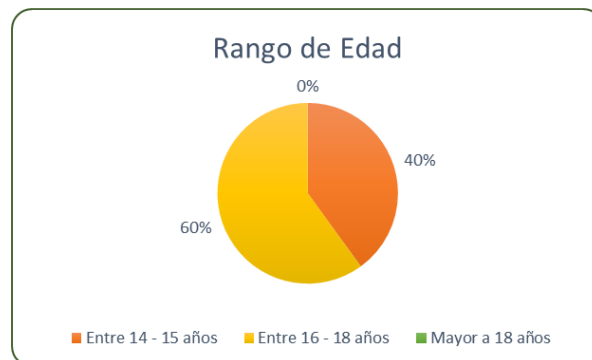


Gráfica 1. Representación porcentual de estudiantes por grado escolar.
Fuente: Autoras.

La gráfica anterior muestra que el 60% de los estudiantes quienes asistieron al taller cursan grado 10° de educación media, y el 40% restante cursan grado 11° de educación media. Esta información permite identificar que la experiencia con el kit modular permitió tener participación de estudiantes de los dos grados de educación media.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “¿Cuál es tu edad?” se presenta en la siguiente tabla y gráfica: ¿Cuál es tu edad?		
Edad	Número de Estudiantes	Porcentaje
Entre 14 - 15 años	2	40%
Entre 16 - 18 años	3	60%
Mayor a 18 años	0	0%
Total	5	100%

Tabla 7. Representación de Estudiantes por Edad.
Fuente: Autoras.

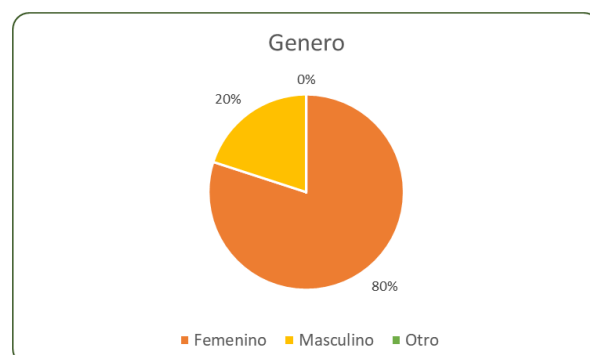


Gráfica 2. Representación porcentual de estudiantes por edades
Fuente: Autoras.

La gráfica anterior nos muestra que 60% de los estudiantes quienes asistieron al taller se encuentran en un rango de edad entre 16 – 18 años, y el 40% restante en un rango entre 14 – 15 años. Esta información permite identificar que la edad de los estudiantes se corresponde con los dos grados de educación media validando la consistencia de las respuestas de los estudiantes y su representación en el taller.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “¿Cuál es tu género?” se presenta en la siguiente tabla y gráfica: ¿Cuál es tu género?		
Sexo	Número de Estudiantes	Porcentaje
Femenino	4	80%
Masculino	1	20%
Otro	0	0%
Total	5	100%

Tabla 8. Representación de estudiantes por sexo.
Fuente: Autoras.



Gráfica 3. Representación porcentual de estudiantes por sexo.
Fuente: Autoras.

La gráfica anterior nos muestra que 80% de los estudiantes quienes asistieron al taller son de género femenino, y el 20% restantes de género masculino. Esta información permite identificar que la experiencia con el kit modular permitió tener participación de estudiantes de dos géneros de estudiantes de educación media.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “¿Los temas expuestos en las guías te fueron de fácil comprensión?” se presenta en la siguiente tabla:

¿Los temas expuestos en las guías te fueron de fácil comprensión?	
Respuesta	Número de Estudiantes
Si	5
No	0
Total	5

Tabla 9. Grado de comprensión de las guías por parte de los estudiantes.

Fuente: Autoras.

Las tablas Tabla 9 y 8 muestran que los temas expuestos en las guías prácticas y teóricas para los cinco estudiantes fueron de fácil comprensión pues comprendieron las guías y realizaron las prácticas. Esta información permite concluir que las guías prácticas y teóricas tienen un impacto educativo positivo al ser didácticas por su fácil comprensión y permiten la realización exitosa de la experiencia con el kit modular por estudiantes de educación media.

La información que entrega la respuesta a las preguntas relacionadas con “Objetivos- Kit modular” se presenta en la siguiente tabla:

Objetivos	Objetivos – Kit Modular					Total
	1 (Insuficiente)	2 (Malo)	3 (Regular)	4 (Bueno)	5 (Excelente)	
Los objetivos de aprendizaje son claros.	0	0	0	1	4	5
Los objetivos encajan con las prácticas propuestas.	0	0	0	0	5	5
Los conceptos son apropiados para el nivel educativo.	0	0	0	0	5	5
Considera que la metodología implementada fue adecuada para la temática.	0	0	0	0	5	5

Tabla 10. Cumplimiento de los objetivos a cumplir por el kit modular.

Fuente: Autoras.

Las Tabla 9 muestra las respuestas de valoración de las estudiantes, que van desde insuficiente a excelente, a cuatro preguntas relacionadas con objetivos educativos que se le identifican al kit modular, para evaluar el impacto educativo del kit.

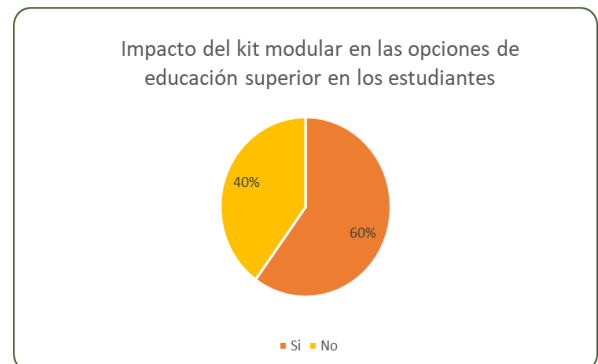
Se observa que, de las cuatro preguntas realizadas, en la primera pregunta “Los objetivos de aprendizaje son claros” solo cuatro estudiantes dan una valoración de excelente, es decir que el 80% de los estudiantes valora positivamente y con excelencia el componente pedagógico del kit, el 20% restante valoran como bueno el componente pedagógico del kit. Para las tres preguntas restantes el 100% de los estudiantes dan una valoración de excelente al componente pedagógico del kit. Y a su vez, el 75% de las respuestas valoran con excelencia el componente pedagógico del kit modular y un 25% de las respuestas valoran como bueno el componente pedagógico del kit.

En términos generales, se puede afirmar que el componente pedagógico del kit modular es bastante aceptable para los cinco estudiantes de educación media.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “Después de realizar las prácticas propuestas con el kit modular, ¿tendrías a la ingeniería electrónica, entre tus opciones de carrera profesional a elegir?” se presenta en la siguiente tabla y gráfica:

Después de realizar las prácticas propuestas con el kit modular, ¿tendrías a la ingeniería electrónica, entre tus opciones de carrera profesional a elegir?		
Respuesta	Número de Estudiantes	Porcentaje
Si	3	60%
No	2	40%
Total	5	100%

*Tabla 11. Impacto del kit modular en las opciones de educación superior en los estudiantes.
Fuente: Autoras.*



*Gráfica 4. Representación porcentual del impacto del kit modular en las opciones de educación superior en los estudiantes.
Fuente: Autoras.*

La gráfica anterior muestra que el 60% de los estudiantes quienes asistieron al taller tendrían a la ingeniería electrónica, entre sus opciones de carrera profesional a elegir, y el 40% restante no. Esta información permite identificar que la experiencia con el kit modular, impacto e incentivo el interés por la ingeniería electrónica en un 60% de los estudiantes quienes participaron en el taller, como se puede verificar en los argumentos entregados por los estudiantes que aparecen la siguiente figura.

De acuerdo con tu respuesta a la pregunta anterior, por favor indica el por qué de tu respuesta.

5 respuestas

- Porque haci podemos llegar a hacer cosas las cuales le pueden aportar a alguien en el futuro
- me encantaron estas practicas, pero mi estilo nos es la programación, me empeño mas por otro lado.
- Porque me parece interesante programar y a lo que se puede llegar con ello
- Si, porque me intereso todo lo que vi en este taller, puede que tenga en cuenta la carrera para mi futuro
- podría estudiar un poco de ingeniería electrónica, pero tengo otras metas en mente

Figura 79. Argumentos de la respuesta sobre Impacto del kit modular en las opciones de educación superior en los estudiantes.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “Consideras que las competencias y conocimientos adquiridos durante esta experiencia usando el kit modular, despiertan en ti un gusto por la robótica o la ingeniería electrónica” se presenta en la siguiente tabla y figura:

Consideras que las competencias y conocimientos adquiridos durante esta experiencia usando el kit modular, despiertan en ti un gusto por la robótica o la ingeniería electrónica.	
Respuesta	Número de Estudiantes
Si	5
No	0
Total	5

Tabla 12. Impacto del kit modular en el gusto de la robótica y la ingeniería electrónica en los estudiantes.
Fuente: Autoras.

De acuerdo con tu respuesta a la pregunta anterior, por favor indica el por qué de tu respuesta.

5 respuestas

- porque aporito en mi curiosidad para aplicarlo cambiando algo en este mundo haciendo haci un mundo mejor
- puede que no me llame la intención como carrera profesional, pero es muy satisfactorio realizar este tipo de actividades, incremento mi conocimiento, a demas aprender cosas nuevas no esta nada mal.
- Si porque conozco cosas que antes no conocía y diferentes maneras en las que puedo implementar a mi vida
- Si, sinceramente solo había visto como programaban en las películas y me parece curioso todo el proceso me llama la atención como todo el proceso que vimos e hicimos para ver un resultado super chévere.
- porque es interesante y divertido

Figura 80. Argumentos de la respuesta sobre Impacto kit modular en el gusto de la robótica y la ingeniería electrónica en los estudiantes.
Fuente: Autoras.

Las respuestas y los argumentos presentados en la table y figuras anteriores, permiten evidenciar que en el 100% de los estudiantes se despertó un gusto por la robótica o la ingeniería electrónica al vivenciar la experiencia con el kit modular. Los argumentos presentados para la respuesta permiten vislumbrar posibilidades de que los estudiantes continúen alimentando este interés.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “¿Consideras que las prácticas realizadas y el aprendizaje adquirido con el kit modular son una metodología innovadora para ti?” se presenta en la siguiente tabla:

¿Consideras que las prácticas realizadas y el aprendizaje adquirido con el kit modular son una metodología innovadora para ti?	
Respuesta	Número de Estudiantes
Si	5
No	0
Total	5

*Tabla 13. La metodología del kit modular es innovadora para los estudiantes.
Fuente: Autoras.*

La tabla anterior, da evidencia de que para el 100% de los estudiantes, la metodología de aprendizaje usada por el kit modular es innovadora.

La información que entrega la respuesta a la pregunta “¿Te gustaría seguir viviendo este tipo de prácticas en tu vida académica (escolar y universitaria)?” se presenta en la siguiente tabla:

¿Te gustaría seguir viviendo este tipo de prácticas en tu vida académica (escolar y universitaria)?	
Respuesta	Número de Estudiantes
Si	5
No	0
Total	5

*Tabla 14. Gusto por la experiencia metodológica del kit modular.
Fuente: Autoras.*

En tabla anterior se evidencia que al 100% de los estudiantes, les gustaría seguir realizando prácticas similares a las realizadas con el kit modular. Esto es una respuesta contundentemente positiva para la evaluación el impacto educativo del kit. Pudo haber creado en los estudiantes un incentivo para que en el futuro de su vida académica pidan este tipo de actividades.

La información que entrega las respuestas a la pregunta “Evaluación de Competencias” se presenta en la siguiente tabla:

Evaluación de Competencias.			
Práctica	Si	No	Total
Concepto de Algoritmo.	4	1	5
Diagramas de flujo.	5	0	5
Concepto básico de programación.	5	0	5
Estructura de control básica en programación	5	0	5
Concepto sobre robot móvil.	5	0	5
Concepto sobre sensor.	5	0	5
Morfología de un robot móvil.	5	0	5

*Tabla 15. Temas adquiridos por el estudiante a partir del uso del kit modular.
Fuente: Autoras.*

La tabla anterior muestra las respuestas de la valoración positiva o negativa de siete temas vistos y los conocimientos adquiridos con el uso del kit modular.

Se observa que, de los siete temas, solo para el primero “Concepto de Algoritmo”, un solo estudiante expresa no haber adquirido el concepto, es decir que el 20% de los estudiantes no adquirió el concepto de algoritmo, y el 80% si lo hizo. Para los seis temas restantes los cinco estudiantes, manifiestan haber adquirido el 100% del conocimiento al usar el kit modular.

En términos generales, se puede afirmar que el componente pedagógico del kit modular es bastante didáctico para los cinco estudiantes de educación media.

10 CONCLUSIONES

El propósito de este trabajo fue cumplido: diseñar y construir un kit modular para dar soporte y fomentar el desarrollo de prácticas de educación media bajo el uso de guías de laboratorio en aplicaciones de robótica móvil, a partir de circuitos electrónicos específicos y piezas diseñadas asistidos por computadora. Su realización, permitió evidenciar una de las premisas fundamentales que motivo su planteamiento, efectivamente, hay valor pedagógico para los estudiantes, al tener acceso a prácticas educativas directas, con los posibles objetos de conocimiento, en las cuales la interacción vivencial despierta el interés por la adquisición de conocimiento sobre las temáticas abordadas en ellas.

El diseño e implementación de los circuitos para el funcionamiento electromecánico del kit modular, con circuitos específicos, cumple las especificaciones propuestas para cada practica a realizar con el kit modular. Entre ellas, los aspectos pedagógicos para tener en cuenta, como lo son, un fácil acercamiento al lenguaje técnico, sencilla manipulación de los componentes, hasta llegar el estudiante a poner en operación el robot.

Con este mismo criterio, las placas que contienen los circuitos diseñados cumplen con los criterios de protección para el estudiante, evitando los cortos circuitos, el sobrecalentamiento de los circuitos integrados (IC), el ruido en las señales o descargas electroestáticas sobre los módulos al ser manipulados.

Igualmente, las placas que contienen los circuitos diseñados cumplen con los complementos visuales necesarios, que son las demarcaciones de los pines para señalar su funcionalidad, facilitar las conexiones entre el Módulo Principal y los Módulos externos, como también las perforaciones para ensamblar de forma correcta y estable los módulos en la estructura del robot.

También, en las placas que contienen los circuitos diseñados, en cuanto a la protección tanto del estudiante como de la placa, se implementaron diodos de protección en los pines de alimentación, acompañados de conectores GP, los cuales evitan los cortos circuitos que podrían ser ocasionados en la manipulación, por parte del estudiante, al conectar en polarización inversa los conectores.

El diseño y construcción de las piezas de ensamble del kit modular, con impresión en 3D a partir de diseños CAD, se realizó cumpliendo la característica propia del kit: ser modular. Es decir, las piezas se concibieron para mostrar que un robot es un sistema conformado por la unión de diversas partes que interactúan entre sí. Ellas fueron diseñadas para ser unidas entre sí, para permitir la fácil identificación de la interacción entre ellas, con una sencilla manipulación, para ir armando el robot como un todo, hasta llegar a vivenciar su operación como sistema.

De igual manera, el diseño y construcción de las piezas de ensamble del kit modular, con impresión en 3D a partir de diseños CAD, permite que el estudiante se aproxime de manera muy fácil y didáctica a los conceptos de estabilidad, movilidad y direccionamiento, los cuales son fundamentales para el diseño de un robot móvil. Igualmente, muestran al

estudiante que el diseño de la estructura de un robot móvil tiene posibilidades abiertas, le despierta y enriquece su imaginación al manipularlas, como sucedió en la actividad realizada con ellos.

La elaboración de las guías de prácticas de laboratorio que se utilizan en el kit modular, para instruir estudiantes de educación media en robótica móvil básica, se plasmó en unas guías, cuya redacción atiende de la mejor manera posible, el aspecto pedagógico fundamental: Que estén escritas en un lenguaje sencillo, que permita un fácil acercamiento al lenguaje técnico, a la interacción y además sea interesante para el estudiante.

Esta elaboración evidenció que no es un trabajo sencillo de realizar, el presentar para estudiantes de educación media, los temas técnicos de fundamentos en: morfología de robótica móvil, de electrónica y de programación. Pues son temáticas que además de ser complejas, pueden tornarse agotadoras en la parte descriptiva, y no es fácil lograr que el lenguaje, cuide la interacción y sea interesante o llamativo para el estudiante. Pero también es importante destacar la complacencia vivida respecto a lo pedagógico de las guías, durante la actividad realizada, cuando los estudiantes las leían y respondían positivamente respecto a su comprensión e interés por la adquisición de conocimiento sobre las temáticas presentadas.

La evaluación del impacto educativo del desarrollo de las guías prácticas sobre robótica móvil en la educación media, por medio de encuestas, fue realizada y el resultado obtenido, suministro para las autoras del proyecto, un momento muy gratificante, pues evidenció que los estudiantes, después del taller, consideraron que había sido una actividad novedosa e interesante; que les aportó en el conocimiento desde construir un hardware hasta la realización del software para finalmente poner en funcionamiento el robot; y, que tendrán en cuenta la ingeniería electrónica como una opción en la elección de su carrera profesional. No se puede dejar de mencionar que la evaluación del impacto educativo resalta un notable interés por seguir viviendo este tipo de talleres, por parte de los estudiantes de educación media quienes participaron en el taller.

11 FUTUROS TRABAJOS

Precisando que con los resultados de este proyecto, no se tiene la intención de llegar a generalizar sobre toda la realidad educativa, si podemos afirmar, que los resultados de este proyecto, el cual está orientado hacia los estudiantes de educación media, con el propósito de que puedan tener un acercamiento a la ingeniería electrónica, que los incentive a formarse en esta disciplina, hacen que surjan muchas ideas sobre su uso en el propio campo formativo de la ingeniería electrónica, ideas para futuros trabajos sobre las posibilidades de mejora de este kit, así, como nuevas propuestas de desarrollo de herramientas educativas similares a esta, todas pendientes de explorar para todos niveles educativos.

Entre estas posibilidades, presentamos, en especial, a la Universidad Santo Tomás, nuestro claustro, las siguientes relacionadas específicamente con nuestra disciplina, la ingeniería electrónica:

En cuanto a posibilidades de uso, tenemos dos consideraciones:

Una, que pueda ser utilizado por los estudiantes de primer semestre de ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomás.

Y dos, como proyección social de la Universidad Santo Tomas, creando convenios con instituciones educativas, que impartan educación media, para realizar anualmente esta práctica con las diferentes cohortes de estudiantes que estén en este nivel, con el propósito de promover la formación en ingeniería electrónica en ellos. Indudablemente, sería condición necesaria, fabricar más kits modulares, en razón a que ya la población objeto es más amplia por aula, la cantidad estaría alrededor de 6 kits, toda vez que la normatividad del Ministerio indica que pueden estar hasta 35 alumnos por aula, y nosotros donamos nuestro proyecto.

Respecto a mejoras del kit, sin cambios físicos del robot móvil, el proyecto puede ser susceptible a:

Diseñar nuevas guías teóricas y prácticas en las cuales, se haga uso del chip Wifi que viene incorporado en la placa NodeMCU, orientadas, hacia el acercamiento al conocimiento de la comunicación con protocolo TCP/IP y la transmisión inalámbrica de datos. En consecuencia, ampliar las funcionalidades del aplicativo de escritorio, con las nuevas prácticas y mejorar los formatos GUI de visualización para el estudiante, mejorando su amigabilidad.

Diseñar un aplicativo móvil y su respectiva guía teórica y práctica, con el fin de contar con un acercamiento a los temas de control de velocidad y movimiento en los motorreductores, en tiempo real.

Respecto a mejoras del kit, con cambios físicos del robot móvil, el proyecto puede ser susceptible a:

Agregar un panel solar al robot móvil para alimentar el kit a cambio de la batería portátil que lo alimenta, con el fin de acercar al conocimiento de las fuentes de energía renovables y sus bondades en aplicaciones cotidianas. En consecuencia, diseñar su guía teórica y práctica, a la par realizar la modificación correspondiente en el aplicativo de escritorio.

Incluir nuevos sensores, como, por ejemplo, un sensor de color que permita detectar un objeto, que identifique la luz que irradia, que por medio de LEDs indique el color específico que tiene el objeto y ejecute diferentes funciones, cómo frenar o arrancar como sucede con un semáforo. En consecuencia, diseñar su guía teórica y práctica, a la par realizar la modificación correspondiente en el aplicativo de escritorio.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. Sánchez, A. M. Reyes, D. Ortiz y F. Olarte, «El rol de la infraestructura tecnológica en relación con la brecha digital y la alfabetización digital en 100 instituciones educativas de Colombia,» *Calidad en Educación*, pp. 112-144, 2017.
- [2] Semana, «¿Y dónde están los ingenieros?,» 15 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.semana.com/tecnologia/articulo/y-donde-estan-los-ingenieros/402945-3>.
- [3] El Tiempo, «Ingenieros en Colombia, de la mano con el progreso.,» 29 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/ingenieros-en-colombia-de-la-mano-con-el-progreso-211366>.
- [4] S. G. MATIAS, «¿Están preparadas las aulas para las nuevas tecnologías?,» El tiempo, 22 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/estudios-dan-un-balance-sobre-las-nuevas-tecnologias-en-las-aulas-246220>.
- [5] LEGO, «LEGO Education,» 27 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://education.lego.com/en-us>.
- [6] L. Pajuelo, «Programar con Acer CloudProfessor,» EDUCACIÓN 3.0, 12 Maro 2018. [En línea]. Available: <http://home.cloud.acer.com/cpf-edu/tw/view/about.php?lan=en..>
- [7] J. A. Jiménez Builes, J. F. Ramírez Patiño y J. J. González España, «Sistema modular de robotica colaborativa aplicado en educación,» *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 2011.
- [8] A. G. Hernández, «Implementación de módulos didácticos para sistemas electrónicos de potencia,» *Educacion en Ingeniería vol.11*, pp. 9-13, 2016.
- [9] ECCI, «Robótica EV3 para niños y jóvenes,» 27 Febrero 2019. [En línea]. Available: https://www.ecci.edu.co/es/Bogota/robotica-ev3-para-ninos-y-jovenes-1523?language_content_entity=es.
- [10] Pontificia Universidad Javeriana, «Educación robótica para niños y jóvenes,» 28 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.javeriana.edu.co/educon/robotica-para-ninos-y-jovenes..>
- [11] Steren, «Kits educativos,» 1 Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://www.steren.com.co/catalogsearch/result/?q=kit>.
- [12] J. P. P. y M. Merino, «Definición,» 2010. [En línea]. Available: <https://definicion.de/robotica/>.
- [13] Victor Ricardo Barrientos Sotelo, J. R. Garcia Sánchez y D. R. Silva Otigoza, «Robots Móviles: Evolución y Estado del Arte,» *Polibits*, p. 14, 2007.
- [14] I. Bambino, *Una Introduccción a los robots móviles*, 2008, p. 16.
- [15] L. I. G. Calandín, «Modelado Cinemático y Control de Robots Móviles con Ruedas,» [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1840/tesisUPV2519.pdf>. [Último acceso: 2021].

- [16] A. B. Azcon, «Análisis y Diseño del Control de Posición de un Robot Móvil con tracción Diferencial,» 06 2003. [En línea]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/333pub.pdf>.
- [17] R. P. Areny, Sensores y Acondicionadores de señal 4 edición, Barcelona(España): Marcombo Boixareu Editores, 2003.
- [18] L. G. Corona Ramírez, G. S. Abarca Jiménez y J. Carreño Mares, Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino, Azcapotzalco, México D.F.: Grupo Editorial Patria S.A., 2014.
- [19] R. Concepción, «rjconcepcion,» 19 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.rjconcepcion.com/podcast/tarjetas-de-desarrollo-episodio-8/>. [Último acceso: 2021].
- [20] nodemcu, «github,» 01 02 2021. [En línea]. Available: <https://github.com/nodemcu/nodemcu-firmware>. [Último acceso: 11 04 2021].
- [21] NodeMCU Pinout Reference, «teachmemicro,» [En línea]. Available: <https://www.teachmemicro.com/nodemcu-pinout/>. [Último acceso: 11 04 2021].
- [22] Espressif, «ESP8266 DataSheet,» 2020.
- [23] Arduino IDE, «Arduino,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/software>.
- [24] Microsoft, «Visual Studio,» [En línea]. Available: <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/community/>. [Último acceso: 20 04 2021].
- [25] Microsoft, «Windows Forms Documentation,» [En línea]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/winforms/?view=netdesktop-5.0>. [Último acceso: 20 04 2021].
- [26] G. J. S. J. S. Harold Abelson, Structure and Interpretation of Computer Programs, MIT Press, 1979.
- [27] L. J. Aguilar, Fundamentos generales de programación, McGraw-Hill, 2013 .
- [28] J. J. E. A. L. Jiménez, Fundamentos de Programación - Diagramas de flujo, Diagramas N-S, Pseudocódigo y Java, Alfaomega, 2014.
- [29] C. E. L. R. L. R. C. S. Thomas H. Cormen, Introduction to Algorithms, The MIT Press, 1989.
- [30] Jansen, BJ, «La interfaz gráfica de usuario: una introducción,» *Boletín SIGCHI*, vol. 30, nº 2, pp. 22-26, 1998.
- [31] J. Torres, «Diseño asistido por ordenador,» [En línea]. Available: <https://lsi2.ugr.es/~cad/teoria/Tema1/RESUMENTEMA1.PDF>.
- [32] On Semiconductor, «Alldatasheet,» [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/641779/ONSEMI/1N4004/215/1/1N4004.html>. [Último acceso: 19 05 2021].
- [33] D. Marrakchi, «Top 5 de recomendaciones de diseño de PCB que todo diseñador debe conocer,» Altium, 21 02 2017. [En línea]. Available: <https://resources.altium.com/es/p/top-5-pcb-design-guidelines-every-pcb-designer-needs-know>. [Último acceso: 20 05 2021].
- [34] «EasyEDA,» [En línea]. Available: <https://docs.easyeda.com/en/FAQ/Editor/index.html>. [Último acceso: 20 05 2021].

- [35] Farnell, «Farnell,» [En línea]. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/1776830.pdf>. [Último acceso: 19 05 2021].
- [36] Everlight, «Adafruit,» [En línea]. Available: https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/IR333_A_datasheet.pdf. [Último acceso: 21 05 2021].
- [37] Sangdest Microelectronics, «Alldatasheet,» [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/644362/SMC/1N4001/112/2/1N4001.html>. [Último acceso: 21 05 2021].
- [38] FAIRCHILD, «Alldatasheet,» [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/53577/FAIRCHILD/LM311N/405/1/LM311N.html>. [Último acceso: 2021 05 21].
- [39] A. Sedra, K. C. Smith y T. C. Carusone, Circuitos Microelectronicos, McGraw Hill, 2006.
- [40] C. T. Sdn, «electronicoscaldas,» Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/HC-SR04.pdf>. [Último acceso: 2021].
- [41] M. G. d. R. B.-C. M. M. R. L.-R. Mg. Pedro J. Saldarriaga-Zambrano, «La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea,» *Dominio de la ciencia*, vol. 2, nº 3, 2016.
- [42] G. d. I. M. d. I. C. B. Ignacio García Hernández, «Las guías didácticas: recursos necesarios para el aprendizaje autónomo,» *EDUMECENTRO*, vol. 6, nº 3, 2014.
- [43] L. Caballero-Martínez, «El camino del éxito de las encuestas y entrevistas,» *Documentos de docencia*, nº 30, p. 13, 2017.
- [44] C. y. C. N. Hernández, «Introducción a los tipos de muestreo,» *Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de Salud*, vol. 2, nº 1, pp. 75-79, 2019.
- [45] R. F.-C. C. & B.-L. P. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Metodología de la investigación, Mexico: McGRAW-HILL, 2014.
- [46] Monoke Technology, «¿Por qué es necesaria la prueba de PCB?,» [En línea]. Available: <https://www.mokotechnology.com/es/pcb-testing/>. [Último acceso: 2021 06 09].
- [47] «Espressif,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp8266>. [Último acceso: 11 04 2021].
- [48] «Last Minute Engineers,» 03 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://lastminuteengineers.com/esp8266-nodemcu-arduino-tutorial/>.
- [49] L. I. G. Calandín, *Modelado Cinemático y Control de Robots Móviles con Ruedas*, p. 42.
- [50] G. Crowell, «CircuitBread,» [En línea]. Available: <https://www.circuitbread.com/ee-faq/the-forward-voltages-of-different-leds>. [Último acceso: 19 05 2021].
- [51] Fairchild Semiconductors, «Alldatasheet,» [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/105702/FAIRCHILD/LM7805/11287/23/LM7805.html>. [Último acceso: 24 05 2021].

13 ANEXOS

Anexo 1. SIMULACIONES DISEÑO DE CIRCUITOS

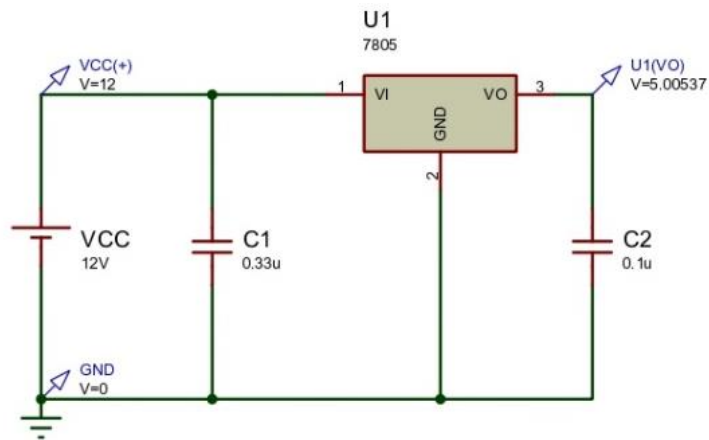


Figura 81. Simulación circuito regulador.
Fuente: Autoras.

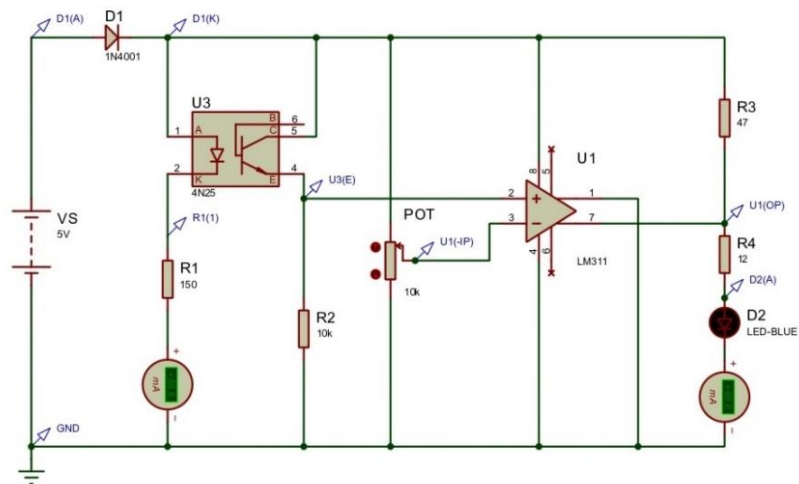


Figura 82. Simulación circuito de Módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

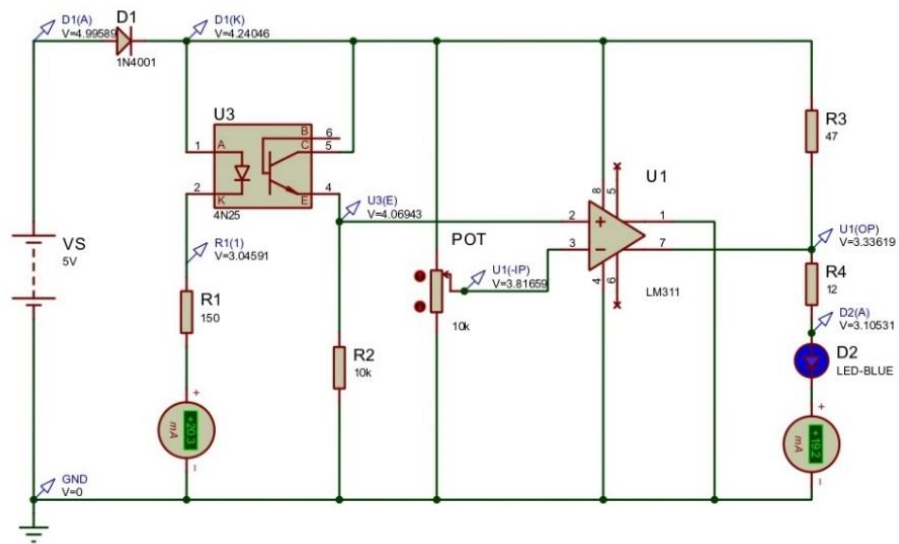


Figura 83. Simulación estado de detección objeto (ON) del Módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

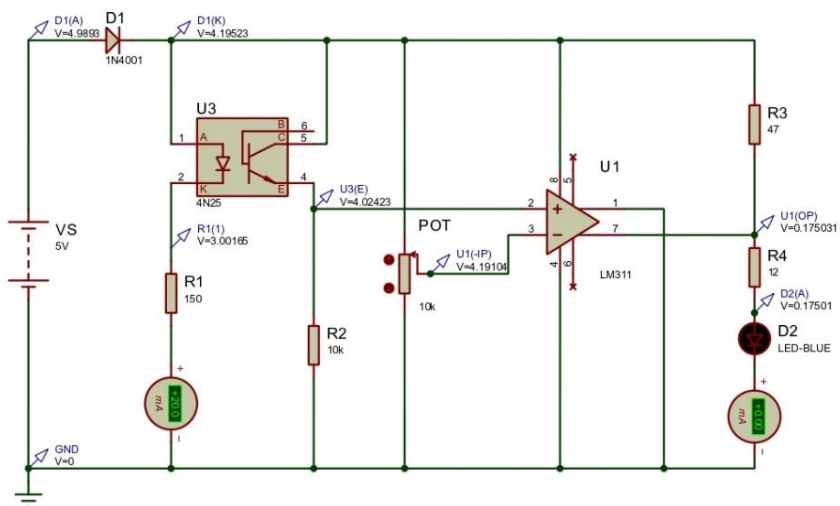
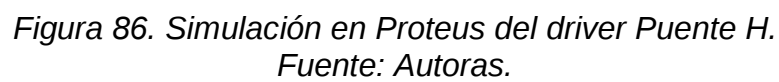
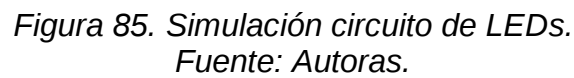
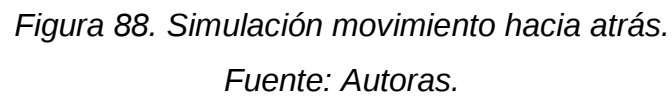
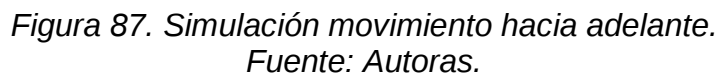


Figura 84. Simulación estado de no detección de objeto (OFF) del Módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.





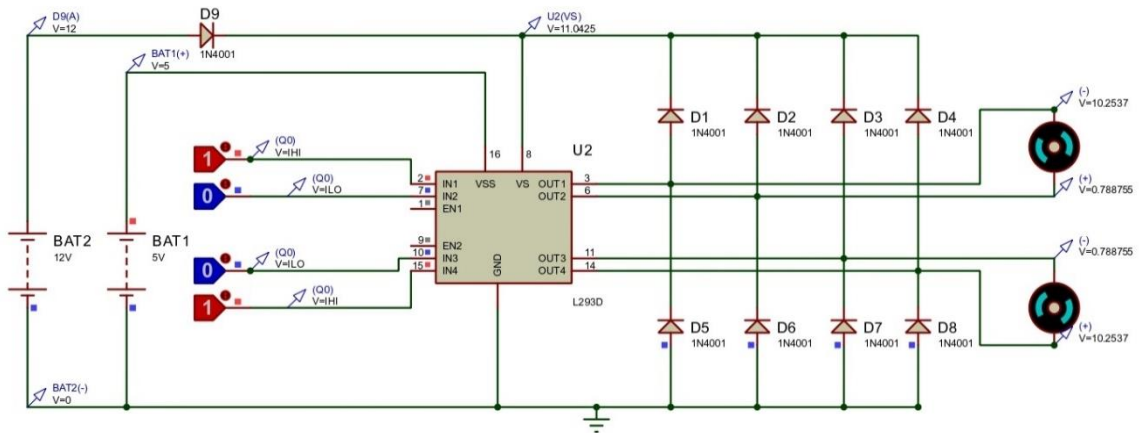


Figura 89. Simulación movimiento hacia la derecha.
Fuente: Autoras.

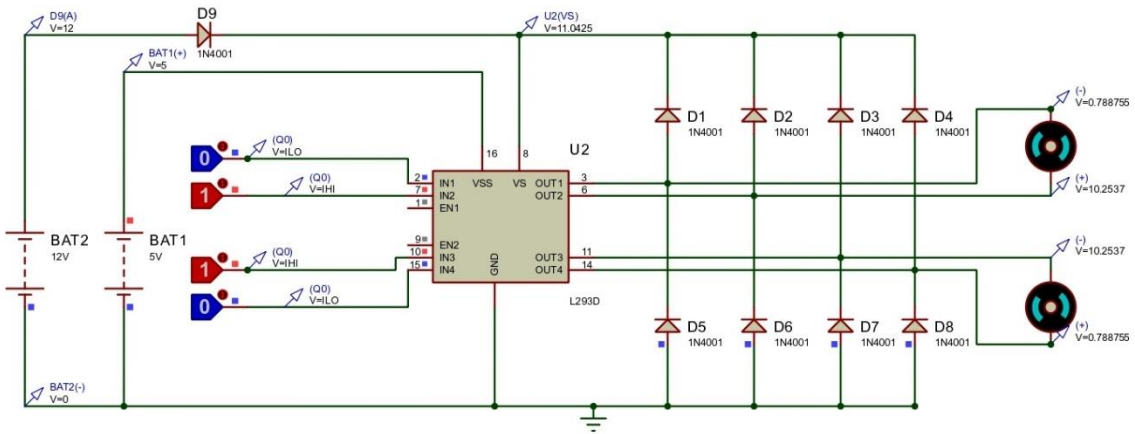


Figura 90. Simulación movimiento hacia la izquierda.
Fuente: Autoras.

Anexo 2. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO INFRARROJO

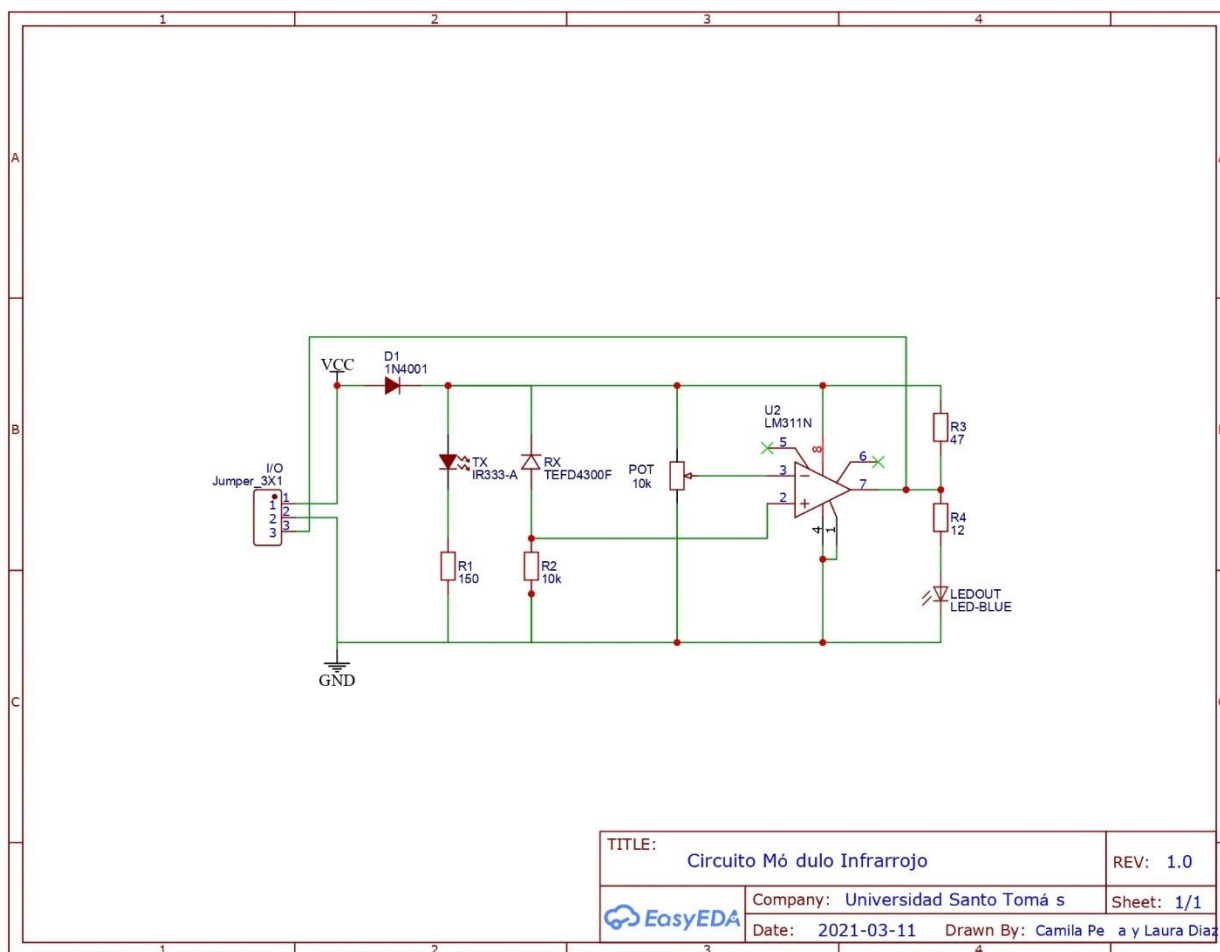


Figura 91. Diseño circuito módulo infrarrojo.
Fuente: Autoras.

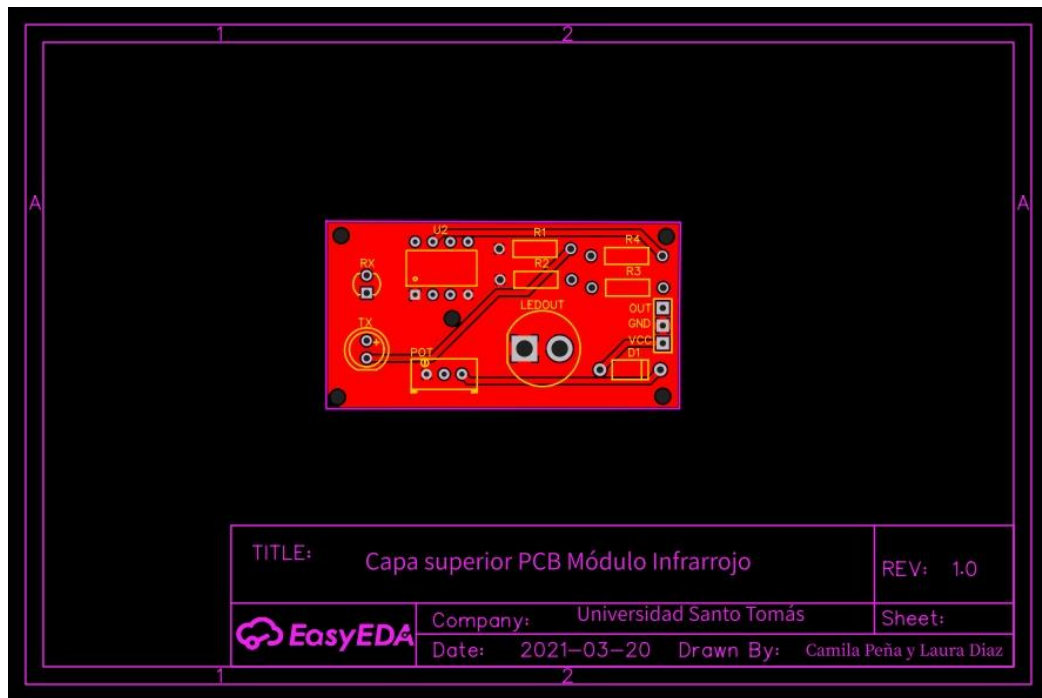


Figura 92. Diseño capa superior PCB módulo infrarrojo.

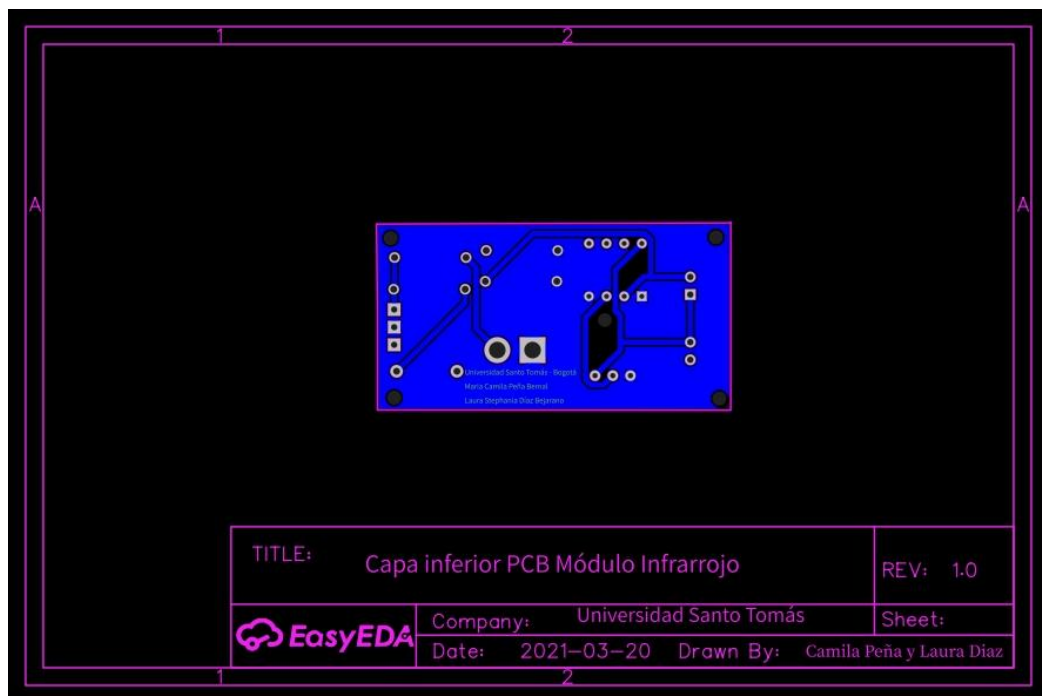


Figura 93. Diseño capa inferior PCB módulo infrarrojo.

Anexo 3. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO LEDS

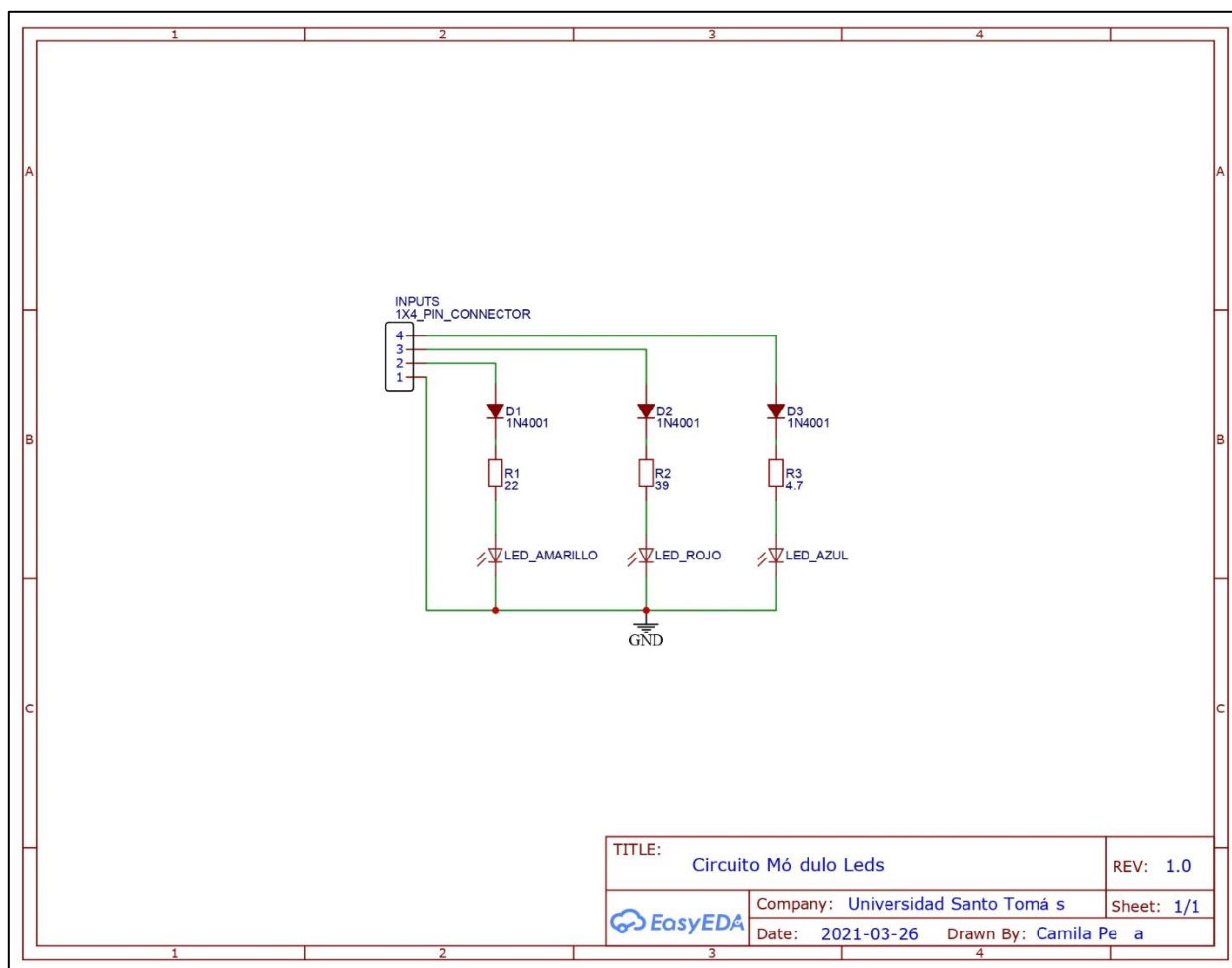


Figura 94. Diseño circuito módulo LEDs.
Fuente: Autoras.

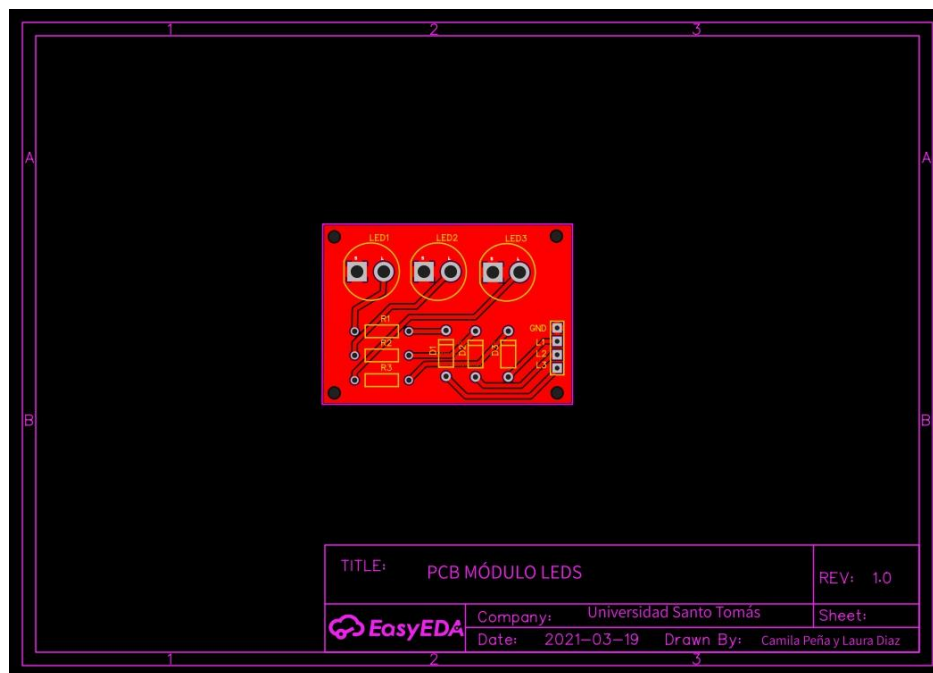


Figura 95. Diseño capa superior PCB módulo Leds.
Fuente: Autoras.



Figura 96. Diseño capa inferior PCB módulo Leds.
Fuente: Autoras.

Anexo 4. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO DRIVER PUENTE-H

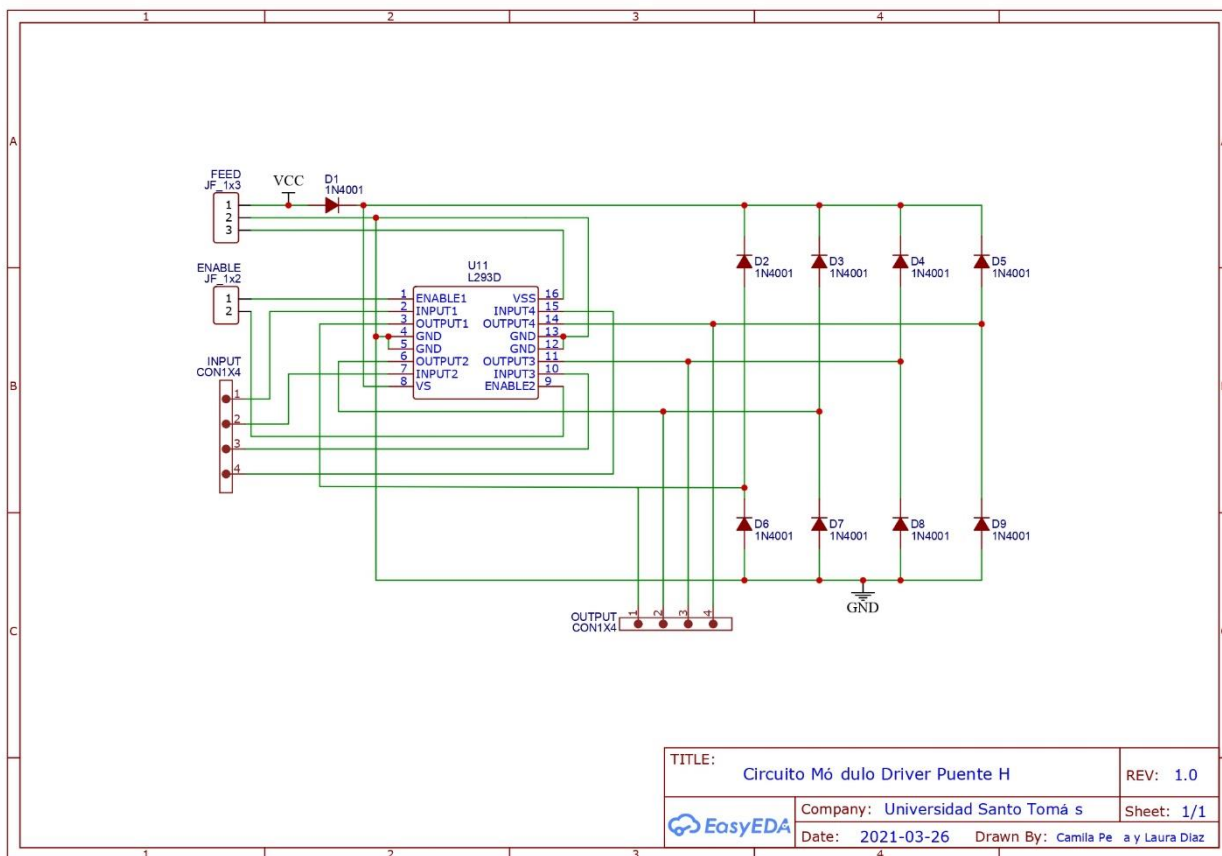


Figura 97. Diseño circuito módulo Driver Puente H.
Fuente: Autoras.

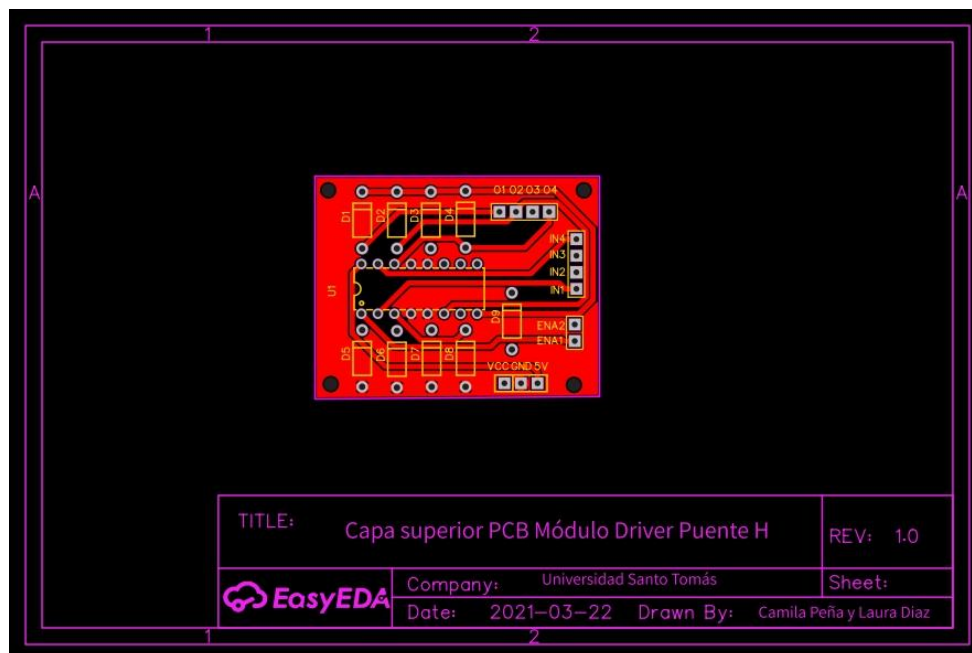


Figura 98. Diseño capa superior PCB módulo Driver Puente H.
Fuente: Autoras.

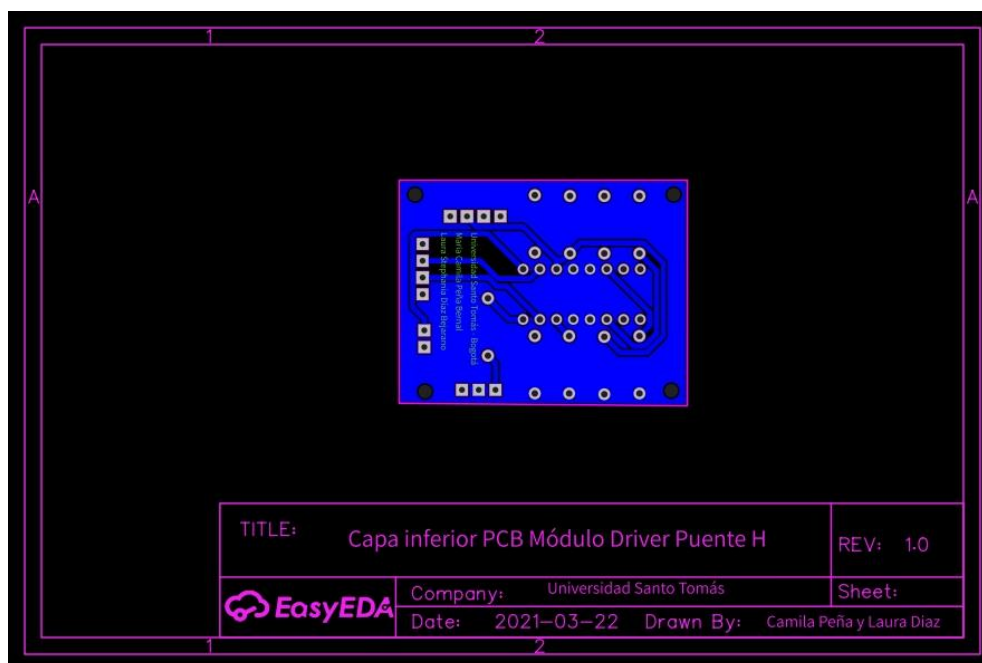


Figura 99. Diseño capa inferior PCB módulo Driver Puente H.
Fuente: Autoras.

Anexo 5. PLANO DISEÑO CIRCUITO Y PCB MÓDULO PRINCIPAL

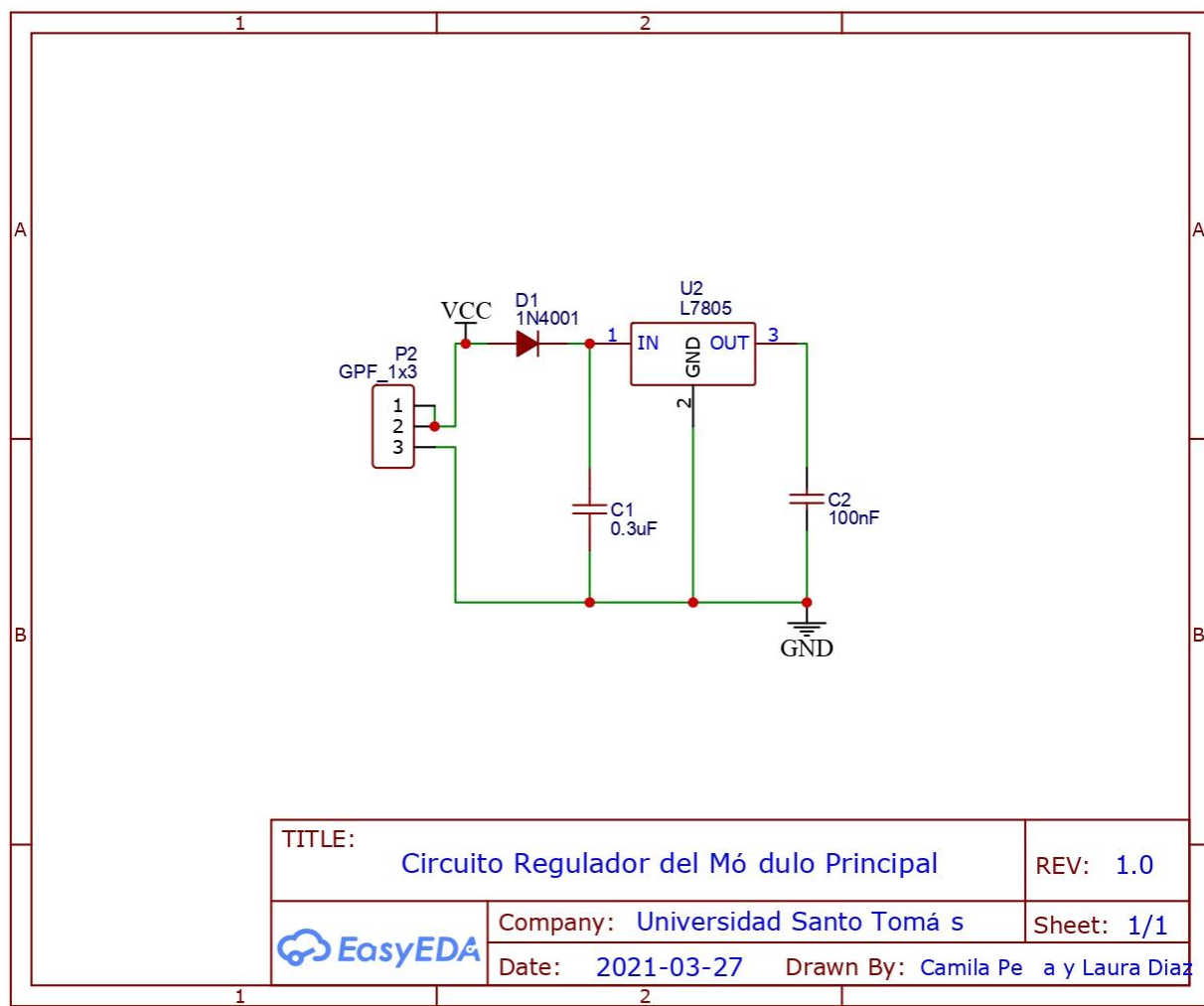


Figura 100. Diseño circuito Regulador del módulo Principal.
Fuente: Autoras.

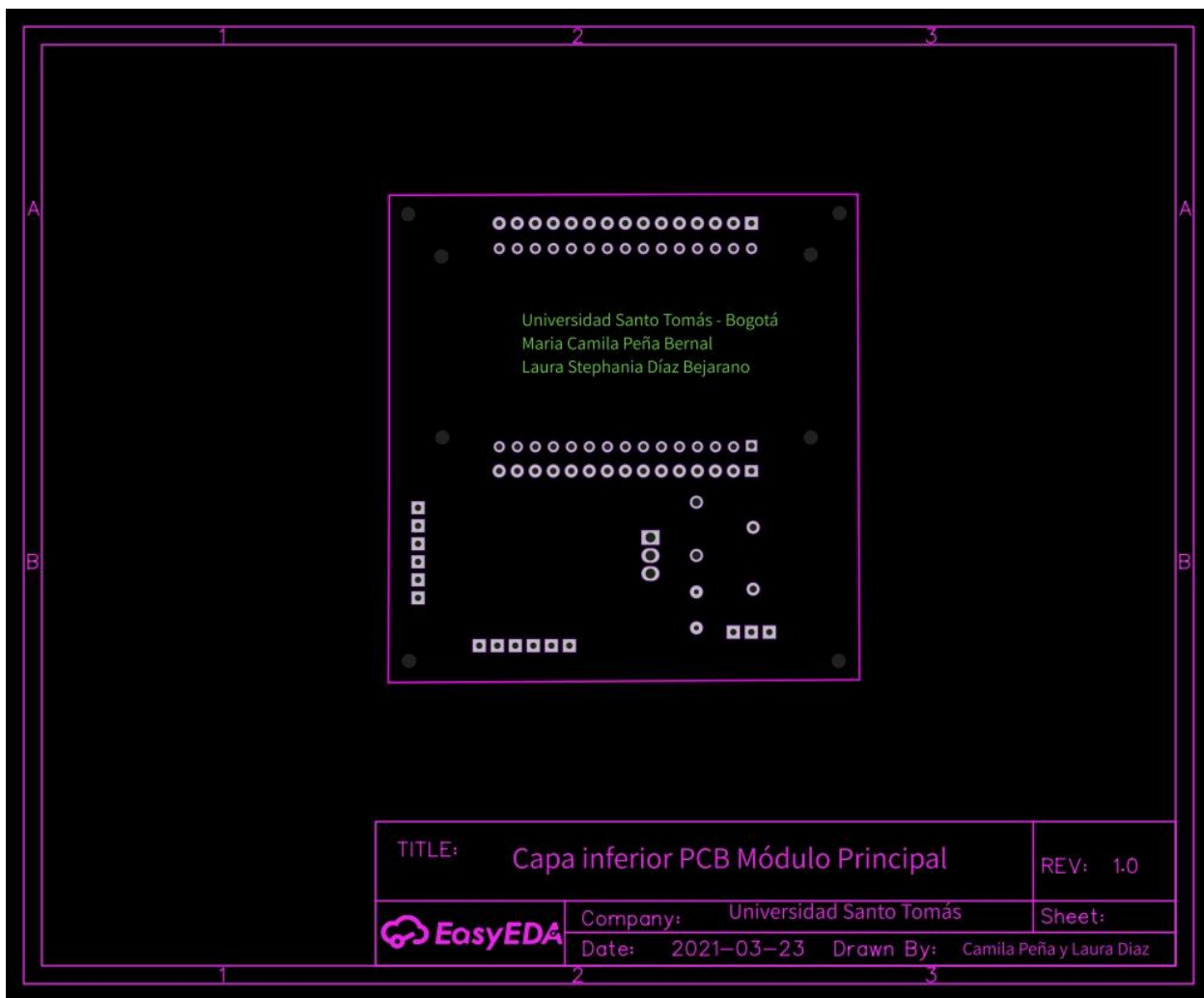


Figura 102. Diseño capa inferior PCB módulo Principal.
Fuente: Autoras.

Anexo 6. PLANO DISEÑO BASE INFERIOR BASE 1

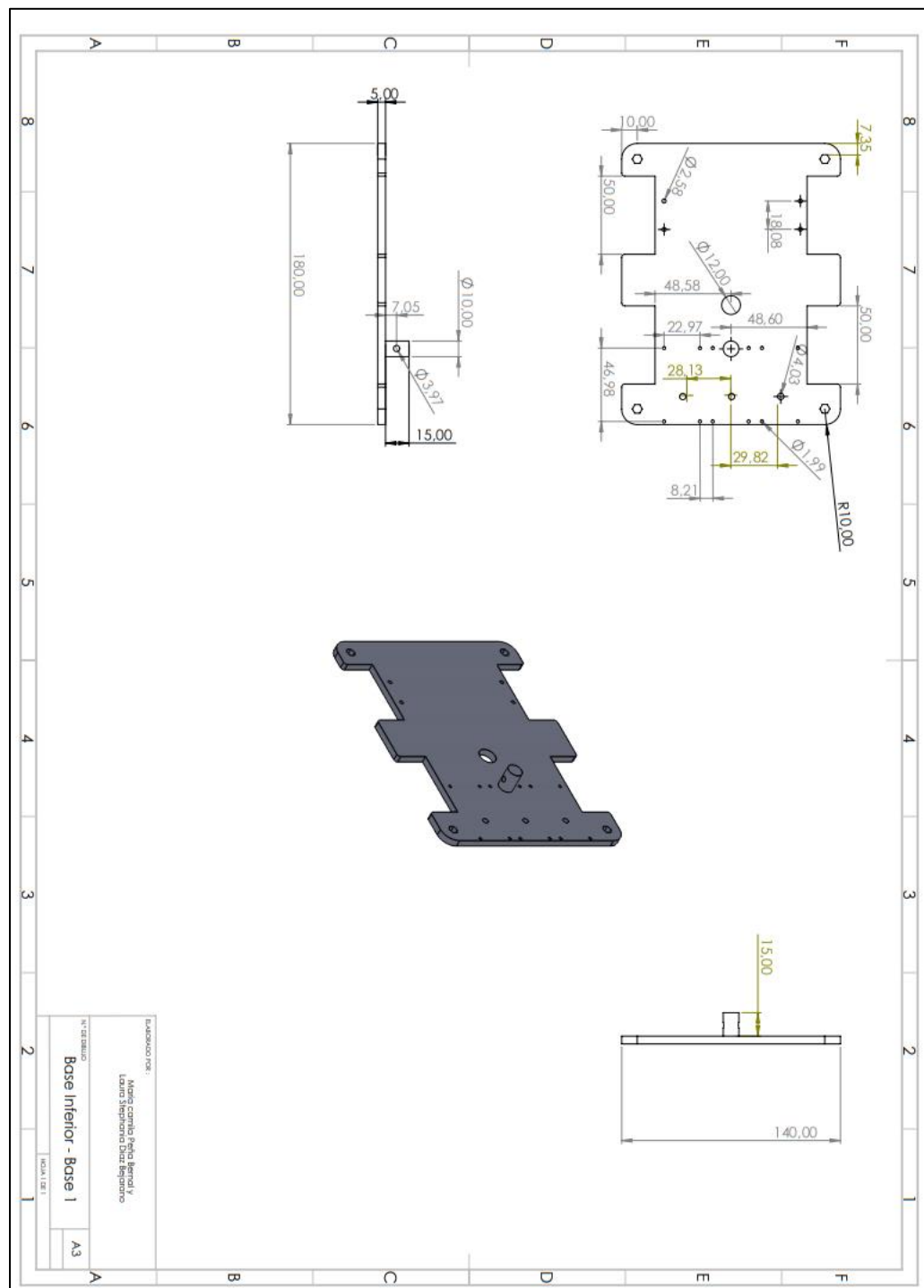


Figura 103. Plano base inferior – Base 1

Fuente: Autoras.

Anexo 7. PLANO DISEÑO BASE INTERMEDIA BASE 2.

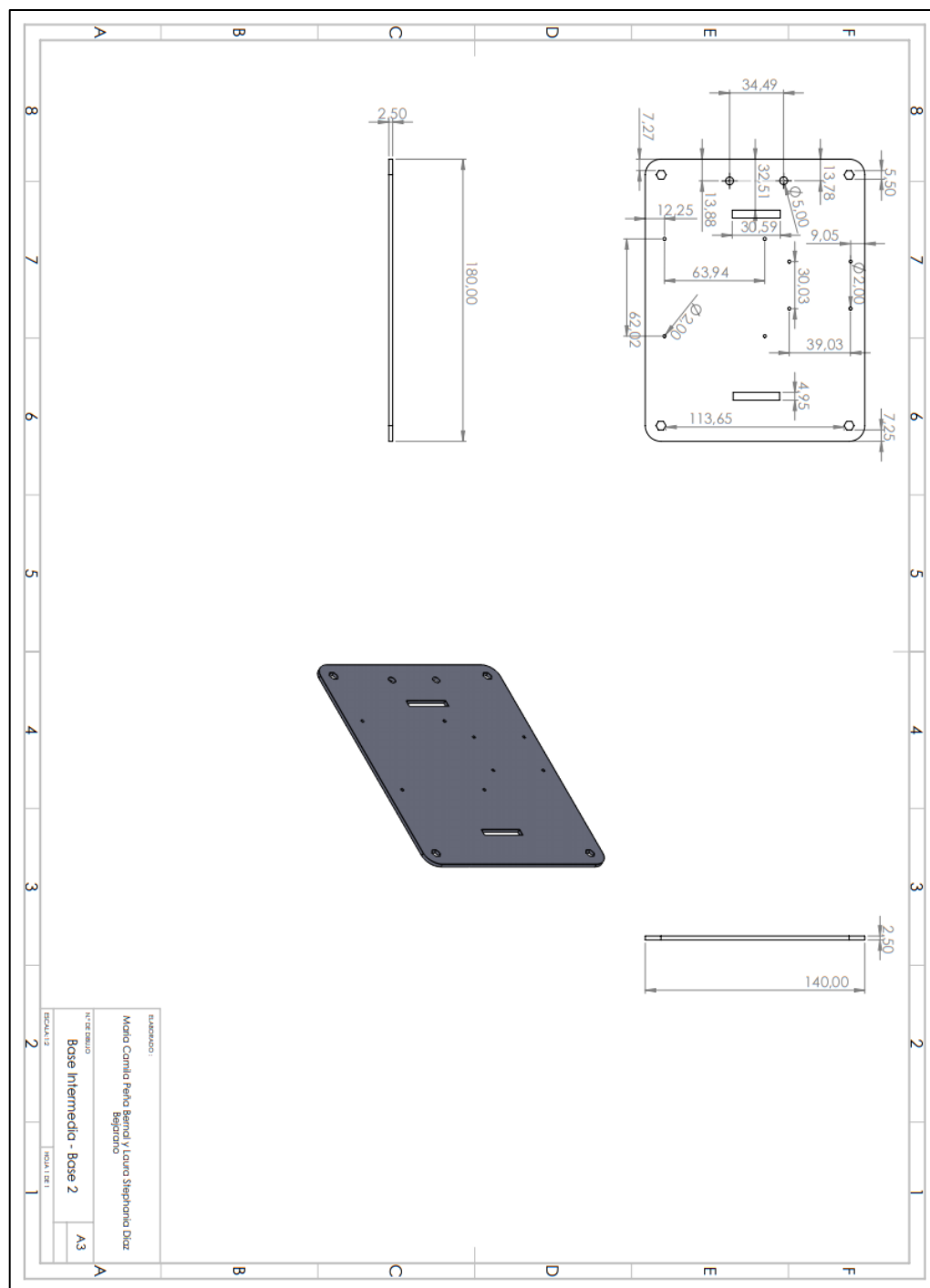


Figura 104. Plano base intermedia – Base 2.

Fuente: Autoras.

Anexo 8. PLANO DISEÑO BASE SUPERIOR BASE 3.

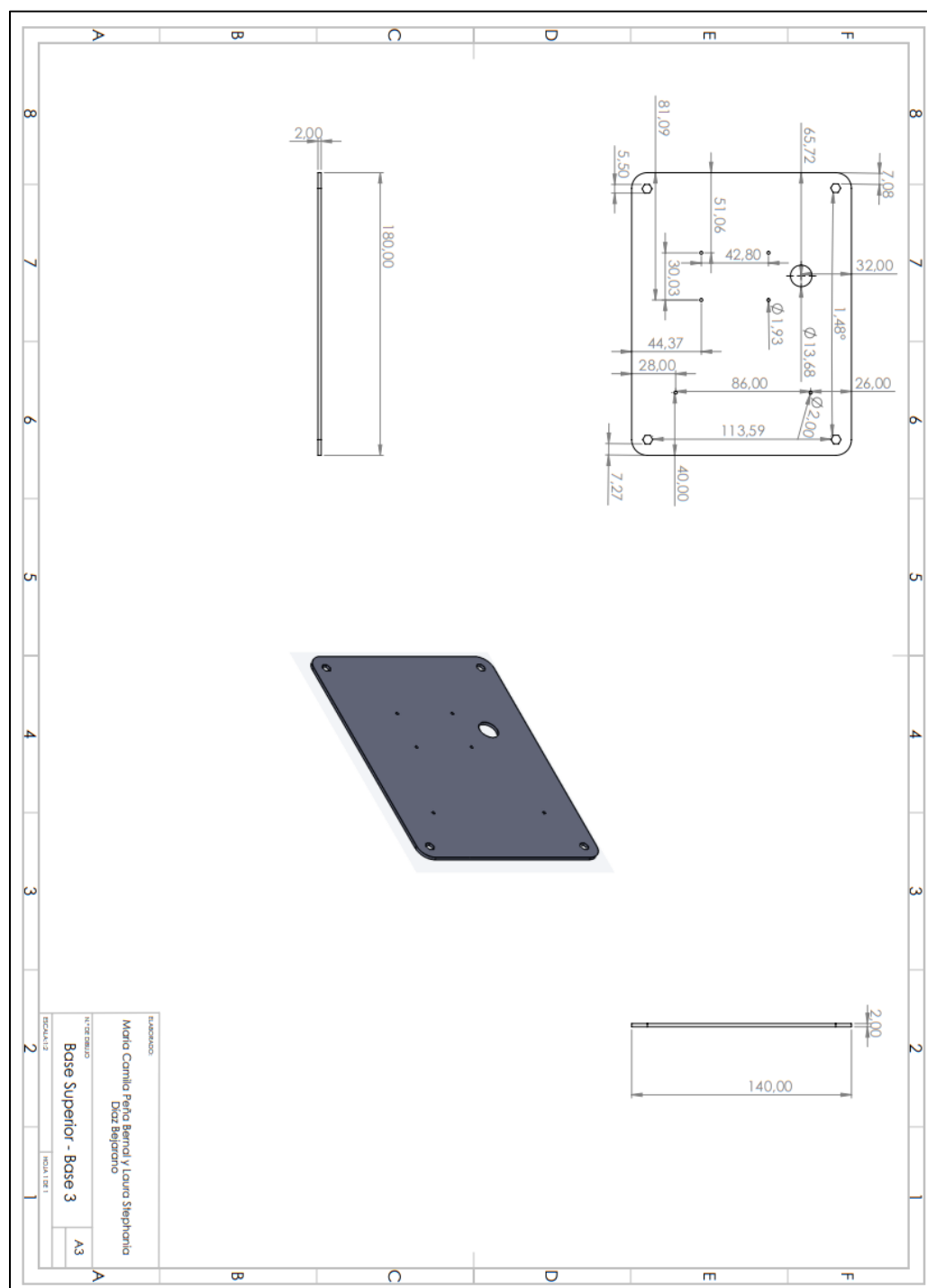


Figura 105. Plano base superior – Base3.

Fuente: Autoras.

Anexo 9. PLANO DISEÑO SOPORTE DEL SENSOR ULTRASÓNICO

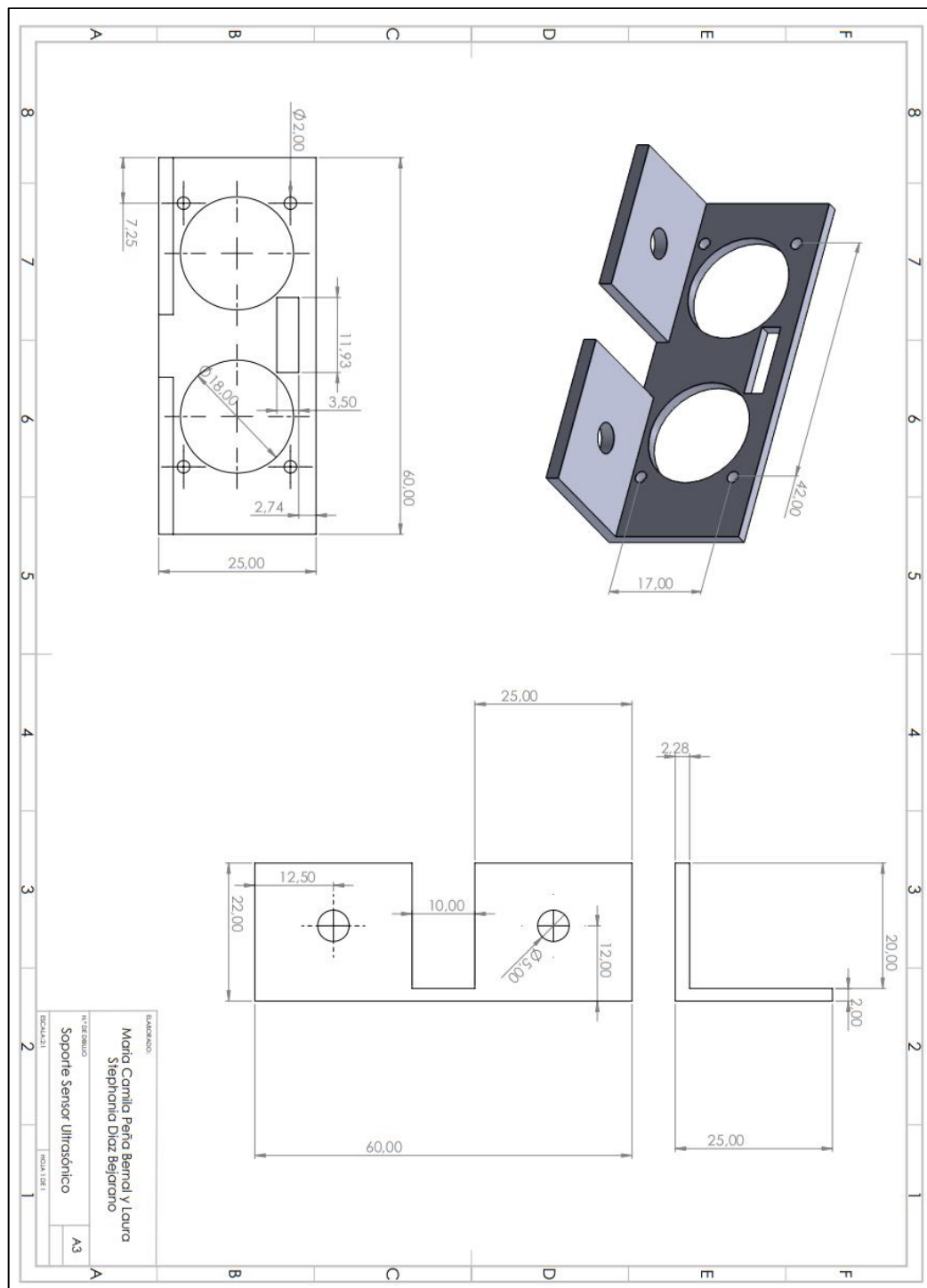


Figura 106. Plan soporte sensor Ultrasonico.

Fuente: Autoras.

Anexo 10. PLANO DISEÑO PLACA DE AUTORÍA

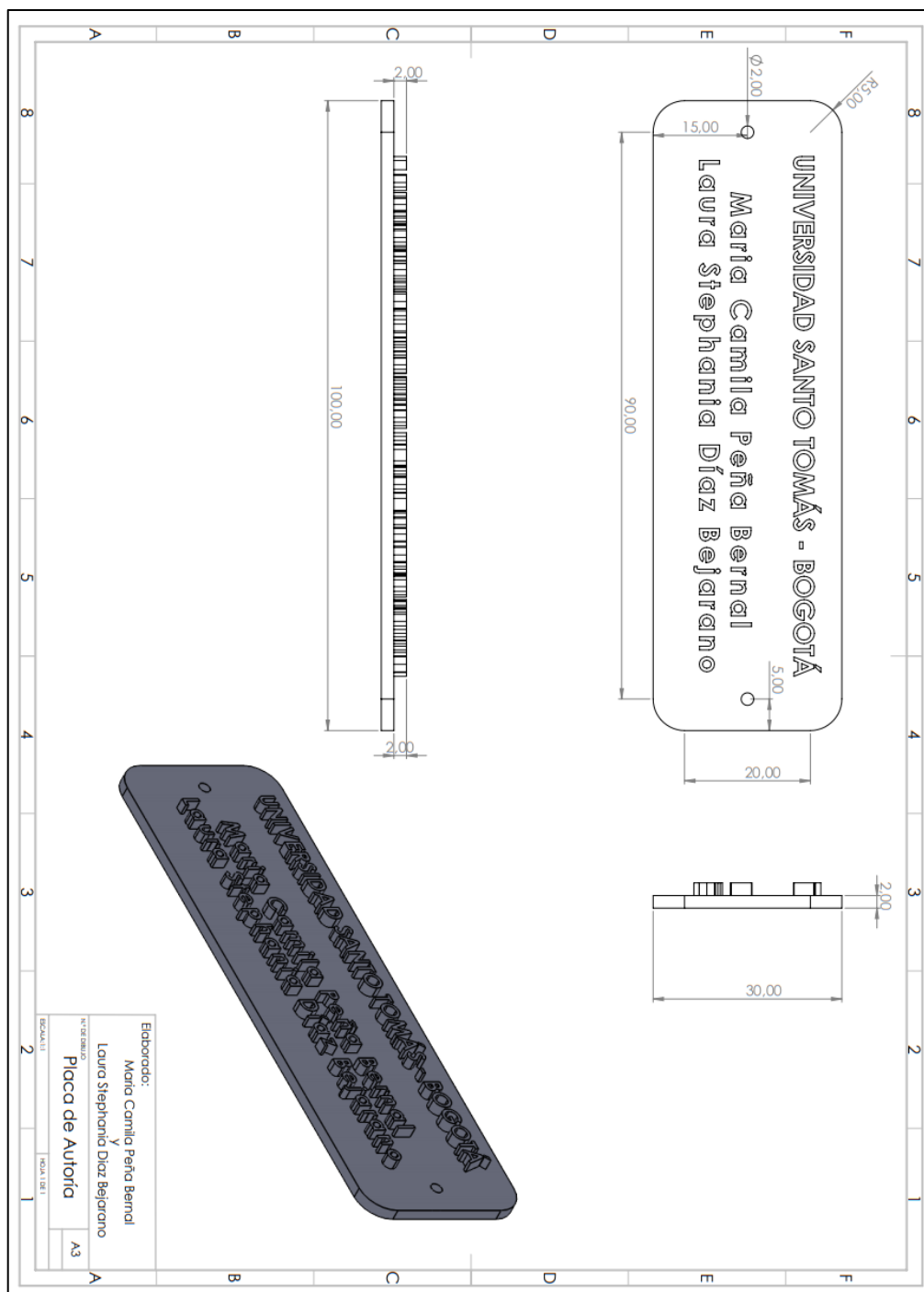


Figura 107. Plano placa de autoría.

Fuente: Autoras.

Anexo 11. RESULTADOS PIEZAS CAD



*Figura 108. Impresión de base 1 (Base Inferior).
Fuente: Autoras.*



*Figura 109. Impresión de base 2 (Base Intermedia).
Fuente: Autoras.*



*Figura 110. Impresión de base 3 (Base Superior).
Fuente: Autoras.*



*Figura 111. Impresión de soporte sensor ultrasónico.
Fuente: Autoras.*



*Figura 112. Impresión de placa de autoría.
Fuente: Autoras.*

Anexo 12. GUÍA SOBRE LA MORFOLOGÍA DE UN ROBOT MÓVIL



*Figura 113. Portada – Guía sobre la morfología de un robot móvil.
Fuente: Autoras.*

Robótica móvil

Conceptos básicos

¿QUÉ ES ROBOTICA?

Al escritor Isaac Asimov (1920-1992) se le atribuye la elaboración del concepto de robótica, en razón a que propuso las tres leyes de la robótica, pero te preguntarás que son las tres leyes de la robótica.

1. Un robot no hará daño a un ser humano ni, por inacción, permitirá que un ser humano sufra daño.
2. Un robot debe cumplir las órdenes dadas por los seres humanos, a excepción de aquellas que entren en conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o con la segunda ley.

Cuando se habla de robótica la técnica que incluye el diseño, la fabricación y el uso de robots. Diferentes disciplinas como la informática, la electrónica, la mecánica, entre otras, aplican la robótica, con el objetivo de desarrollar dispositivos que operen de manera automática y sobre todo que realicen actividades que para el ser humano sean complejas o imposibles. [6]

¿QUÉ ES ROBOT MÓVIL?

Cuando hablamos de robot móvil hacemos referencia a un sistema capaz de desplazarse de manera autónoma, es decir sin estar sometido físicamente a un solo punto. Este tipo de robots poseen diferentes tipos de sensores que tienen como objetivo monitorear su movimiento logrando identificar la posición relativa a su posición destino. Los elementos que le proporcionan el movimiento generalmente son ruedas, patas, orugas. [7]



Objetivos de la práctica

•••

- Obtener conocimiento sobre los conceptos básicos de robótica móvil y la morfología de un robot móvil.
- Identificar las características del robot móvil (Inspiration One) del kit modular a partir de los conocimientos obtenidos en esta guía.

Figura 114. Contenido Página 1 – Guía sobre la morfología de un robot móvil.
Fuente: Autoras.

MORFOLOGIA DE LOS ROBOTS MOVILES

La morfología de los robots móvil hace referencia a las características propias las cuales permiten que el robot móvil sea apto para cumplir la operación que se le defina. Las características estructurales incluyen el tipo de rueda, el sistema de tracción y dirección y la forma física del robot. Las características sensoriales son definidas por la operación que se le define cumplir.

Sistemas de locomoción

Los sistemas de locomoción de los robots móviles están condicionados por el entorno en el que se van a desplazar, podemos encontrar robots acuáticos o flotantes, terrestres, aéreos o submarinos.

El sistema de locomoción de un robot móvil terrestre puede ser con patas, con ruedas o con cadenas. La locomoción más usada por los robots móviles terrestres son las ruedas, dado que ayudan al movimiento en terrenos difíciles y su mecánica es mucho más sencilla. Por esta razón también para el diseño y la construcción del kit se escogió un sistema de locomoción con ruedas.

Dentro del sistema de locomoción por ruedas encontramos cuatro tipos como los identifica en su tesis doctoral titulada "Modelado Cinemático y Control de Robots Móviles con Ruedas" Luis García [1, p. 42] :

- **La rueda fija:** No posee articulación de dirección, por lo cual su posición respecto a la estructura es fija.
- **Rueda orientable centrada:** Tiene articulación de dirección, es decir es orientable respecto a la estructura del vehículo, pasa su eje de dirección por el centro de rotación de la rueda.
- **Rueda orientable descentrada (Castor):** Posee articulación de dirección, es decir es orientable respecto a la estructura del vehículo, no pasa su eje de dirección por el centro de rotación de la rueda.
- **Rueda fija con rodillos (sueca, Universal, Mecanum ó Lion):** Es fija respecto a la estructura del vehículo, posee rodillos, entre la rueda y el suelo, con una determinada orientación fija respecto a la rueda.

Tipos de robots móviles de acuerdo con el uso de los sistemas de locomoción por ruedas.

La combinación de los diferentes tipos de ruedas genera gran variedad en los diseños de los robots móviles terrestres, diferenciándose entre sí, por su grado de maniobrabilidad. Alberto Bañó en de su documento "análisis y Diseño del Control de Posición de un Robot móvil con Tracción Diferencial" [2, pp. 6-13], identifica los siguientes:

Figura 115. Contenido Página 2 – Guía sobre la morfología de un robot móvil.
Fuente: Autoras.

- **Robot omnidireccional:** Esta configuración tiene un movimiento más flexible en el entorno, al permitir que el robot móvil se desplace hacia cualquier dirección si necesidad de reorientarse. Hace uso de ruedas suecas o ruedas orientables centradas, que le permiten avanzar, girar o desplazarse lateralmente sin necesidad de reorientarse.
- **Robot uniclo:** Esta configuración hace uso de tres ruedas, dos ruedas fijas convencionales, ubicadas en el mismo eje, las cuales son controladas de manera independiente y una tercera rueda, la cual es rueda loca que tiene como objetivo brindarle estabilidad al robot. Este tipo de configuración suele ser la más usada para pruebas de control ya que cuenta con una cinemática sencilla.
- **Robot triciclo:** Esta configuración hace uso de dos ruedas convencionales fijas ubicadas en el mismo eje y una rueda convencional centrada orientable la cual tiene la función de tracción-dirección.
- **Robot cuatriciclo o Ackerman:** Esta configuración se caracteriza por usar el principio de dirección de Ackerman para cuatro ruedas, que señala que cuando un vehículo gira en una curva, los ejes de todas las ruedas deben concurrir en un punto, el centro instantáneo de rotación. Consiste en que los ejes de dos ruedas frontales se interceptan en un punto que pertenece al eje común de las ruedas traseras, es decir dos ruedas fijas y dos ruedas orientables centradas. Esta estructura, además de brindar mayor estabilidad, evita el deslizamiento en la rueda y por lo tanto reduce los errores de odometría.

TRACCIÓN Y DIRECCIÓN DE LOS ROBOTS MÓVILES

El sistema de tracción y dirección es un aspecto importante en la morfología de los robots móviles, no solo está relacionado con la capacidad de las llantas, sino que también lo está, con los algoritmos de control local de los motores y la mecánica asociada a estos.

Bambino, en "Una Introducción a los Robots Móviles" [3, p. 22], identifica que existen tres sistemas básicos para obtener diversas configuraciones para la tracción y dirección para un robot móvil:

- **Tracción y dirección en ejes independientes:** En esta configuración la tracción se localiza en las ruedas traseras, y el control de dirección en las ruedas delanteras o viceversa; la precisión en la dirección está sujeta a la adherencia de las ruedas delanteras, este efecto se evidencia básicamente por la masa despreciable de estas ruedas respecto a la estructura, además cuenta con un radio de giro elevado, a causa de esto. Este sistema no puede realizar cambios de dirección muy cerrados.
- **Tracción y dirección en un mismo eje (tracción diferencial):** Para que esta configuración tenga la tracción y dirección en un mismo eje, hace uso de dos motores independientes, en las ruedas que tienen el mismo eje, el cual es trasero, y tiene una o dos ruedas "locas" en la parte delantera. La característica que deben cumplir los motores es que tengan idénticas rpm

Figura 116. Contenido Página 3 - Guía sobre la morfología de un robot móvil.
Fuente: Autoras.

• • • Práctica robótica Móvil • • •

(revoluciones por minuto), toda vez que su control será independiente. Así, se permite, que los radios de giro sean del mismo tamaño del vehículo.

- **Tracción y dirección sobre todos los ejes:** es una configuración usada principalmente en terrenos hostiles, donde la velocidad de traslación es menos importante que una buena adherencia al terreno. Este sistema necesita un sistema odométrico complejo por la incertidumbre en los radios de giro.

Figura 117. Contenido Página 4 - Guía sobre la morfología de un robot móvil.
Fuente: Autoras.

**¡PON A PRUEBA TUS CONOCIMIENTOS SOBRE LOS CONCEPTOS
BÁSICOS DE LA ROBOTICA MÓVIL!**

1. ¿En qué consisten las tres leyes de la robótica móvil?

2. ¿Qué entiende por robótica?

3. ¿Cuáles son las características de un robot móvil?

4. ¿Qué tipo de locomoción usan los robots móviles?

5. Identifique, ¿qué tipo de estructura de acuerdo con el sistema de locomoción, tracción y dirección tiene el kit modular?, Argumente su respuesta.

*Figura 118. Ejercicio evaluativo sobre la morfología de un robot móvil.
Fuente: Autoras.*

Referencias

- [1] L. I. G. Calandín, *Modelado Cinemático y Control de Robots Móviles con Ruedas*, p. 42.
- [2] A. B. Azcon, «Análisis y Diseño del Control de Posición de un Robot Móvil con tracción Diferencial,» 06 2003. [En línea]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/333pub.pdf>.
- [3] I. Bambino, *Una Introducción a los robots móviles*, 2008, p. 16.
- [4] L. I. G. Calandín, «Modelado Cinemático y Control de Robots Móviles con Ruedas,» [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1840/tesisUPV2519.pdf>. [Último acceso: 2021].
- [5] I. Bambino, *Una Introducción a los robots móviles*, 2008, p. 16.
- [6] J. P. P. y, M. Merino, «Definición,» 2010. [En línea]. Available: <https://definicion.de/robotica/>.
- [7] Víctor Ricardo Barrientos Sotelo, J. R. García Sánchez y D. R. Silva Otigoza, «Robots Móviles: Evolución y Estado del Arte,» *Polibits*, p. 14, 2007.

*Figura 119. Referencias de Guía sobre la morfología de un robot móvil.
Fuente: Autoras.*

Anexo 13. GUÍA SOBRE LOS FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN.



*Figura 120. Portada guía de fundamentos de programación.
Fuente: Autoras.*

Fundamentos de la programación

¿Qué es la programación?

La programación es el proceso de escritura o codificación de un *programa*, el cual manipula datos mediante una secuencia de instrucciones y expresiones conocidas como *lenguaje de programación*, para finalmente determinar acciones que se desean ejecutar. A continuación, un pequeño glosario de terminología fundamental de la programación. [1]

1. **Programa:** Conjunto de sentencias o instrucciones que se dan a la computadora. Estas instrucciones detalladas permiten controlar y coordinar operaciones de un sistema informático y componentes de hardware de una computadora. [2]
2. **Lenguaje Máquina:** Es el lenguaje que entienden las computadoras. Estas reciben las señales digitales emitidas por sus componentes y representan la información con secuencias de unos y ceros conocidos como *código binario* y compuesto por dígitos conocidos como bits. [2]
3. **Lenguaje de programación:** Es un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que permiten la comunicación con una computadora; determinan si una instrucción es parte de un lenguaje y la actividad que deberá realizar la computadora con determinada instrucción. Existen lenguajes de alto nivel como C, y requieres de un compilador para traducir a lenguaje máquina. [2]

Metodología de programación estructurada

Utiliza las técnicas tradicionales de programación, y normalmente produce programas bien escritos y fáciles de leer. Trata de escribir un programa a partir de unas reglas.

Las reglas se basan en el concepto de modularización, es decir descomposición o división de un problema en sub problemas, conocidos como módulos. A raíz de la complejidad se crean las funciones (subrutinas), las cuales dentro de un programa tienen un propósito específico y agrupan series de instrucciones. Estas deben estar definidas dentro de la interfaz para poder realizar comunicación con otras funciones. [2]

Objetivos de la práctica

- Esta práctica busca que desarrolles conocimientos en los diferentes conceptos básicos de la programación desde el concepto de programación, programa, y lenguaje de programación hasta la definición de algoritmo y su representación.
- Realizar un diagrama de flujo a partir de los conceptos obtenidos en la guía.

Figura 121. Contenido página 1 guía fundamentos de la programación.
Fuente: Autoras.

Las estructuras de control de las técnicas de programación estructuradas especifican el orden en que se ejecutan distintas instrucciones de un *algoritmo*, también se conocen como bloques de instrucciones de un programa y son operaciones fundamentales del lenguaje, las básicas son:

1. **Secuencia:** la ejecución de las sentencias de un programa o subprograma se realizan una detrás de otra en orden secuencial descrito.
2. **Decisión o selección:** Existen tres tipos de formatos en estas sentencias de control de flujo del programa.
 - a. *if (si)*: selección única
 - b. *if-else (si-entonces)*: selección doble
 - c. *switch (según_sea)*: selección múltiple
3. **Bucles o lazos (repetición):** Existen tres tipos de formatos en estas sentencias de control de flujo del programa.
 - a. *while (mientras)*
 - b. *do-while (hacer-mientras)*
 - c. *for (desde/para)*

Algoritmos

Se conoce así a un proceso computacional bien definido que toma un valor o valores de entrada y produce un valor o valores de salida, todo esto mediante una secuencia de pasos precisos y ordenados para que finalmente, el programador pueda dar solución a problemas bien especificados de forma rigurosa y sistemática. [3] [4]

- **Instrucción condicional:** Empleada en la toma de decisiones en algoritmos computacionales. Se emplea en procesos que conllevan a ciclos repetitivos hasta que se cumpla una condición determinada.
- **Pseudocódigo:** Lenguaje algorítmico que utiliza palabras de algún idioma juntamente con expresiones matemáticas para representar la operación de un algoritmo.

Representación gráfica de los algoritmos

Para representar un algoritmo se requiere independizar este de cualquier lenguaje, de esta forma se puede codificar el algoritmo en el lenguaje de programación deseado. El algoritmo debe poder ser representado gráficamente o numéricamente y sirva para una fácil transformación de un programa. Un método usual para esto es el diagrama de flujo.

*Figura 122. Contenido página 2 guía fundamentos de la programación.
Fuente: Autoras.*

1. Diagramas de flujo

Es una de las técnicas más antiguas, esta hace uso de símbolos (cajas) que tiene los pasos de los algoritmos escritos dentro de las cajas y relacionando su secuencia mediante flechas, denominadas líneas de flujo. [2]



Terminal: Representa el "inicio" o final de un programa.



Proceso: Cualquier tipo de operación que pueda originar un cambio en la información almacenada.



Decisión: Indica operaciones lógicas o de comparación entre datos y en función de este resultado determina cual camino alternativo debe seguir.



Conector: Sirve para enlazar dos puntos de un programa.



Indicador de dirección o línea de flujo.

*Figura 123. Contenido página 3 guía fundamentos de la programación.
Fuente: Autoras.*

**¡PON A PRUEBA TUS CONOCIMIENTOS SOBRE LOS CONCEPTOS
BÁSICOS DE LA PROGRAMACIÓN!**

1. ¿Qué entiende por programación?

2. ¿Cuáles son las estructuras de control básicas?

3. ¿Qué es un algoritmo?

4. ¿En qué consiste la metodología de programación estructurada?

5. ¡A dibujar! ¿Cómo sería la representación gráfica de un algoritmo que hace que el robot móvil cambie el estado de una de sus ruedas en movimiento al estado de reposo al presionar un botón?

*Figura 124. Ejercicio evaluativo sobre la guía de fundamentos de programación.
Fuente: Autoras.*

Referencias

- [1] G. J. Sussman y H. Abelson, Structure and Interpretation of Computer Programs, MIT Press, 1979.
- [2] L. J. Aguilar, Fundamentos generales de programación, McGraw-Hill, 2013.
- [3] J. Jimenez y M. Eréndira, Fundamentos de Programación - Diagramas de flujo, Diagramas N-S, Pseudocódigo y Java, Alfaomega, 2014.
- [4] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. Rivest y C. Stein, Introduction to Algorithms, The MIT Press, 1989.

*Figura 125. Referencias de la guía de fundamentos de la programación.
Fuente: Autoras.*

Anexo 14. PRÁCTICA CON SENSOR INFRARROJO UTILIZANDO EL IDE DE ARDUINO.



*Figura 126. Portada – práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino.
Fuente: Autoras.*

SENSOR INFRARROJO IR FC-51

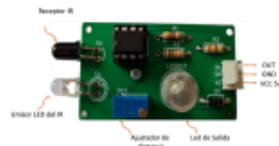
Conceptos básicos

¿QUÉ ES UN SENSOR?

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. [5, p. 5]

¿QUÉ ES UN SENSOR INFRARROJO IR?

Un detector infrarrojo es un tipo de **dispositivo optoelectrónico** que tiene la capacidad de medir la **radiación electromagnética infrarroja** que emiten los cuerpos que se encuentran dentro de su campo de visión. Se trata de un tipo de radiación que emiten todos los cuerpos de forma independiente a que exista otro tipo de luz ambiental. De este modo, permite observar espacios y objetos sin necesidad de que exista luz visible o de otro tipo en el entorno. [6]



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de funcionamiento: 3.5V – 5.0V
- Rango de detección: 2 cm – 30 cm (ajustable con el potenciómetro)
- El nivel de salida de discriminación: Las salidas de nivel lógico alto cuando se detecta obstáculo
- En activo nivel de salida: Salidas nivel lógico bajo cuando no se detecta obstáculo
- Tiempo de respuesta: 115ms

Objetivos de la práctica

- Esta práctica busca que desarrolles conocimientos en el funcionamiento de un sensor infrarrojo.
- Aplicar los conceptos básicos de programación como los son: los diagramas de flujo y la codificación.

Figura 127. Contenido Página 1 - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino.

Fuente: Autoras.

Distribución de los pines

- VCC: 3.5V-5V pin de entrada de energía
- pin de alimentación 0 V: GND
- OUT: salida digital Pin

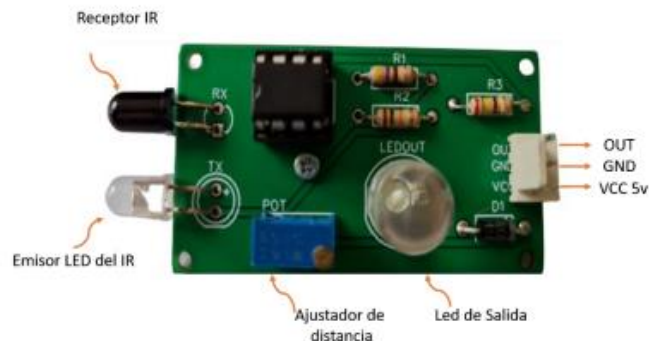


Figura 1. Distribución de pines - Sensor Infrarrojo.

GLOSARIO

- **Potenciómetro:** Es un dispositivo electrónico con un valor de resistencia variable y generalmente ajustable manualmente. [1]
- **Rango:** El rango de un sensor se define como el intervalo presente entre el valor mínimo y el valor máximo de la variable física que puede medir el sensor [2, p. 19]
- **Diodo LED:** Dispositivo electrónico construido por dos electrodos cátodo y ánodo. Este dispositivo es capaz de emitir luz monocromática al ser polarizado en el sentido directo (cátodo-ánodo). [3]
- **LED de Infrarrojo (IRLED):** Dispositivo emisor de rayos infrarrojos que son una radiación electromagnética situada en el espectro electromagnético. Estos diodos se diferencian de los LED por el color de la cápsula que los envuelve que es de color azul o gris. [3]
- **Fototransistor:** Es un fotodetector que trabaja como un transistor clásico, pero normalmente no tiene conexión base. El fototransistor reacciona con la luz visible y también con los rayos infrarrojos que son invisibles. Para distinguirlo del LED su cápsula es transparente. [3]

Figura 128. Contenido Página 2 - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino.

Fuente: Autoras.

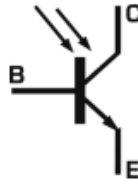


Figura 2. Símbolo

- **Transistor:** El transistor es un componente electrónico, Estos componentes están contruidos por cristales semiconductores que dependiendo de su estructura interna pueden ser denominados como: material N o material P. En todos los transistores siempre se colocan dos cristales de un material y uno del otro, por ejemplo: NPN o PNP y cada cristal corresponde a una terminal que son: emisor, base y colector.

El emisor se encarga de proporcionar las cargas eléctricas, la base controla el flujo de corriente y por último el colector recoge las cargas proporcionadas por el emisor. La diferencia de usos entre transistores es que los NPN se utilizan para voltajes positivos y los PNP con voltajes negativos. [4]

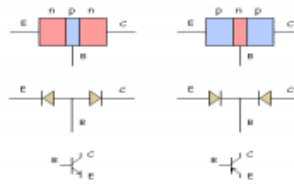


Figura 3. Transistor - Símbolo

Figura 129. Contenido Página 3 - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino.

Fuente: Autoras.

¡PON A PRUEBA TUS CONOCIMIENTOS!

Para esta práctica, usaras tres sensores infrarrojos, un LED azul, un LED amarillo y el robot móvil, para dar solución al siguiente problema.

Debes codificar un código donde se cumplan las siguientes condiciones:

- Si los sensores no detectan la presencia de un objeto, el robot móvil debe mantenerse detenido e indicar esta acción por medio del LED azul.
- Si el sensor derecho detecta un objeto, el robot móvil debe girar a la derecha durante 2mS e indicar esta acción haciendo parpadear el LED azul durante 5mS.
- Si el sensor central detecta un objeto, el robot móvil se pondrá en marcha hacia adelante durante 2mS y debe indicar esta acción haciendo parpadear el led amarillo gradualmente durante 5mS.
- Si el sensor central y el sensor derecho detecta un objeto, el robot móvil debe girar a la derecha durante 1mS e indicar esta acción por medio del LED azul y amarillo.
- Si el sensor izquierdo detecta un objeto, el robot móvil debe girar a la izquierda durante 1mS e indicar esta acción por medio de un LED amarillo.
- Si el sensor derecho y el sensor izquierdo detecta un objeto, el robot móvil debe detenerse y los LEDs NO deben encenderse.
- Si el sensor central y el sensor izquierdo detecta un objeto, el robot móvil debe girar hacia la izquierda durante 1mS e indicar esta acción haciendo parpadear el LED azul y amarillo durante 5mS.
- Si el sensor derecho, el sensor izquierdo y sensor central detecta un objeto, el robot móvil se mantendrá en marcha hacia adelante durante 1ms e indicar esta acción por medio del led azul y haciendo parpadear el LED amarillo durante 5mS.

A partir del problema anterior:

1. Detectar las entradas y salidas del problema.
2. Basado en el punto anterior, Realizar un diagrama de flujo con la posible solución al problema.
3. Realizar en lenguaje C el diagrama de flujo planteado anteriormente.
4. Realizar las pruebas.

Figura 130. Ejercicio Práctico - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino.

Fuente: Autoras.

Referencias

- [1] I. Mecafenix, «Ingeniería Mecafenix,» 21 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/potenciometro/>. [Último acceso: 2021].
- [2] L. G. Corona Ramírez, G. S. Abarca Jiménez y J. Carreño Mares, Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino, Azcapotzalco, México D.F.: Grupo Editorial Patria S.A., 2014.
- [3] O. Tronic, «Proyectos electronics - blogspot,» 27 Junio 2008. [En línea]. Available: <http://proyctoselectronics.blogspot.com/search/label/Infrarrojo>. [Último acceso: 2021].
- [4] I. Mecafenix, « Ingeniería Mecafenix,» 8 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-transistor/>. [Último acceso: 2021].
- [5] R. P. Areny, Sensores y Acondicionadores de señal 4 edición, Barcelona(España): Marcombo Boixareu Editores, 2003.
- [6] Infaimon, «Infaimon member of STEMMER IMAGING,» 12 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://blog.infaimon.com/detector-infrarrojo-funcionamiento-aplicaciones/>. [Último acceso: 2021].

*Figura 131. Referencias - práctica con sensor infrarrojo utilizando el IDE de Arduino.
Fuente: Autoras.*

Anexo 15. PRÁCTICA CON SENSOR ULTRASÓNICO UTILIZANDO EL IDE DE ARDUINO



Figura 132. Portada práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino.
Fuente: Autoras.

SENSOR ULTRASONIDO HC-SR04

Conceptos básicos

¿QUÉ ES UN SENSOR?

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. [2]

¿QUÉ ES UN SENSOR ULTRASONICO HC-SR04?

El sensor de ultrasonido HC-SR04, usa un sonar para determinar la distancia que existe entre un objeto y el mismo sensor, de la misma forma que un murciélago o los delfines lo hacen. Este sensor ofrece un rango de detección sin tener que establecer un contacto físico con el objeto en cuestión. Está compuesto por unos módulos de transmisión y recepción ultrasónicos para manipular las señales con alta precisión y lecturas estables, incluso su operación no se ve afectada por la luz solar o su ausencia. [3]



Figura 1. Sensor ultrasónico HC-SR04 [5]

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Fuente de alimentación: +5V DC
- Corriente de reposo: <2mA
- Corriente de trabajo: 15mA
- Ángulo efectivo: <15°
- Distancia de alcance: 2cm - 400 cm/1" - 13ft
- Resolución: 0.3 cm
- Ángulo de medición: 30°
- Ancho de pulso de entrada del disparador: 10uS
- Dimensión: 45mm x 20mm x 15mm [3]

Objetivos de la practica

- Esta práctica busca que desarrolles conocimientos en el funcionamiento de un sensor ultrasónico
- Aplicar los conceptos básicos de programación como los son: los diagramas de flujo y la codificación.

Figura 133. Contenido página 1 práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino.
Fuente: Autoras.

DISTRIBUCIÓN DE LOS PINES

- **VCC:** +5V DC
- **Trig:** Entrada *Trigger* del sensor
- **Echo:** Entrada *Echo* del sensor
- **GND:** GND [3]



Figura 2. Distribución de pines - Sensor Ultrasónico [5]

GLOSARIO

- **Ultrasonido:** Es una serie de ondas mecánicas, generalmente longitudinales, no audible por el oído humano que se encuentra en el rango por encima de los 20kHz. Son empleados en la industria y la medicina principalmente para detectar objetos o medir distancias. [4]
- **Sonar:** Equipo empleado para generar u recibir un sonido de carácter infrasonoro. [4]
- **Transmisor:** Instrumento que emite una señal en proceso en un medio hacia un objeto controlador. [4]
- **Receptor:** Equipo destinatario que recibe una señal o información emitido por un transmisor. [4]
- **Pin Trigger:** Es el pin que controla y es responsable de la emisión de las ondas ultrasónicas. Este pin debe estar en el estado HIGH durante mínimo 10us, en donde enviara 8 ondas de 40KHz de frecuencia. [3]
- **Pin Echo:** Es el pin encargado de recibir la data exterior. Este se activa o se pone en HIGH cuando recibe la onda del pin Trigger. Este queda activado y cambia de estado a LOW cuando el ultrasonido detecte de vuelta la onda emitida. El tiempo en alto obtenido por este pin se usa para determinar la distancia entre el objeto y el ultrasonido (Imagen 3 y Fórmula 1). [3]

Figura 134. Contenido página 2 práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino.

Fuente: Autoras.

• • • Práctica con Sensor Ultrasónico en IDE Arduino • • •

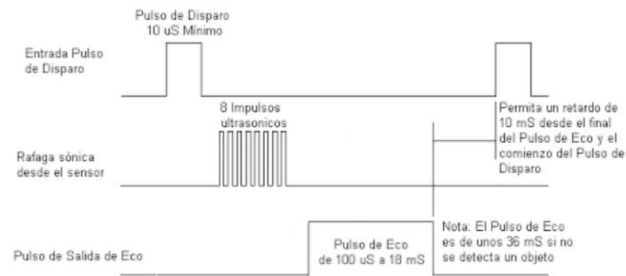


Imagen 3. Diagrama de tiempos funcionamiento módulo sensor ultrasónico. [1]

$$distancia (cm) = \frac{tiempo (us)}{2} * c = \frac{tiempo (us)}{2} * \frac{1 cm}{29.2us}$$

$$distancia (cm) = \frac{tiempo(us) * 1cm}{58.4us}$$

Fórmula 1. Cálculo para determinar la distancia entre el ultrasonido y un objeto. [1]

Figura 135. Contenido página 3 práctica con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino.

Fuente: Autoras.

¡PON A PRUEBA TUS CONOCIMIENTOS!

En esta práctica harás uso del sensor ultrasónico HC-SR04 del kit modular, aplicarás los conceptos básicos mencionados previamente en la guía sobre el sensor y programarás los movimientos del robot móvil.

El objetivo de esta práctica consiste en:

- Mantener el robot móvil en un movimiento constante hacia delante.
- Configurar el sensor ultrasónico para que tenga un rango de detección de objetos de 20cm de distancia respecto al sensor ubicado en la parte delantera del robot, esto con ayuda de la formula mencionada en la guía.
- Si el sensor ultrasónico detecta un objeto, debe activar una alarma la cual se verá reflejada al hacer encender un LED rojo e inmediatamente deberá retroceder durante un tiempo de 2mS
- Si cumple con el paso anterior, el sensor debe girar a la derecha durante 2mS, apagar el LED rojo y continuar su movimiento constante hacia adelante.

Para completar la actividad con éxito, deberás seguir los siguientes pasos:

1. Identificar las entradas y salidas del problema.
2. Realizar un diagrama de flujo con la posible solución al problema.
3. Escribir en lenguaje C el diagrama de flujo planteado anteriormente.
4. Escribir el código anterior en el IDE de Arduino.
5. Realizar las pruebas del funcionamiento.

*Figura 136. Ejercicio práctico con sensor ultrasónico utilizando el IDE de Arduino.
Fuente: Autoras.*

Anexo 16. ENCUESTA

Encuesta Kit Modular de Robótica Móvil - USTA

Te agradecemos por participar en este taller relacionado con nuestro proyecto de grado titulado "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT MODULAR PARA DAR SOPORTE Y FOMENTAR PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN MEDIA EN APLICACIONES DE ROBÓTICA MÓVIL". Te invitamos a diligenciar la siguiente encuesta, la cual busca evaluar el impacto educativo del kit modular.

***Obligatorio**

Nombre de tu institución. *

Tu respuesta

¿Qué grado escolar estas cursando actualmente? *

☐ 10°

☐ 11°

¿Cuál es tu edad? *

☐ Entre 14 - 15 años

☐ Entre 16 - 18 años

☐ Mayor a 18 años años

¿Cuál es tu genero? *

- ☐ Femenino
- ☐ Masculino
- ☐ Otro

¿Los temas expuestos en las guías te fueron de fácil comprensión? *

- ☐ Si
- ☐ No

Si tu respuesta anterior fue "no", ¿Cuáles consideras son las razones?

Tu respuesta _____

¿Qué prácticas realizaste con el Kit Modular?

- ☐ Práctica de programación.
- ☐ Práctica de Conceptos básico - Robótica Móvil.
- ☐ Práctica con sensor infrarrojo.
- ☐ Practica con sensor de Ultrasonido.

Objetivos - Kit Modular *

Selecciona de acuerdo a tu criterio, siendo 1. Insuficiente 2. Malo 3. Regular 4. Bueno y 5. Excelente.

	1	2	3	4	5
Los objetivos de aprendizaje son claros.	☐	☐	☐	☐	☐
Los objetivos encajan con las prácticas propuestas.	☐	☐	☐	☐	☐
Los conceptos son apropiados para tu nivel educativo.	☐	☐	☐	☐	☐
Considera que la metodología implementada fue adecuada para la temática.	☐	☐	☐	☐	☐

Después de realizar las prácticas propuestas con el kit modular, ¿tendrías a la ingeniería electrónica, entre tus opciones de carrera profesional a elegir? *

- ☐ si
- ☐ No

De acuerdo con tu respuesta a la pregunta anterior, por favor indica el por qué de tu respuesta. *

Tu respuesta _____

Consideras que las competencias y conocimientos adquiridos durante esta experiencia usando el kit modular, despiertan en ti un gusto por la robótica o la ingeniería electrónica. *

☐ sí

☐ No

De acuerdo con tu respuesta a la pregunta anterior, por favor indica el por qué de tu respuesta. *

Tu respuesta _____

¿Consideras que las prácticas realizadas y el aprendizaje adquirido con el kit modular son una metodología innovadora para ti? *

☐ Sí

☐ No

¿Te gustaría seguir viviendo este tipo de prácticas en tu vida académica (escolar y universitaria)? *

☐ Sí

☐ No

Evaluación de Competencias.

Selecciona todos los temas que consideras que adquiriste con el uso del kit modular.

Seleccione.

Concepto de Algoritmo.

☐

Diagramas de flujo.

☐

Concepto básico de programación.

☐

Estructura de control básica en programación

☐

Concepto sobre robot móvil.

☐

Concepto sobre sensor.

☐

Morfología de un robot móvil.

☐

Enviar

Página 1 de 1

Anexo 17. CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN.

INVITACION A PARTICIPAR EN ACTIVIDAD PRESENCIAL Y CONSENTIMIENTO INFORMADO EN LA PARTICIPACION

Apreciados padres de familia y estudiantes de grados 10° y 11°:

Reciban un cordial saludo, somos Laura Stephania Díaz Bejarano y Maria Camila Peña Bernal, estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás de Bogotá, para obtener nuestro título en Ingenierías Electrónicas, hemos elaborado el proyecto "Diseño y construcción de un kit modular para dar soporte y fomentar prácticas de educación media en aplicaciones de robótica móvil".

Este proyecto desarrolla una herramienta pedagógica a ser utilizada en las instituciones educativas de educación media, con el propósito de acercar a los estudiantes de manera práctica al conocimiento de la Ingeniería Electrónica, permitiendo que los estudiantes interactúen entre sí y con una de las múltiples aplicaciones que esta disciplina tiene en la vida diaria de los seres humanos.

Dentro de nuestro proyecto de grado está incluida una actividad previa a su sustentación ante la Universidad, que consiste en presentar y poner a prueba el kit modular ante estudiantes de grados 10° y 11°, para identificar el valor pedagógico que puede tener en los estudiantes.

Nuestra intención es que estudiantes de 10° y 11° participen en poner a prueba el kit modular.

Este kit está conformado por un robot móvil, soportado en un software que contiene toda la información, y cuatro (4) guías a desarrollar por parte de los estudiantes.

Dos guías son teóricas, en las cuales se abordan temas específicos: conceptos básicos de robótica móvil y conceptos básicos de programación.

Las guías prácticas abordan la manera de utilizar los sensores infrarrojos y el sensor de ultrasonido, se entregan conocimientos y herramientas de programación que permiten la creación del software del robot para que este reciba las señales y ejecute tareas, donde el estudiante podrá realizar los diagramas de flujo y la codificación de la programación de una forma didáctica.

Debido a la crisis sanitaria generada por la Pandemia, hemos tenido que replantear nuestra actividad al no poder realizarla en las aulas de los colegios. Es así, como hemos limitado la participación en esta actividad, de manera presencial, a solamente Cuatro (4) estudiantes, previo conocimiento y consentimiento de los padres.

La actividad la desarrollaremos de manera presencial, en la Carrera 103 D No. 83 -35 casa No. 43, atendiendo todos los protocolos de bioseguridad, en un solo día el 8 de mayo de 2021, en dos sesiones de 2 horas cada una.

**INVITACION A PARTICIPAR EN ACTIVIDAD PRESENCIAL Y CONSENTIMIENTO
INFORMADO EN LA PARTICIPACION**

La primera sesión se realizará en la mañana de las 10 A.M a 12.M., y la segunda, se realizará, en la tarde de 2 P.M. a 4 P.M. Adicionalmente, es importante contarles que se realizará una grabación en video del desarrollo de las sesiones como soporte de la realización de la actividad, el cual posteriormente podrá ser divulgado.

Si ustedes están decididos en autorizar y participar en la sesión, comedidamente los invitamos a en plena libertad, leer, diligenciar y firmar en los espacios en blanco, conjuntamente, el siguiente consentimiento informado con el propósito de tener su plena autorización y consentimiento para participar en esta jornada:

Yo, _____ con Cedula de Ciudadanía No. _____ expedida en _____, en calidad de padre de Familia del estudiante _____ identificado con No. _____ expedida en _____, manifiesto que recibimos una explicación clara y completa, por parte de las estudiantes Laura Stephania Díaz Bejarano y María Camila Peña Bernal, de la Universidad Santo Tomás, pertenecientes a la facultad de ingeniería electrónica, sobre el propósito y contenido de la realización de la actividad de presentación y puesta a prueba del kit modular que da soporte y fomenta prácticas de educación media en aplicaciones de robótica móvil a estudiantes de grados 10º y 11º. Adicionalmente, expreso que hemos sido informados sobre los temas a tratar en la sesión entre los cuales se pueden encontrar información personal, familiar, social. Abiertamente acepto que mi hijo (hija) participe en el evaluar y conocer el impacto que tiene el kit modular en los estudiantes, para lo cual expreso voluntariamente mi consentimiento a la participación de mi hijo (hija) en esta sesión.

En Bogotá D.C. a los _____ del mes de _____ de 2021, hago constar que el presente documento ha sido leído, entendido y explicado en su integridad por lo que en constancia firmo y acepto su contenido libre de toda coacción.

Firma y Cédula del padre de familia
Nombre del padre de familia
Número de contacto en caso de emergencia:

**INVITACION A PARTICIPAR EN ACTIVIDAD PRESENCIAL Y CONSENTIMIENTO
INFORMADO EN LA PARTICIPACION**

Yo, _____ en calidad de estudiante identificado con Tarjeta de identidad No. _____ expedida en _____, manifiesto que recibimos una explicación clara y completa, por parte de las estudiantes Laura Stephania Díaz Bejarano y María Camila Peña Bernal, de la Universidad Santo Tomás, pertenecientes a la facultad de ingeniería electrónica, sobre el propósito y contenido de la realización de la actividad de presentación y puesta a prueba del kit modular que da soporte y fomenta prácticas de educación media en aplicaciones de robótica móvil a

estudiantes de grados 10º y 11º. Adicionalmente, expreso que hemos sido informados sobre los temas a tratar en la sesión entre los cuales se pueden encontrar información personal, familiar, social. Abiertamente expreso mi voluntad de participar en la sesión que busca evaluar y conocer el impacto que tiene el kit modular en los estudiantes.

En Bogotá D.C. a los _____ del mes de _____ de 2021, hago constar que el presente documento ha sido leído, entendido y explicado en su integridad por lo que en constancia firmo y acepto su contenido libre de toda coacción.

Firma y Tarjeta de Identidad del Estudiante
Nombre del estudiante
Número de contacto en caso de emergencia:

Anexo 18. SINOPSIS IVETH SALAMANCA RAMÍREZ

FILÓLOGA Y LINGÜISTA

IVETH SALAMANCA RAMÍREZ

SINOPSIS DE LA TRAYECTORIA PROFESIONAL

El ejercicio profesional se ha producido en cuatro grandes líneas complementarias: la primera, se orienta a actividades de asesoría académica de alta Dirección en Instituciones de Educación Superior públicas y privadas, lo cual se evidencia con la elaboración, la evaluación y el acompañamiento en la producción de textos institucionales para la cualificación de procesos académicos. Se destaca la formulación de estrategias y criterios tanto de implementación como de evaluación y seguimiento de proyectos que plasman las políticas de calidad educativa, el desarrollo de proyectos de evaluación de estrategias de la Secretaría de Educación del Distrito (SED), desarrollo de informes difundidos a nivel nacional. La segunda se centra en la evaluación de Programas y Universidades de diversas regiones del país, en el marco de la excelencia académica, como evaluadora externa y coordinadora de grupo del Consejo Nacional de Acreditación de Colombia (CNA). Estas actividades se concretan en la escritura de informes avalados por Ministerio de Educación Nacional (MEN). La tercera se relaciona con el desempeño docente, el cual ha contado con la experticia en el diseño y en el manejo de cursos en lingüística textual y discursiva; experticia que aborda competencias académicas genéricas y competencias específicas a programas de formación universitaria tanto de desarrollo presencial como por medio de herramientas virtuales, sobre plataformas informáticas. La cuarta da cuenta de competencias no sólo en traducción, caso del libro impreso *“Teacher for the 21st Century Using Evaluation to Improve Teaching”* – OCDE (2013) para el Ministerio de Educación de Colombia, de inglés a español, sino también en corrección de estilo de la producción de artículos para revistas indexadas y de material educativo del Ministerio de Educación de Colombia en convenio con La Asociación Colombiana de Universidades (ASCUN) (17 Guías de trabajo). Lo anterior se sustenta con estudios en Filología (Universidad Libre de Colombia) con estudios de posgrado en Lingüística (Universidad Nacional de Colombia), Educación con énfasis en Aseguramiento de la Calidad (Universidad de Aconcagua – Chile), Administración de Servicios (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria), inglés como Lengua Extranjera (EFL) en (Universidad de Massachussets - USA).

Iveth Salamanca
MSc en Educación
Con énfasis en Aseguramiento de la Calidad
Iveth.salamanca@outlook.com

Anexo 19. CARTA DE RECOMENDACIONES

Bogotá, D. C. 25 de julio de 2021

Señoritas
Laura Stephania Díaz y Maria Camila Peña
Estudiantes de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás
Ciudad

Respetadas estudiantes.

En respuesta a su solicitud verbal y mediante esta carta, me permito dar constancia formal, de las charlas sostenidas los días 24 de noviembre de 2020 y 8 de abril de 2021 con ustedes en relación con recomendaciones pedagógicas para la elaboración de unas guías pedagógicas y validación de un cuestionario aplicable posterior al ejercicio pedagógico, en el marco del Trabajo de Grado del Programa de Ingeniería Electrónica titulado *Diseño y Construcción de un Kit Modular para Dar Soporte y Fomentar Prácticas de Educación Media en Aplicaciones de Robótica Móvil*. Señalo, de manera sucinta, los aspectos más sobresalientes que recomendé para tener en cuenta:

1. Hay que recordar que, en el centro de todo, están los estudiantes, quienes son activos y partícipes de su proceso de aprendizaje. Hoy en día, se ha revaluado que quien aprende es una hoja en blanco y menos aún un recipiente donde se deposita toda clase de información.
2. No olvidar que la educación media se rige por el aprender haciendo, para conjugar los tres saberes propios de la educación: Saber saber, saber hacer y saber ser, como lo propone el Ministerio de Educación Nacional (MEN). De esta manera, no se privilegia el saber teórico, sino que los tres saberes se conjugan en el hacer para dar cuenta de la formación integral. El proceso educativo se potencia con la dimensión actitudinal y de valores. Así, se han de proponer actividades que involucren teoría, práctica y motiven valores.
3. La guía pedagógica es una unidad completa; por tanto, recomiendo partir de un momento de apertura con una fuerte sensibilización hacia el contenido a desarrollar y que, pasando por momentos de recreación en la práctica, concluya con un proceso de evaluación.
4. La evaluación del aprendizaje se puede hacer con el seguimiento o verificación de la comprensión, mediante una retroalimentación permanente. Para el caso de sus guías, la evaluación final puede estar vinculada a la evaluación de los efectos del kit, toda vez, que no se busca evaluar exclusivamente el grado de profundidad del manejo conceptual y teórico respecto al kit, ni tampoco, la experticia pedagógica desplegada en el taller. Se trata de una invitación a despertar el interés por cursar el programa de ingeniería electrónica. En consecuencia, propongo que la evaluación al final del proceso se ocasione con la presentación del robot terminado.
5. La Evaluación del impacto educativo ha de ser, como lo han definido, mediante la aplicación de un cuestionario, por lo tanto, no olvidar incluir un ítem en el cuestionario referido a las preferencias por el área de la ingeniería electrónica. Ahora bien, les propongo que el impacto educativo, se entienda como el despertar de emociones positivas hacia la posibilidad de cursar estudios superiores en el campo de la ingeniería electrónica.

Quedo atenta a cualquier inquietud que pueda surgir ante esta constancia y les remito, igualmente, la evaluación de las guías pedagógicas y del cuestionario que avalan su aplicación.

Saludo cordial,

Iveth Salamanca
cc 51578930
cel 3006007358
iveth.salamanca@outlook.com

Página 1 de 1

Anexo 20. CARTA AVAL DE GUÍAS Y CUESTIONARIO

Bogotá, D. C. 25 de Julio de 2021

Señoritas
Laura Stephania Díaz y Maria Camila Peña
Estudiantes de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás
Ciudad

Respetadas estudiantes.

Me permito dar constancia de la evaluación de las guías pedagógicas y el cuestionario diseñados como parte de la investigación *Diseño y Construcción de un Kit Modular para Dar Soporte y Fomentar Prácticas de Educación Media en Aplicaciones de Robótica Móvil*. La evaluación adoptó como criterios las sugerencias dadas y presentadas a ustedes los días 24 de noviembre de 2020 y 8 de abril de 2021. Cada uno de los cuatro aspectos puede recibir una valoración entre 1 y 20 puntos con una puntuación máxima de 100 puntos. Así, entre más se acerque a este valor mayor validez tienen:

N°	ASPECTOS RECOMENDADOS	PUNTAJE	COMENTARIO
1	Hay que recordar que, en el centro de todo, están los estudiantes, quienes son activos y partícipes de su proceso de aprendizaje. Hoy en día, se ha revaluado que quien aprende es una hoja en blanco y menos aún un recipiente donde se deposita toda clase de información.	18	Efectivamente el estudiante es el protagonista de su aprendizaje.
2	No olvidar que la educación media se rige por el aprender haciendo, para conjugar los tres saberes propios de la educación: Saber saber, saber hacer y saber ser, como lo propone el Ministerio de Educación Nacional (MEN). De esta manera, no se privilegia el saber teórico, sino que los tres saberes se conjugan en el hacer para dar cuenta de la formación integral. El proceso educativo se potencia con la dimensión actitudinal y de valores. Así, se han de proponer actividades que involucren teoría, práctica y motiven valores.	17	La actividad de taller, junto con las otras actividades, reúne la teoría y la práctica. Sin embargo, valdría la pena se hiciera mayor énfasis en los tres saberes que conforman las competencias académicas de la educación media.
3	La guía pedagógica es una unidad completa; por tanto, recomiendo partir de un momento de apertura con una fuerte sensibilización hacia el contenido a desarrollar y que, pasando por momentos de recreación en la práctica, concluya con un proceso de evaluación.	19	Esta concepción de unidad de todo el proceso se evidencia claramente.

4	La evaluación del aprendizaje se puede hacer con el seguimiento o verificación de la comprensión, mediante una retroalimentación permanente. Para el caso de sus guías, la evaluación final puede estar vinculada a la evaluación de los efectos del kit, toda vez, que no se busca evaluar exclusivamente el grado de profundidad del manejo conceptual y teórico respecto al kit, ni tampoco, la experticia pedagógica desplegada en el taller. Se trata de una invitación a despertar el interés por cursar el programa de ingeniería electrónica. En consecuencia, propongo que la evaluación al final del proceso se ocasione con la presentación del robot terminado.	18	Se ponen de manifiesto las tres instancias de evaluación. En este sentido este proceso es muy valioso.
5	La Evaluación del impacto educativo ha de ser, como lo han definido, mediante la aplicación de un cuestionario, por lo tanto, no olvidar incluir un ítem en el cuestionario referido a las preferencias por el área de la ingeniería electrónica. Ahora bien, les propongo que el impacto educativo, se entienda como el despertar de emociones positivas hacia la posibilidad de cursar estudios superiores en el campo de la ingeniería electrónica.	18	Considero muy acertado que en el cuestionario se haya acudido al uso de preguntas con respuestas asociadas a una escala de fácil de comprensión. Además, se aprecia el valor de retroalimentación del instrumento respecto al ejercicio pedagógico, ya que las respuestas explicativas o aclaratorias han de fortalecer el taller para futuras aplicaciones.

Con un puntaje total de 90 puntos sobre un total de 100, doy aval a las guías pedagógicas y al cuestionario. Esto representa que las guías y el cuestionario podían ser aplicados como parte de la investigación, y además en futuros talleres.

Quedo atenta a cualquier inquietud que pueda surgir con esta valoración. Espero el mayor éxito en la terminación de este estudio.

Saludo cordial,



Iveth Salamanca
cc 51578930
Cel 3006007358
iveth.salamanca@outlook.com

Anexo 21. VIDEO SOBRE EL TALLER CON ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA

Se adjunta un archivo magnético en formato .mp4 de nombre Video_Taller_2021.mp4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KIT MODULAR PARA DAR SOPORTE Y FOMENTAR PRÁCTICAS DE EDUCACIÓN MEDIA EN APLICACIONES DE ROBÓTICA MÓVIL

Universidad Santo Tomás

