Diseño y desarrollo de herramientas didácticas para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial en la materia fundamentos de diseño mecatrónico.

Sergio Fabian García Benavides

Trabajo de Grado para Optar al título de Diseñador Industrial

Director

Israel Garnica Bohórquez

Mgtr. Ingeniería Industrial

Codirectores

Clara Isabel López Gualdrón

Ph. D. Ingeniería Área Gestión Tecnológica

Jorge Leonardo Soto Garnica

Diseñador Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Diseño Industrial

Bucaramanga

2025

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la sabiduría, la fuerza y la oportunidad de culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A mi familia, que ha sido el pilar más importante y fundamental en este camino. A mis padres, por su amor incondicional, su constante apoyo y por enseñarme el valor de la perseverancia y el esfuerzo. A mi hermano, por ser una fuente de motivación y compañía en los momentos difíciles. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado.

No puedo dejar de agradecerle a la Universidad Industrial de Santander, en especial a la Escuela de Diseño Industrial, que no solo me brindo los recursos y espacios para aprender, crear y diseñar, sino que me permitió crecer en un ambiente colaborativo y de excelencia académica.

Quiero agradecer a mis profesores, especialmente a Israel Garnica, Clara López y Jorge Leonardo Soto, por la confianza depositada en este proyecto, por su dedicación, apoyo incondicional y sus valiosos concejos que me brindaron durante todo el proceso. Su orientación ha sido fundamental para llevar adelante este proyecto y para mi desarrollo académico.

A mis compañeros, con quienes compartí muchos retos y momentos desafiantes. En especial a Darling, su apoyo, su amistad y concejos fueron esenciales para lograr el desarrollo de muchos proyectos. también agradezco a los estudiantes de fundamentos de diseño mecatrónico, con quienes realicé mis prácticas y desarrollé mi tesis, sin ellos esto no podría ser realidad.

Finalmente, a la Selección de natación UIS, a cargo del entrenador Cesar Sanchez por permitirme ser parte del equipo que me enseño la importancia de la diciplina, la dedicación y el trabajo en equipo.

Al grupo de investigación GEPS, a cargo de la Doctora María Fernanda Maradei, por guiarme en el camino de la investigación y brindarme herramientas necesarias para crecer académica y profesionalmente;

A Macondo UIS, a cargo de la directora Carolina Delgado, por brindarme las puertas al aprendizaje de la riqueza cultural, musical y dancística de las tradiciones afrocolombianas, las cuales han nutrido mi perspectiva y admiración por nuestra identidad colombiana.

Gracias a todos por su valioso aporte en mi formación profesional y personal.

Dedicatoria

"***Dedico este trabajo a mis padres, quienes me enseñaron el valor del esfuerzo y sacrificio, y a Dios, por guiarme siempre en este camino”***

Tabla de contenido

Introducción 17

1. Planteamiento de la oportunidad de diseño 18

1.1. Descripción del problema 18
1.2. Contextos que originan la situación de estudio 19
1.3. Marco Teórico 21
1.3.1. Fundamentos de diseño Mecatrónico 22
1.3.2. Proyecto Integrador 22
1.3.3. Diseño y Electrónica 22
1.3.4. Sensores 23
1.3.5. Motores y Actuadores 24
1.3.6. Aprendizaje en la UIS 26
1.3.7. Competencias STEM 27
1.3.8. Aprender Haciendo 27
1.4. Antecedentes de la situación de estudio 27
1.5. Alcances 34
1.6. Justificación 35
1.7. Pregunta de Diseño 37

2. Objetivos 37

2.1. Objetivo general 37
2.2. Objetivos específicos 37

3. Metodología 38

4. Resultados 41

4.1. Fase de Análisis 41
4.1.1. Diagnóstico previo 41
4.1.2. Entrevistas. 43
4.1.3. Observación directa 43
4.1.4. Encuestas 44
4.1.5. Análisis dimensional 46
4.1.6. Matriz de Riesgos 48
4.1.7. Análisis de dispositivos 49

4.1.8. Usuario Arquetipo 51
4.1.9. Brief de producto 52
4.1.10. Requerimientos y parámetros 55
4.2. Fase Construcción 59
4.2.1. Inspiración creativa 59
4.2.2. Funciones 63
4.2.3. Alternativas 66
4.2.4. Selección de alternativa 71
4.24.1. Alternativa de estación meteorológica 71
4.2.4.2. Alternativa de brazo robótico. 75
4.2.4.2 Alternativa de seguidor de línea. 79
4.2.4.2 Alternativa de Banco de sensores, actuadores y motores. 83
4.2.5. Desarrollo de alternativa 86
4.2.6. Impacto Ambiental 89
4.2.7. Desarrollo de contenido 97
4.2.8. Construir prototipos funcionales para verificaciones. 101
4.2.9. Fichas técnicas 103
4.2.10. Verificaciones 107
4.3. Fase de Evaluación 118
4.3.1. Protocolo de validación 118
4.3.1.1. Pregunta de Diseño 119
4.3.1.2. Hipótesis 119
4.3.1.3. Variables 119
4.3.1.4. Participantes 120
4.3.1.5. Esquema experimental 120
4.3.1.6. Materiales y Métodos 121
4.3.1.7. Procedimiento 123
4.3.1.8. Herramientas 127
4.3.2. Análisis de resultados 128
4.3.2.1. Estadístico 128
4.3.2.2. Cualitativo 139
5. Conclusiones 142
6. Referencias Bibliográfica 146

7. Apéndices 151

Lista de figuras

Figura 1. Sensor HC-SR04 y DHT11..... 23
Figura 2. Partes principales de um motor..... 24
Figura 3. Funcionamento de um motor..... 25
Figura 4. Servomotor SG90 y motorreductor de 9v..... 26
Figura 5. LEGO MINDSTORMS Educational Ev3. 29
Figura 6. VEX GO. 29
Figura 7. Kit Sensor Arduino 30
Figura 8. Robot Edison..... 30
Figura 9. Mi Amigo Robi. 30
Figura 10. Estación de pruebas para prácticas de motores y sensores 31
Figura 11. Modulo interactivo para sistemas de control mecatrónico..... 33
Figura 12. Banco de Laboratorio del colegio Dámaso Zapata. 34
Figura 13. Estrategia de enseñanza para fortalecer el aprendizaje en FDM…..... 40
Figura 14. Análisis de la asignatura FDM. 41
Figura 15. Mood board..... 60
Figura 16. Concept board. 61
Figura 17. Tipografía Akronim..... 62
Figura 18. Tipografía Abril Fataface..... 63
Figura 19. Paleta de colores……..... 63
Figura 20. Diagrama *Fast* de estación meteorológica……..... 64
Figura 21. Diagrama *Fast* de brazo robótico..... ……..... 64
Figura 22. Diagrama *Fast* de seguidor de línea.....……..... 65
Figura 23. Diagrama *Fast* de banco de sensores, motores y atuadores..... 65
Figura 24. Bocetos de alternativa de estación meteorológica…..... 66
Figura 25. Lluvia de ideas asistida por IA, estación meteorológica…..... 67
Figura 26. Bocetos de alternativa de brazo robótico……..... 67
Figura 27. Lluvia de ideas asistida por IA, brazo robótico……..... 68
Figura 28. Bocetos de alternativa de seguidor de línea...……..... 68
Figura 29. Lluvia de ideas asistida por IA, brazo seguidor de línea..... 69
Figura 30. Bocetos de alternativa de banco de sensores, motores y actuadores..... 70
Figura 31. Lluvia de ideas asistida por IA, banco de sensores, motores y actuadores. 70

Figura 32. Boceto de Z-Weather..... 72
Figura 33. Boceto de Tem-Hum..... 73
Figura 34. Boceto de Ambientalx..... 74
Figura 35. Boceto de Arm-bot..... 75
Figura 36. Boceto de Armtronik..... 76
Figura 37. Boceto de Pentarm..... 77
Figura 38. Boceto de -Follow-..... 79
Figura 39. Boceto de Need for Speed..... 80
Figura 40. Boceto de D2 line..... 81
Figura 41. Boceto de MEC box..... 83
Figura 42. Boceto de + DEV MAS- 84
Figura 43. Boceto de + DIS -- ELE -..... 85
Figura 44. Prototipos de papel, cartón y mdf de estación meteorológica……..…. 87
Figura 45. Prototipos de cartón y mdf de brazo robótico……..... 87
Figura 46. Prototipos de cartón y mdf de seguidor de línea……..... 88
Figura 47. Prototipos de papel, cartón y mdf de banco +DEV MAS-….... 89
Figura 48. Modelado 3D de banco de la estacion meteorológica..... 91
Figura 49. Modelado 3D de brazo robótico..... 91
Figura 50. Modelado 3D de banco de sensores, motores y actuadores. 92
Figura 51. Logo -DEV MAS+. 97
Figura 52. Diagramación del manual de la estación meteorológica..... 98
Figura 53. Diagramación del manual teórico del banco..... 99
Figura 54. Diagramación del manual práctico del banco. 100
Figura 55. Desarrollo de empaque de kits de la estación y el brazo robótico 100
Figura 56. Desarrollo de empaque del banco DEV MAS..... 101
Figura 57. Prototipos finales de las tres herramientas..... 101
Figura 58. Planos de corte de las piezas, estación meteorológica, brazo y banco... 102
Figura 59. Evidencia fotográfica validaciones (evaluación)..... 124
Figura 60. Evidencia fotográfica validaciones (usando banco). 125
Figura 61. Evidencia fotográfica validaciones (Interactuando Kits). 126
Figura 62. Evidencia fotográfica validaciones (Interactuando profesor)..... 127
Figura 63. Gráfico con resultados de las pruebas realizadas con la estación..... 128

Figura 64. Gráfico con resultados de las pruebas realizadas con el brazo. 129
Figura 65. Gráficos de identificación con el banco 2024-1 y 2024-2 131
Figura 66. Gráficos de conocimiento de función con el banco 2024-1 y 2024-2. 132
Figura 67. Gráficos de graficar esquema con el banco 2024-1 y 2024-2 135
Figura 68. Gráfico de nivel de desarrollo de proyectos integradores 2024-1 137
Figura 69. Imágenes de proyectos integradores semestre 2024-1 137
Figura 70. Gráfico de nivel de desarrollo de proyectos integradores 2024-2 138
Figura 71. Imágenes de proyectos integradores semestre 2024-2 139

Lista de tablas

Tabla 1. Comparativa de dispositivos o kits de robótica más utilizados. 28
Tabla 2. Ventajas y desventajas de estacion de pruebas para prácticas. 32
Tabla 3. Ventajas y desventajas de módulo interactivo 33
Tabla 4. Ventajas y desventajas del banco de laboratorio. 34
Tabla 5. Fases metodológicas relacionadas con actividades.. 38
Tabla 6. Lista de deseos. 45
Tabla 7. Resultados de los semestres 2019- hasta el 2023-2 46
Tabla 8. Matriz DOFA.. 47
Tabla 9. Matriz de riesgo. 48
Tabla 10. lista de sensores, motores y actuadores usados en proyectos.. 50
Tabla 11. Brief del producto. 52
Tabla 12. Requerimientos de diseño. 56
Tabla 13. Lineamientos gráficos de las herramientas. Elaboración propia. 62
Tabla 14. Matriz pugh para selecciona alternativa de estación. 74
Tabla 15. Matriz pugh para selecciona alternativa de brazo robótico. 78
Tabla 16. Matriz pugh para selecciona alternativa de seguidor de línea. 82
Tabla 17. Matriz pugh para selecciona alternativa de banco. 86
Tabla 18. *Bills of material* de la estación meteorológica. 90
Tabla 19. *Bills of material* del brazo robótico.. 9191
Tabla 20. *Bills of material* del banco de sensores, motores y actuadores. 93
Tabla 21. Matriz MET de los tres dispositivos. 955
Tabla 22. Ficha técnica de la estación meteorológica.. 103
Tabla 23. Ficha técnica del brazo robótico.. 104
Tabla 24. Ficha técnica del Banco de sensores, motores y actuadores. 105
Tabla 25. Verificación de requerimientos de estacion y brazo robótico. 107
Tabla 26. Verificación de requerimientos de banco DEV MAS. 109
Tabla 27. Verificaciones de estación meteorológica.. 113
Tabla 28. Encuesta SUS de estación meteorológica.. 114
Tabla 29. Verificaciones del Brazo robótico.. 115
Tabla 30. Encuesta SUS de Brazo robótico.. 116

Tabla 31. Verificaciones del Banco de sensores, motores y actuadores. 116
Tabla 32. Encuesta SUS Banco de sensores, motores y actuadores.. 118
Tabla 33. Variables.. 119
Tabla 34. Esquema experimental.. 120
Tabla 35. Datos de semestre 2024-1 y 2024-2 con la estación.. 128
Tabla 36. Datos de semestre 2024-1 y 2024-2 con el brazo..... 130
Tabla 37. Datos de identificación con el banco 2024-1 y 2024-2. 131
Tabla 38. Datos de funcionalidad con el banco 2024-1 y 2024-2. 133
Tabla 39. Clasificacion de esquemas. 134
Tabla 40. Datos de graficar esquemas con el banco 2024-1 y 2024-2.. 135
Tabla 41. Resultados proyectos integradores semestre 2024-1..... 136
Tabla 42. Resultados proyectos integradores semestre 2024-2..... 138

Lista de Apéndices

Apéndice 1. *Resultado de encuesta de estudiantes antiguos.*

Apéndice 2. *Cronograma de actividades semestre 2023-1*

Apéndice 3. *Transcripción entrevista con el profesor Israel Garnica*

Apéndice 4. *Transcripción entrevista con el profesor Jhon Faber Archila*

Apéndice 5. *Diagnóstico previo por Sergio García, estudiante.*

Apéndice 6. *Mapas de empatía (Estudiantes y docente).*

Apéndice 7. *Resultados de la encuesta realizada a estudiantes (2019-2021).*

Apéndice 8. *Árbol del problema.*

Apéndice 9. *lista de proyectos integradores (2019-2023).*

Apéndice 10. *Usuarios Arquetipo.*

Apéndice 11. *Manual de construcción de estación meteorológica.*

Apéndice 12. *Manual de construcción de Brazo robótico.*

Apéndice 13. *Manual teórico del banco de sensores y motores.*

Apéndice 14. *Manual práctico del banco de sensores y motores.*

Apéndice 15. *Archivo de los tres empaques desarrollados.*

Apéndice 16. *Archivo en tamaño real de piezas de estación meteorológica, barco robótico y banco de sensores motores y actuadores.*

Apéndice 17. *Consentimiento informado.*

Apéndice 18. *Encuesta SUS de la estación meteorológica*

Apéndice 19. *Resultados encuesta SUS de la estación meteorológica.*

Apéndice 20. *Encuesta SUS del brazo robótico.*

Apéndice 21. *Resultados encuesta SUS del brazo robótico.*

Apéndice 22. *Encuesta SUS del banco DEVMAS.*

Apéndice 23. *Resultados encuesta SUS del banco DEVMAS.*

Apéndice 24. *Protocolos de validación.*

Apéndice 25. *Cuestionario de evaluación (Bacno).*

Apéndice 26. *Cuestionario de evaluación estación meteorológica.*

Apéndice 27. *Cuestionario de evaluación brazo robótico.*

Apéndice 28. *Cuestionario Focus Group*

Apéndice 29. *Resultados de validaciones.*

Apéndice 30. *Circuito propuesto en cuestionario de conocimiento previo*

Apéndice 31. *Esquemas desarrollados por los estudiantes en la validación.*

Apéndice 32. *Comentarios y opiniones de las herramientas.*

Resumen

Título: Diseño y desarrollo de herramientas didácticas para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial en la materia fundamentos de diseño mecatrónico. *

Autor: Sergio Fabian García Benavides **

Palabras Clave: Diseño mecatrónico, electrónica, programación, sensores y motores, didáctica y STEM.

Descripción: Fundamentos de diseño mecatrónico (FDM), asignatura ofrecida en la carrera de Diseño Industrial de la UIS,busca enseñar el contenido de los temas, electrónica básica, programación básica, sensores y motores de una manera didáctica y práctica, con el fin de generar un método de enseñanza más dinámico para fortalecer el tiempo de trabajo independiente de los estudiantes en la materia.

En este trabajo de grado se desarrolló una idea que aporta a dicha meta mediante la ayuda del campo del Diseño Industrial, a partir del "Diseño y desarrollo de dispositivos didácticos para fortalecer el aprendizaje de estudiantes de diseño industrial en la materia fundamentos de diseño mecatrónico.", de forma que los estudiantes logren tomar decisiones a la hora de desarrollar modelos y prototipos funcionales que tengan dispositivos electrónicos.

Como resultado se obtuvo la creación de dos kits didácticos y un banco de sensores, motores y actuadores, los cuales permitieron fortalecer su aprendizaje, a través de la percepción de satisfacción, utilidad, nivel de aprendizaje y confianza en el desarrollo de proyectos futuros; esta experiencia práctica que desarrollaron los estudiantes les permitió desarrollar habilidades para la solución de problemas y trabajo en equipo.

Toda esta investigación permitió crear un sistema de enseñanza para fortalecer el aprendizaje de la asignatura FDM, el cual está compuesto por cuatro pilares importantes: Teoría, simulación, programación y retos, todos esto se convierte en piezas fundamentales en la educación STEM.

***Trabajo de Grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Diseño industrial. Director: Israel Garnica Bohórquez. Codirectores: Clara Isabel López Gualdrón, Jorge Leonardo Soto Garnica.

Abstract

Título: "Design and Development of Didactic Tools to Strengthen the Learning of Industrial Design Students in the Subject of Mechatronic Design Fundamentals.". *

Author: Sergio Fabian García Benavides **
Keywords: Mechatronic Design, Electronics, Programming, Sensors and Motors, Didactics, and STEM.

Description: The course ***Mechatronic Design Fundamentals*** **(**MDF), offered in the Industrial Design program at UIS, aims to teach basic electronics, basic programming, sensors, and motors in a didactic and practical way.The goal is to create a more dynamic teaching method to enhance students' independent study time in the subject.

This undergraduate thesis developed an idea that contributes to this goal through the field of Industrial Design. It focuses on the **"*Design and Development of Didactic Devices to Strengthen the Learning of Industrial Design Students in the Subject of Mechatronic Design Fundamentals*",** allowing students to make decisions when developing models and functional prototypes that incorporate electronic components.

As a result, two didactic kits and a bank of sensors, motors, and actuators were created, which helped strengthen students' learning by improving their perception of satisfaction, usefulness, learning level, and confidence in future project development. This hands-on experience enabled students to develop problem-solving and teamwork skills.

This research led to the creation of a teaching system to enhance the learning of the MDF course, structured around four key pillars: theory, simulation, programming, and challenges. These components become fundamental elements in STEM education.

*****Bachelor Thesis
** Faculty of Physical and Mechanical Engineering, School of Industrial Design. Director: Israel Garnica Bohórquez. Co-directors: Clara Isabel López Gualdrón, Jorge Leonardo Soto Garnica.

Introducción

Los diseñadores industriales, se forman aprendiendo de diversas áreas de conocimiento. Cada día todos los productos tanto físicos como digitales, van evolucionando a pasos grandes y esto se debe a los avances tecnológicos; Actualmente es muy importante que los diseñadores sean profesionales multidisciplinarios, que les permitan participar en desarrollo de diferentes proyectos, donde pueda aportar desde la perspectiva del diseño de producto y tomar decisiones en el desarrollo de proyectos.

Para los diseñadores industriales, el conocimiento de la mecatrónica es fundamental para la creación de productos innovadores y de alta calidad. La capacidad de integrar los elementos mecánicos y electrónicos en un solo sistema permite la creación de productos que son más fáciles de usar, más eficientes y duraderos. (Palacios-Cabrera, Leija, & Hernández-Gress, 2020)

Hoy en día, la Universidad Industrial de Santander ofrece diferentes campos de aprendizaje en el desarrollo de la carrea de diseño industrial, los cuales se desempeñan en temas de diseño por manufactura, materiales, gestión de proyectos, identidad gráfica, diseño de experiencias, desarrollo tecnológico entre otros; buscado formar un diseñador industrial integral que pueda tener suficientes herramientas en el campo laboral. Es por esto que a los estudiantes de diseño industrial en la Universidad Industrial de Santander se les imparte la materia fundamentos de diseño mecatrónico, con el fin de tener bases tecnológicas para el desarrollo de un producto.

Esta materia representa un desafío para muchos estudiantes, debido a los contenidos que posee, y puede percibirse por los estudiantes como una asignatura de aprendizaje complejo, puesto que ellos no están familiarizados con diseño de circuitos, funcionamiento de sensores, motores y aprendizaje de lenguaje para programar los dispositivos.

1. Planteamiento de la oportunidad de diseño

1.1. Descripción del problema

Fundamentos de diseño Mecatrónico es una asignatura difícil para los estudiantes, ya que ellos deben aprender nuevos temas que para muchos son complejos y nunca han tenido contacto. Debido a esto, se realizó una encuesta a 20 estudiantes que ya habían aprobado la materia y tienen la experiencia en la realización de su proyecto integrador, con el fin de conocer qué dificultades recordaban durante el desarrollo de la asignatura, temáticas y su proyecto final.

En los resultados obtenidos en la encuesta realizada, se observó que el 60% de los estudiantes encuestados conocieron previamente muy poco o casi nula información acerca de motores y sensores; También el 50 % de los estudiantes consideraron difícil la selección de motores y sensores para el desarrollo de su proyecto final. Además, cerca del 40 % de los estudiantes consideraron que no tienen la confianza suficiente en sus capacidades para desarrollar prototipos funcionales que involucren sensores, actuadores. También se observó que el 65% de los estudiantes consideraron útil la materia para desarrollar prototipos funcionales que involucren sensores, actuadores. El 50 % de los estudiantes consideraron que fue difícil aprender el funcionamiento de dispositivos de control, sensores y motores. Finalmente, más del 50% de los estudiantes se sintieron satisfechos con la experiencia de la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico.

Ver Apéndice 1: Pagina 151: *Resultado de encuesta de estudiantes antiguos*.

Con respecto a estos resultados, se observó una problemática en la enseñanza de sensores, motores y actuadores, en la cual se necesita implementar una estrategia pedagógica, compuesta por un dispositivo que permita fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en la práctica de estos componentes, con el fin de que el desempeño y la experiencia de los estudiantes al interactuar con los mismos, les permita aumentar su conocimiento y desarrollar prototipos de mediana-alta calidad; Además le brinde al docente una herramienta pedagógica para explicar de una

manera real los diversos funcionamientos de los dispositivos.

Finalmente se buscó integrar un aprendizaje *"aprender haciendo",* este se basa en la idea de que el conocimiento se adquiere de manera más efectiva a través de la experiencia práctica. Según Kolb (1984), "el conocimiento se deriva de la interacción entre la experiencia activa y la reflexión".Además, Lave y Wenger (1991) afirman que "el aprendizaje ocurre a través de la participación en contextos auténticos y la participación en comunidades de práctica". Estos enfoques teóricos respaldan la importancia de la aplicación práctica del conocimiento para un aprendizaje significativo y duradero.

1.2. Contextos que originan la situación de estudio

Los estudiantes de diseño industrial en la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico (FDM), desarrollan diferentes prácticas y un proyecto integrador durante todo el semestre, en el cual deben utilizar diversos dispositivos electrónicos (sensores, motores, actuadores) y *"The Fun Theory"* para solucionar una problemática.

"The Fun Theory" es una iniciativa que busca cambiar el comportamiento humano para mejor a través de la incorporación de elementos divertidos en diversas situaciones. Su premisa es que, si las actividades cotidianas se vuelven más divertidas, las personas estarán más dispuestas a participar y a realizar cambios positivos. Un ejemplo emblemático es el experimento del "piano de la escalera" que convierte una escalera normal en un piano gigante, incentivando a las personas autilizar las escaleras en lugar de unas escaleras eléctricas. Según la teoría, el elemento lúdico motiva a las personas a elegir opciones más saludables o sostenibles (Sundare, Marathe, 2010).

Wolkswagen lanzó en 2009 la campaña "The fun theory", (La teoría de la diversión), basada en la idea de hacer las cosas divertidas pueden motivar cambios positivos en el comportamiento de las personas. Ellos querían demostrar que la felicidad y la diversión pueden influir en la toma de decisiones y mejorar la vida cotidiana. La campaña se enfocó en pequeños experimentos (Las escaleras piano, el basurero más profundo, la máquina de reciclaje que daba boletos de lotería, entre

otros) en espacios públicos, donde se introducían elementos lúdicos para fomentar comportamientos deseables. La campaña se viralizo rápidamente y demostró que el juego y la diversión pueden ser herramientas efectivas para cambiar hábitos. Además, **Wolkswagen** logró asociar su marca con la innovación y la sostenibilidad.

En el desarrollo del proyecto integrador, los estudiantes realizan 5 entregas, cada una respectivamente con su entregable:

En la primera entrega se desarrolla una presentación con diversas ideas o una idea definida, seguido por la problemática que desean abordar; se presenta la justificación del problema, árbol del problema, objetivos, metodología y alcances, con el fin de proponer un proyecto viable y que se pueda desarrollar en el transcurso del semestre. Esta entrega se realiza en la sexta semana de clases.

En la segunda entrega se desarrolla una investigación acerca de la problemática, donde surgen los requerimientos y parámetros del proyecto, se analiza el mercado actual, y con respecto a eso, se comienza a plantear posibles ideas, creando alternativas; finalmente se selecciona la alternativa más viable que cumpla los parámetros establecidos. Esta entrega se realiza en la novena semana de clases.

En la tercera entrega se les pide a los estudiantes seleccionar uno de los subsistemas que componen el proyecto, idealmente el de mayor complejidad, para materializarlo; los estudiantes deben construir los circuitos y programar los diversos dispositivos que componen ese subsistema, además se presenta el código utilizado y el esquema del circuito realizado. Esta entrega se realiza en la doceava semana de clases.

En la cuarta entrega de presenta el diagrama de flujo del proyecto y el diagrama o esquema electrónico final. Esta entrega se realiza en la quinceava semana de clases.

En la última y quinta entrega se presenta el resultado final, donde se hace una presentación, del circuito, código y prototipo final, con sus respectivas validaciones. Esta entrega se realiza en la diecisieteava semana de clases.

Se tomó como base este cronograma de actividades y en el cronograma de clases, se observó que el tema de sensores y motores, se aborda en la treceava semana, después de la tercera entrega,

entrega en la cual se debe hacer un prototipo de baja fidelidad donde los estudiantes deben construir circuitos y presentar el código de programación; esto genera que muchos estudiantes no logren desarrollar un prototipo aceptable, debido a que no saben qué dispositivos van usar en el desarrollo de su proyecto.

Ver Apéndice 2: Página 154: *Cronograma de actividades semestre 2023-1*

Aunque la materia busca que los estudiantes de manera autónoma investiguen y prueben dispositivos más complejos, la selección de estos puede sesgar el desarrollo del prototipo, sopesando lo conocido sobre lo que podrá dar mejores resultados en términos de facilidad de uso.; Por esta razón, los estudiantes no saben cuál sensor, motor o actuador es el indicado para su proyecto, ya que hay variedad de sensores y actuadores que puedan cumplir la necesidad en el proyecto. Claramente los estudiantes no van a comprar diversos dispositivos para descartar cual esel indicado, ya que el costo de cada dispositivo es alto y la disponibilidad, algunas veces es complicada. Es por esto por lo que el dispositivo pedagógico desarrollado en el proyecto les permitió conocer diversos sensores, motores, actuadores y poder hacer la selección indicada, además poder verificar su funcionamiento antes de desarrollar el prototipo de baja fidelidad.

1.3. Marco Teórico

En el desarrollo del proyecto, se planteó el uso de conceptos de fundamentos de diseño mecatrónico que permitan conectar con la enseñanza de dispositivos de mayor complejidad, los cuales se relacionan con el aprendizaje, la didáctica y las competencias STEM. Por ello el proyecto se enfoca en temas como los sensores, motores y actuadores, y cómo estos elementos se relacionan con el diseño industrial. El proyecto abarcó todos estos conceptos, desde el diseño de un dispositivo didáctico hasta su aplicación como herramienta de enseñanza.

1.3.1. Fundamentos de diseño Mecatrónico

El diseño mecatrónico se ha consolidado en una diciplina que combina diferentes áreas de la ingeniería, con el objetivo de crear sistemas innovadores y eficientes que satisfagan las necesidades específicas de la industria. Según Valderrama y Agudelo (2015), "el diseño mecatrónico es una herramienta que permite integrar la mecánica, la electrónica y el control para el diseño de sistemas que mejoran la eficiencia, la calidad, la seguridad y la confiabilidad en la producción de bienes y servicios". Como destaca W. Bolton en su libro "Mecatrónica" (2015) "En el proceso de diseño mecatrónico, es fundamental considerar aspectos como el análisis de sistemas, la selección de materiales, la ergonomía, la confiabilidad y la seguridad".

1.3.2. Proyecto Integrador

El proyecto integrador, es una actividad que se desarrolla durante todo el semestre, donde los estudiantes buscan solucionar una problemática de su entorno, aplicando la teoría de la felicidad y los principios de electrónica aprendida en clase, incluyendo el uso de dispositivos como lo son sensores, motores y actuadores. Los estudiantes deben realizar cinco entregas, en las cuales van explicando el desarrollo y van presentando avances durante todo el semestre hasta conseguir el modelo funcional o un prototipo. Según Chio, Gonzales, Maradey y Rueda (2021), "El proyecto integrador de Automatización Industrial les permite a los estudiantes desarrollar potencias profesionales en el Saber Hacer, ya que se crean prototipos funcionales siguiendo una estructura metodológica que parte de la investigación, pasa por el diseño y la construcción, y culmina con la puesta ne marcha. Este proceso les presenta la complejidad de los proyectos que podrán solventar a futuro."

1.3.3. Diseño y Electrónica

La relación entre diseño y electrónica es fundamental en la creación de productos tecnológicos,

ya que ambas diciplinas se complementan para producir dispositivos que satisfagan las necesidades del usuario de manera efectiva y eficiente. Según Zhang, Li, y Liu (2020), el diseño se enfoca en la creación de productos estéticos y funcionales, mientras que la electrónica se encarga de la implementación de sistemas electrónicos que permiten el funcionamiento del dispositivo. El diseño y la electrónica trabajan en conjunto para lograr la mejor experiencia de usuario.

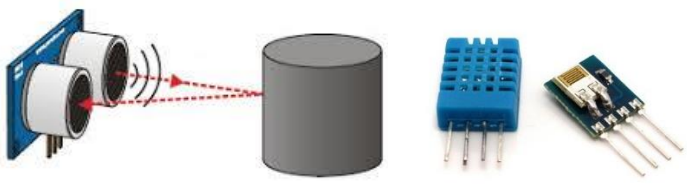
1.3.4. Sensores

En la industria del diseño, los sensores se han convertido en una herramienta esencialen la creación de productos modernos e innovadores (Lechner & Grahsl, 2019). Estos sensores permiten a los diseñadores conocer mejor a sus usuarios y crear soluciones que satisfagan sus necesidades específicas, lo que a su vez mejora la experiencia del usuario y aumenta la aceptación del producto en el mercado (Sanchez – Torres & Barragán, 2014). En el diseño industrial, los sensores se utilizan para monitorear y analizar el comportamiento humano, recopilando datos sobre sus preferencias.

Un sensor es un dispositivo que traduce estímulos de diferentes fuentes (como temperatura, distancia, humedad, presión, etc.) en señales analógicas o digitales, que luego serán procesadas por un microcontrolador. Entre los sensores más comunes se encuentran el sensor ultrasónico HC-SR04, el cual emite una señal ultrasónica y mide el tiempo que tarda en rebotaren un objeto, permitiendo calcular la distancia. También se encuentra el sensor de temperatura y humedad DHT11, el cual mide la temperatura y la humedad del aire utilizando un sensor de resistencia variable para la humedad y un termistor para la temperatura. (Figura 1)

Figura 1.

***Sensor HC-SR04 y DHT11. Fuentes**: (Arduino 2024)*



1.3.5. Motores y Actuadores

Los motores son una herramienta fundamental en el diseño mecatrónico, ya que permiten convertir la energía eléctrica en movimiento mecánico. Según el estudio de Chen y Li (2019), "la selección adecuada de los motores puede mejorar la eficiencia energética y reducir los costos de fabricaciónen el diseño mecatrónico". además, la investigación de De Castro y Filippetti (2021) indica que "la incorporación de motores de alta tecnología en el diseño mecatrónico ha permitido nuevas funcionalidades para una amplia gama de aplicaciones, como robots y sistemas automatizados".

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica a través de la interacción de campos magnético Las partes principales de un motor son los siguientes (Figura 2):

Rotor: parte móvil del motor que gira gracias al campo magnético generado por el estator.

Estator: parte fija que contiene bobinas o imanes que generan el campo magnético.

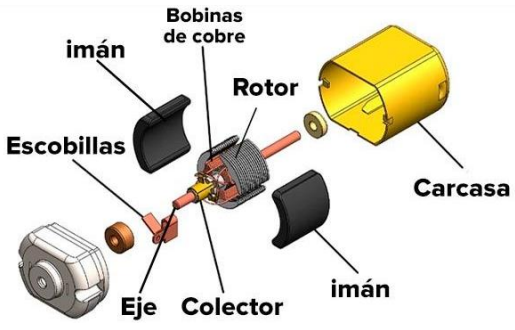
Escobillas y colector: transmiten la corriente eléctrica al rotor.

Bobinas o devanados: conductores por donde circula la corriente eléctrica, generando el campo magnético.

Carcasa: protege los componentes internos del motor.

Figura 2.

Partes principales de un motor. Fuentes: *(Arduino 2024)*

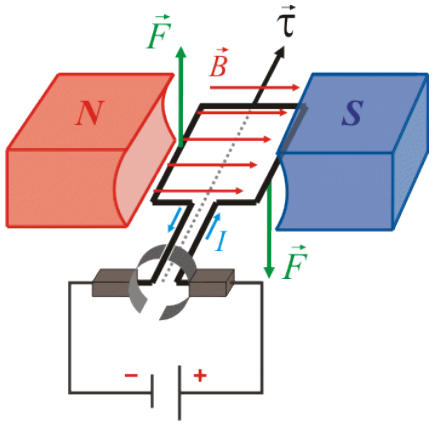


El principio de funcionamiento se basa en el electromagnetismo, esto quiere decir, cuando una corriente eléctrica pasa por un conductor dentro de un campo magnético, se genera una fuerza que produce movimiento, esta fuerza hace girar el rotor del motor, transformando la electricidad en movimiento

mecánico. (Figura 3)

Figura 3,

***Funcionamiento de un motor. Fuentes**: (Arduino 2024)*



En esta imagen:

B es la densidad de flujo o inducción magnética (Teslas).

I es la corriente eléctrica que fluye a través del conductor (Amperios).

F es la fuerza magnética que se produce sobre el conductor (Newton)

T es el torque o par motor (Newton – Metro)

N es el polo norte del campo magnético generado por los imanes en el motor.

S es el polo sur del campo magnético generado por los imanes en el motor.

Entre los motores más comunes se encuentran el servomotor SG90, es un motor de corriente continua que cuenta con un sistema de control de posición integrado. Este servomotor recibe una señal PWM (modulación por ancho de pulso) y ajusta su posición entre 0° y 180°. También se encuentra el motor de 9v, es un motor de corriente continua que funciona con un voltaje de 9v. Cuando se aplica un voltaje de 9v a los terminales, la corriente circula por las bobinas del rotor, generando un campo magnético. Este campo interactúa con los imanes del estator, produciendo un giro en el rotor. La velocidad de rotación varía según el voltaje aplicado. (Figura 4)

Figura 4.

Servomotor SG90 y motroreductor de 9 V *(Arduino 2024)*

1.3.6. Aprendizaje en la UIS

El aprendizaje de la mecatrónica y el diseño industrial es crucial en la formación de profesionales altamente calificados capaces de enfrentar los desafíos tecnológicos actuales. Según el estudio de Gómez-Montoya y León-Mancilla (2019), "el enfoque interdisciplinario de la mecatrónica y el diseño industrial permite abordar de manera innovadora los proyectos y desafíos actuales en áreas como la automatización, la robótica, la fabricación y la ingeniería". Además, el artículo de Bernal. (2020) destaca que "la implementación de la tecnología y el diseño inteligente en los procesos de producción es esencial para la competitividad empresarial en la actual economía globalizada".

Además, el modelo pedagógico de la Universidad Industrial de Santander (UIS) (Modelo pedagógico, 2021), se basa en la formación integral de sus estudiantes, promoviendo el desarrollo de habilidades y competencias necesarias para su desempeño académico y profesional. Unos de sus fundamentos son:

Formación por competencias: La UIS busca formar profesionales con conocimientos sólidos en su campo de estudio, pero también con habilidades transversales que les permitan adaptarse a los cambios y enfrentar los retos del entorno laboral. Se enfatiza el desarrollo de competencias genéricas como el pensamiento crítico, la capacidad de investigación, la comunicación efectiva, el trabajo en equipo y el liderazgo.

Aprendizaje activo: Se fomenta la participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Se promueven estrategias pedagógicas que involucran la resolución de problemas, el

trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en proyectos y la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

1.3.7. Competencias STEM

Las competencias STEM (acrónimo en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) son cada vez más relevantes en la formación de diseñadores industriales, ya que se trata de una disciplina que combina el diseño y la ingeniería, y que requiere de habilidades en matemáticas, ciencias y tecnología. En particular, la mecatrónica es una disciplina que puede ser de gran utilidad en la formación de diseñadores industriales, ya que les permite crear productos con funciones automatizadas y con una alta capacidad de interacción con el usuario. En su libro "Engineering Design and Graphics with SolidWorks", (Bethune, 2016) destaca la importancia de la educación STEM en la formación de diseñadores industriales, y señala que la mecatrónica es una disciplina clave para la creación de productos innovadores.

1.3.8. Aprender Haciendo

“Aprender Haciendo” se basa en la idea de que el conocimiento se adquiere de manera más efectiva a través de la experiencia práctica. Según Kolb (1984), “el conocimiento se deriva de la interacción entre la experiencia activa y la reflexión” (p.41). Además, Lave y Wenger (1991) afirman que “el aprendizaje ocurre a través de la participación en contextos auténticos y la participación en comunidades de práctica” (p.29) Estos enfoques teóricos respaldan la importancia de la aplicación del conocimiento para un aprendizaje significativo y duradero.

1.4. Antecedentes de la situación de estudio

En la actualidad se han desarrollado diversos dispositivos que buscan enseñar la mecatrónica, en

los cuales se usan sensores, motores y actuadores. Existen varios kits y plataformas muy reconocidas a nivel internacional, los cuales han desarrollado múltiples productos para la enseñanza. En esta sección se realizó una comparación entre varios dispositivos o kits de robótica más utilizados y conocidos a nivel mundial (Tabla1), destacándolas características principales para esta investigación.

Tabla 1.

Comparativa de dispositivos o kits de robótica más utilizados. Elaboración propia.

Características	***LEGO Mindstorms Education Ev3***	***VEX GO***	***Sensor Arduino***	***Edison***	***Mi amigo Robi Dagabots***
Componentes	Smart Brick 3 servos 4 sensores Cables Legos	Brain Batería Sensores Actuadores Motores	5 sensores Leds Actuadores Pantalla OLED Motores	Sensores Motores Estructura Leds Ruedas	Estructura Motores Sensores Ruedas
Edad	10+	8+	8+	8+	5+
Precio	Desde $800 USD	Desde $250 USD	Desde $65 USD	Desde $80 USD	Desde $160 USD
Software de Programación	Ev3 clasroom Ev3 Lab	VEXcode GO	Arduino IDE	EdBlocks EdScratch	Scratch
Ventajas	Facilita comprensión de los conceptos STEM y fomenta la creatividad	Es compatible con otros kits VEX, para explorar nuevas ideas.	Los sensores son compatibles con la mayoría de las placas y componentes Arduino.	Se puede programar y controlar de manera inalámbrica, como tables, pc o smartphones.	Posee una variedad de recursos educativos, como guía, tutoriales y actividades.
Desventajas	Sin experiencia previa en robótica, puede llevar tiempo familiarizarse con el kit.	Tiene un alcance limitado en termino de variedad, piezas y sensores.	Puede haber limitaciones en cuanto a capacidad para procesar y almacenar, lo que puede restringir el tamaño y complejidad de los proyectos.	Los estudiantes pueden eatar limitados a esa plataforma, ya que un software específico para interactuar.	Puede requerir accesorios adicionales o software específico para aprovechar todas sus funciones.
Desarrollo	Grupal	Individual	Individual	Grupal	Individual

Los productos mencionados anterior mente en la tabla, como lo es el *Lego mindstorm education v3*, *Vex go*, sensor Arduino y *Edison* son productos internacionales que estas disponibles

para envío a Colombia; *Mi amigo Robi* está disponible en la ciudad de Bucaramanga. Todos estos dispositivos están adecuados para el trabajo grupal e individual, practico para el uso en aula de clase.

El kit LEGO MINDSTORMS Educational Ev3 core set (Figura 5) es una solución STEM versátil y práctica que involucra a los estudiantes al proporcionarles los recursos necesarios para diseñar, construir y programar sus propias creaciones, al tiempo que desarrollan habilidades como la creatividad, el pensamiento crítico, comunicación y trabajo en equipo.

Figura 5.

LEGO MINDSTORMS Educational Ev3. *Fuente: (LEGO 2023).*

El kit VEX GO (Figura 6), es otra solución de enseñanza, los estudiantes pueden aprender a construir y programar robots, brindándole una experiencia divertida y práctica para comprender los fundamentos STEM, además fomenta la creatividad al permitirles diseñar y construir diferentes modelos de robots.

Figura 6.

VEX GO. Fuentes*: (VEX Robotic 2023).*

El kit de Sensores de Arduino (Figura 7), esta diseñado para principiantes en el mundo de la robótica, los cuales buscan explorar el amplio campo de la electrónica y la programación. Proporciona enseñanza sobre cómo conectar y programar módulos básicos que incluyen sensores y

actuadores.

Figura 7.

Kit Sensor Arduino. *Fuentes: (Arduino 2023).*

Edison (Figura 8), es un robot programable diseñado específicamente para ser una solución integral de enseñanza STEM en robótica y programación para estudiantes. También potencia a los estudiantes, fomentando su capacidad para resolver problemas y pensar de manera creativa.

Figura 8.

Robot Edison. Fuente: *(Edison 2023).*

Mi amigo Robi (Figura 9) es un robot amigable que permite a los estudiantes programarlo y participar en emocionantes experiencias y proyectos, lo cual fomenta el desarrollo de habilidades intelectuales y competencias en tecnologías de la información y comunicación (TIC). Este robot incluye accesorios, software especializado y un aula virtual amigable que brinda apoyo a estudiantes y docentes.

Figura 9.

Mi Amigo Robi. *Fuente (Dagabot 2023)* .

En el desarrollo de este proyecto, fue relevante investigar, no únicamente kits de robótica comercial conocidos a nivel internacional, como se mencionaron anteriormente, sino también las investigaciones realizadas anteriormente por estudiantes se han encontrado diversos proyectos.

Se encontró la siguiente investigación ***Diseño y construcción de una estación de pruebas para prácticas con motores y sensores aplicada a laasignatura fundamentos de diseño mecánico, conceptualización del taller investigación en la Universidad Industrial de Santander*** *(Calderón, Rodríguez & Archila, 2006)*.

El propósito de este proyecto fue diseñar y construir un modelo de estación de pruebas para realizar prácticas de sensores y motores, que le permitió a los estudiantes conocer su funcionamiento e implementación y que funcionó de apoyo para la asignatura "fundamentos de diseño mecatrónico", además, realizar la conceptualización del taller.

Se formularon seis prácticas a realizar en la estación de pruebas, una de electrónica, dos de motores y tres de sensores que permitieron a los estudiantes de diseño industrial a familiarizarse con conceptos relacionados con las nuevas tecnologías. (Figura 10).

Figura 10.

Estación de pruebas para prácticas de motores y sensores. *(2006).*

Algunas ventajas y desventajas de este proyecto son las siguientes (Tabla 2):

Tabla 2.

Ventajas y desventajas de estación de pruebas para prácticas. Elaboración propia.

Ventajas	Desventajas
Mejoró la enseñanza práctica, ya que brindó una plataforma para aplicar los conocimientos teóricos en situaciones reales.	La inversión en materiales, componentes electrónicos y software puedo ser significativo.
Optimizó tiempos y recursos, con el uso de la estación de pruebas propio, facilitando el acceso a la herramienta dentro del campus.	Los estudiantes y los profesores necesitaron ser capacitados para utilizar la estación de una manera óptima.
Los estudiantes pudieron experimentar con motores y sensores, lo que les permitió comprender mejor su funcionamiento y aplicaciones.	Se necesita un plan de mantenimiento y actualización para evitar que la estación de pruebas se vuelva obsoleto con el tiempo.
Sirvió como base practica para los proyectos integradores de los estudiantes.	Se necesitó adecuar un espacio específico dentro de la universidad para su instalación.
Su diseño puede ser utilizado en otras asignaturas relacionadas con electrónica.	Pueden surgir errores de diseño o fallas en el hardware o software que requieran ajustes constantes.

También se desarrolló un ***Módulo interactivo para la enseñanza y el aprendizaje de los sistemas de control básico utilizados en mecatrónica, diseño y construcción.*** *(Gómez & Higuera, 2012)*

La implementación de un módulo interactivo de control como parte del desarrollo de la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico tuvo como objetivo formar profesionales de Diseño Industrial con conocimientos básicos de mecatrónica. El módulo que se presenta en este proyecto consistió en una unidad central la cual contiene los autómatas *LOGO Siemens*, un PLC S7-200 CPU 22 y una fuente de poder LOGO POWER24V.

Este proyecto desarrolló 6 ejercicios de aplicación en el módulo, estructurados de tal modo que pudieron ser realizados por los usuarios sin experiencia en automatización, pero con conocimiento previo del tema. Las aplicaciones de mecatrónica en la etapa de diseño estuvieron determinadas por interacciones didácticas apropiadas de acuerdo con el objetivo planteado (Figura 11).

Figura 11.

Modulo interactivo para sistemas de control mecatrónico. *(2012).*

Algunas ventajas y desventajas de este proyecto son las siguientes (Tabla 3):

Tabla 3.

Ventajas y desventajas de Módulo interactivo. Elaboración propia.

Ventajas	Desventajas
Facilitó la comprensión de los sistemas de control en mecatrónica mediante la experimentación directa.	La construcción del módulo requirió una inversión en materiales, sensores, actuadores y software especializado.
Puede adaptarse a diferentes niveles educativos y diciplinas dentro de la ingeniería y la automatización.	Es posible que se necesiten dispositivos adicionales para su uso, lo cual podría ser una limitación en algunos entornos.
Los estudiantes adquirieron competencias prácticas en el diseño, construcción y aplicación de sistemas de control.	El módulo puede volverse obsoleto si no se actualizan sus componentes tecnológicos.
Proporciono un aprendizaje más dinámico y atractivo.	Se puede necesitar adecuar un área específica dentro de laboratorios o aulas para su funcionamiento.
Puede servir como base para proyectos más avanzados en automatización y control industrial.	Como todo sistema electrónico, puede presentar fallos o errores que requieran ajustes constantes.

Por otra parte, se desarrolló un proyecto institucional desarrollado por la UIS para promover la enseñanza y los procesos educativos; ***Proyecto Renovación Laboratorios Institución Técnico Superior Dámaso Zapata.*** (Fonseca & Niño, 2022)

Este proyecto fue una iniciativa en conjunto de la Universidad Industrial de Santander (UIS), la Cámara de Comercio de Bucaramanga (CCB), y la Electrificadora de Santander (ESSA), buscaron promover el uso de las tecnología como estrategia de fortalecimiento educativo; brindando herramientas para la educación en la especialidad de electricidad, a través del diseño y la construcción

de cinco bancos de trabajo de instalaciones eléctricas domiciliarias, máquinas eléctricas, energía solar, así como material pedagógico orientado al uso de tecnologías emergentes y TIC, que apoyan el proceso educativo en el marco de las aulas STEM. (Figura 12)

Figura 12.

Banco de Laboratorio del colegio Dámaso Zapata. *(UIS, 2024).*

Algunas ventajas y desventajas de este proyecto son las siguientes (Tabla 4):

Tabla 4.

Ventajas y desventajas del banco de laboratorio. Elaboración propia.

Ventajas	Desventajas
Actualizar los laboratorios proporcionó un entorno más adecuado para la enseñanza práctica.	La renovación de laboratorios requiere un presupuesto significativo para adquisición de equipos y adecuaciones.
Permitió incorporar equipos modernos y herramientas que facilitan el aprendizaje de nuevas tecnologías.	Los docentes y estudiantes necesitan formación para manejar los nuevos equipos y tecnologías.
La renovación incluyo medidas de seguridad y ergonomía, reduciendo riesgos de accidentes.	Los equipos modernos requieren mantenimientos frecuentes para evitar fallos y garantizar su funcionamiento.
Los equipos más avanzados permitieron realizar experimentos y prácticas más realistas y cercanas a la industria.	Se necesitó adecuar un área específica dentro de laboratorios o aulas para su funcionamiento.
Mejoró un entorno de trabajo, para el desarrollo de proyectos y prácticas de estudiantes.	Como todo sistema electrónico, puede presentar fallos o errores que requieran ajustes constantes.

1.5. Alcances

Alcance TRL: *TRL 5 Validación en entorno pertinente.*

El trabajo de grado se basó en el diseño y desarrollo de herramientas didácticas para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial en la materia fundamentos de diseño mecatrónico. Esto comprendió el diseño y desarrollo de prototipos funcionales y formales para evaluar aspectos

morfológicos del producto; Se realizaron respectivas verificaciones de los componentes para comprobar el correcto funcionamiento de los dispositivos de sensores, motores y actuadores, además de las cartillas teóricas para comprender el uso de cada dispositivo didáctico, con el fin de contar con una herramienta de aula para los dispositivos, que, de manera conjunta, pueden resultar costoso para su adquisición por parte de cada estudiante.

De esta manera, se buscó que los estudiantes tomen decisiones sobre qué componentes podrían utilizar a la hora de desarrollar su proyecto integrador. Además, este proyecto estuvo vinculado en el marco del proyecto de investigación del periodo de pruebas del profesor Israel Garnica, titulado *"Modelo de innovación pedagógica basado en Diseño para la Manufactura orientado a estudiantes de Diseño Industrial"*.

1.6. Justificación

Este proyecto se realizó en modalidad de práctica docente; en el desarrollo de esta práctica, se realizaron encuestas con el fin de observar por parte de los estudiantes qué problemas presentan en el transcurso del semestre y qué necesidades presentan.

Por ello se realizó una encuesta a 20 estudiantes que ya habían asistido y aprobado la asignatura FDM, se les hicieron preguntas a los estudiantes tales como: ***"¿Cuáles fueron los principales desafíos que enfrentaste al trabajar con sensores y/o motores en el proyecto final de la materia?".***

Los resultados de la encuesta reflejan que la asignatura de FDM es percibida por los estudiantes de diseño industrial como un desafío significativo. Si bien la consideran compleja que requiere una inversión de tiempo considerable, también entretenida y satisfactoria. El principal reto identificado es la comprensión de los términos y el uso de los nuevos softwares, ya que son nuevos para ellos.

Apéndice 1: Pagina 151: *Resultado de encuesta de estudiantes antiguos*.

Respecto a las respuestas dadas por los estudiantes, se buscó desarrollar una estrategia de

aprendizaje compuesta por un dispositivo para mejorar la enseñanza de sensores y motores en el transcurso de la asignatura, de manera que los estudiantes logren desarrollar de la mejor manera posible sus proyectos. Además, se busca crear una estrategia de enseñanza de los dispositivos seleccionados, a través del uso de recursos físicos y digitales, donde se explique el funcionamiento; por esta razón el proyecto va dirigido a los estudiantes de laescuela de diseño industrial, estudiantes de secundaria y personas que estén en cursos de aprendizaje acerca de robótica, domótica o electrónica. Además, se conversó con profesores que han dictado la asignatura, para ver qué percepción ellos tienen de la asignatura.

El profesor **Israel Garnica Bohórquez**, quien ha dirigido esta asignatura por más de diez semestres, nos comentó: "*Por mi parte, he notado que hay diferentes grados de destreza y de compromiso, y que, en la mayoría de los casos, los estudiantes logran llegar a un modelo funcional, por las dificultades que implica la experimentación de los componentes. Este modelo funcional, normalmente se compone de un portátil, con las conexiones descubiertas al Arduino y a una protoboard con actuadores y/o sensores. En otras palabras, el estudiante busca solucionar el problema que plantea a partir de las prácticas que ha realizado en clase, pero duda al exponerse a componentes no abarcados en el contenido del programa. Esto implica, poco análisis en los componentes que se podrían usar, y falta de integración con las piezas que cubren los componentes electrónicos, o que permiten la interacción con el usuario; por lo cual, pocas veces se han observado prototipos en la fase final del proyecto".*

Apéndice 3: Pagina 155: *Transcripción entrevista con el profesor Israel Garnica.*

Por otra parte, el profesor **John Faber**, nos comentó*: "Los preconceptos que traen los estudiantes son solo de mecánica, en electrónica y programación prácticamente son cero y la percepción de lo que los estudiantes deben aprender varía considerablemente entre individuos y está influenciada por la madurez de su área de interés* ".

Apéndice 4: Pagina 155: *Transcripción entrevista con el profesor Jhon Faber Archila.*

Con lo observado anteriormente, se ve que el dispositivo propuesto buscó mejorar esas posibles falencias para aprender estas temáticas, las cuales son nuevas para los estudiantes, con el fin de fortalecer su aprendizaje y práctica.

1.7. Pregunta de Diseño

¿En qué medida el uso de un dispositivo didáctico de sensores y motores permite mejorar el aprendizaje y desarrollo de proyectos integradores en los estudiantes de fundamentos de diseño mecatrónico, de la carrera de Diseño Industrial?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Diseñar herramientas didácticas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial en la materia de fundamentos de diseño mecatrónico, centrándose en la comprensión y aplicación de los conceptos de la asignatura.

2.2. Objetivos específicos

O1. Identificar los desafíos de aprendizaje de los estudiantes en la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico, en relación con los conceptos de electrónica, programación, sensores y motores.

O2. Proponer herramientas de aprendizaje que aborden las necesidades identificadas y facilite

la comprensión y aplicación de los conceptos relacionados con electrónica, programación, sensores y motores.

O3. Validar la presencia de ganancia de Aprendizaje lograda con la implementación de las herramientas en un entorno educativo, evaluando su impacto en los estudiantes.

3. Metodología

El proyecto se guio bajo una metodología, conformada por tres fases; Análisis, construcción y evaluación, con el fin de entender y brindar solución de manera organizada a la problemática estudiada; Siempre teniendo en cuenta el diseño centrado en el usuario y la experiencia en la didáctica (Tabla 5).

Tabla 5.
Fases metodológicas relacionadas con actividades. Elaboración propia.

Fases Metodológicas	*Actividades*
Fase 1. *Análisis.* **Objetivo:** **O1.** *Identificar los desafíos de aprendizaje de los estudiantes en la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico, en relación con los conceptos de electrónica, programación, sensores y motores.* **Entregables***:* *Identificación del contenido de la asignatura, a partir de un cuadro de determinantes e identificación de las posibles estrategias compuestas por un dispositivo y unas guías a utilizar; Requerimientos de diseño y parámetros.*	**A1**. *Diagnosticar y valorar las estrategias de aprendizaje utilizadas en la enseñanza.* **A2.** *Revisión bibliográfica para analizar investigaciones y trabajos previos.* **A3.** *Realizar visitas de observación en la clase, conocer el contenido de la asignatura.* **A4.** *Realizar encuestas a estudiantes egresados de la asignatura para conocer su percepción.* **A5.** *Resumir la información recolectada en un cuadro de Causas-Efectos, para identificar posibles determinantes.* **A6.** *Establecer matriz de riego de los probables inconvenientes que surjan durante el desarrollo del proyecto.* **A7** *Evaluar y definir cuáles dispositivos entre sensores, motores y actuadores se van a enseñar, basándose en disponibilidad física y en software para su simulación.*

	A8. *Definir requerimientos de diseño para el dispositivo de enseñanza y guías.*
Fase 2. *Construcción.* **Objetivo:** **O2.** *Proponer herramientas de aprendizaje que aborden las necesidades identificadas y facilite la comprensión y aplicación de los conceptos relacionados con electrónica, programación, sensores y motores.* . ***Entregables:*** *Determinación de la alternativa más viable y desarrollo de modelos funcionales (dispositivo y guías) listos para la fase de evaluación con usuarios reales y Prototipos*.	**A9.** *Realizar un moodboard y conceptboard.* **A10.** *Proponer y desarrollar alternativas de diseño.* **A11.** *Evaluar las propuestas de alternativas de diseño teniendo en cuenta los requerimientos definidos.* **A12.** *Desarrollar prototipos de baja fidelidad, para verificar supuestos conceptuales con los componentes electrónicos.* **A13.** *Evaluar las alternativas con usuarios objetivos como un primer acercamiento en término de satisfacción, experiencia e interacción con el producto.* **A14**. *Realizar guías, usando software de diseño y software de simulación de circuitos.* **A15**. *Realizar verificaciones de los componentes usados en el dispositivo.* **A16**. *Construir prototipos funcionales para la validación.*
Fase 3. *Evaluación* ***Objetivo**:* **O3.** *Validar la presencia de ganancia de Aprendizaje lograda con la implementación de las herramientas en un entorno educativo, evaluando su impacto en los estudiantes.* **Entregable:** *Modelo funcional corregido y validado del Dispositivo didáctico de sensores y motores con sus respectivas guías virtuales.*	**A17.** *Diseñar el instrumento de medida para evaluar las estrategias de enseñanza.* **A18**. *Realizar la prueba de validación y recolectar información* **A19**. *Analizar los datos mediante estadística descriptiva.* **A20**. *Redacción del documento final.* **A21.** *Sustentación final*.

Se planteo una estrategia de enseñanza para fortalecer el aprendizaje de fundamentos, basada en cuatro pilares esenciales. La teoría proporciona el conocimiento necesario para comprender los fenómenos físicos en los circuitos. Los simuladores permiten experimentar de manera segura antes de aplicar los conceptos en el mundo real. La programación facilita la comunicación con los sistemas y la ejecución de acciones mediante código en diferentes lenguajes. Finalmente, los retos prácticos, ya sea en un proyecto o en un banco para realizar circuitos, permiten aplicar lo aprendido en escenarios reales, brindando una experiencia previa al desarrollo de proyectos integradores. (Figura 13)

Figura 13.

Estrategia de enseñanza para fortalecer el aprendizaje en FDM. *Elaboración propia.*

4. Resultados

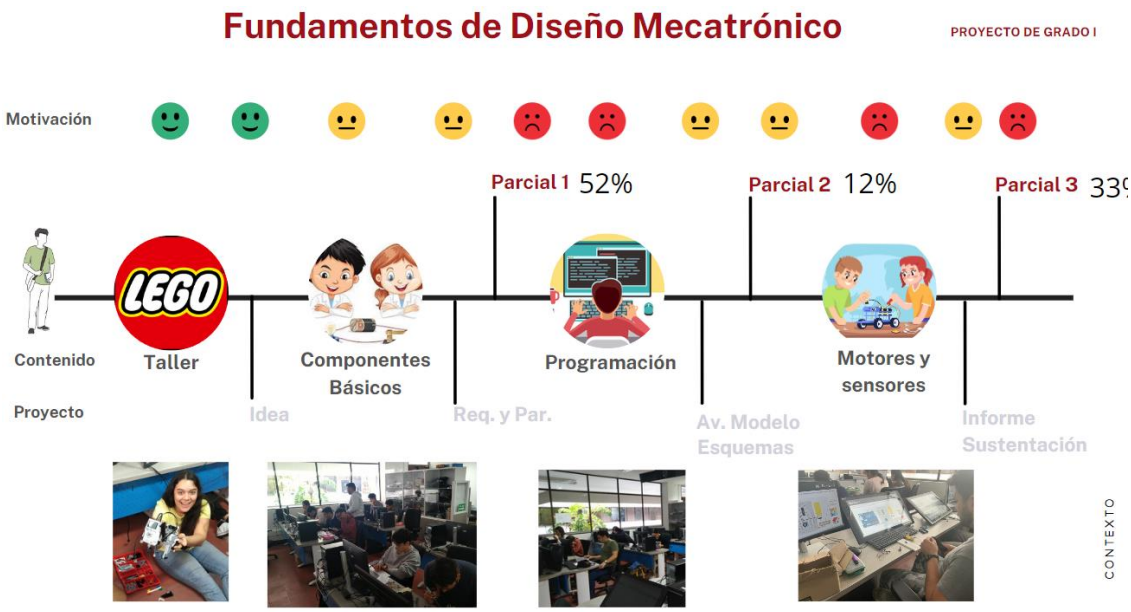
4.1. Fase de Análisis

4.1.1. Diagnóstico previo

Se realizó un diagnóstico previo de la organización de la asignatura Fundamentos de Diseño Mecatrónico (FDM), donde se observó que la asignatura se compone de tres bloques fundamentales: el primero aborda la electrónica básica, el segundo se enfoca en la programación básica, y el tercero se centra en sensores y motores. Además, a lo largo del semestre, los estudiantes deben llevar a cabo un proyecto integrador en el cual aplican los conocimientos adquiridos. (Figura 14).

Figura 14.

Análisis de la asignatura FDM. *Elaboración propia.*



Ver Apéndice 5: Página 156: *Diagnóstico previo Sergio García, estudiante.*

Con respecto al diagnóstico que se realizó, se observaron diversas características:

- La asignatura les permite ver a los estudiantes como a través del diseño industrial se puede laborar en la industria tecnológica.

- Los proyectos son muy creativos utilizando la teoría de la felicidad, debido a que los mismos estudiantes seleccionan la problemática que van a abarcar.
- Los talleres de lego son muy didácticos para los estudiantes, ellos se sienten jugando y aprendiendo, no lo ven como una actividad difícil.
- La asignatura se basa principalmente en el desarrollo de un proyecto que tiene un valor de 55 % en la nota final, tres exámenes que son el 30% y 15% en actividades en clase.
- El Primer corte acerca de concepto básico es muy extenso en cuanto a contenido.
- El Segundo corte acerca de programación es muy corto, y su contenido no es suficiente, para los proyectos de la asignatura.
- El Tercer corte acerca de sensores y motores es muy superficial, ya que en ese corto tiempo los estudiantes no logran identificar cuales dispositivos van a necesitar usar en su proyecto.
- Los sensores y motores disponibles para prácticas son muy pocos en cuanto a software de simulación como en físico.
- Las entregas no están estandarizadas, ya que no se define un contenido para cada entrega, en cuanto al contenido (diseño o componente electrónico).
- Las prácticas o ejercicios no son muy claras o no son atractivos y toman mucho tiempo en su desarrollo.
- La información de clase no es suficiente para el desarrollo de los proyectos, muchos componentes no se enseñan en la clase.

Ante esta situación, se consideró necesario implementar el uso de herramientas didácticas con el objetivo de fortalecer el aprendizaje práctico de los contenidos, mejorando así el desempeño y la experiencia de los estudiantes al interactuar con los mismos. Se esperó que esta iniciativa impulse el desarrollo de hábitos de autoaprendizaje, conduzca a mejores resultados académicos y favorezca la ejecución exitosa de proyectos integradores, generando prototipos de mediana calidad. Además, las herramientas tienen como meta facilitar al docente la explicación efectiva de diversos contenidos,

contribuyendo a hacer las clases con prácticas dirigidas, relacionadas con componentes especializados para los estudiantes.

Finalmente se busca estimular la estrategia de “aprender haciendo", basada en la idea de que el conocimiento se adquiere de manera más efectiva a través de la experiencia práctica. Estos enfoques teóricos respaldan la importancia de la aplicación práctica del conocimiento para un aprendizaje significativo y duradero.

4.1.2. Entrevistas.

Se realizaron entrevistas a los docentes que han dictado la asignatura de fundamentos de Diseño Mecatrónico en los últimos semestres. Las entrevistas se orientaron con el fin de recopilar información, inicialmente, desde la perspectiva de instructores que pasan su jornada laboral de 4 horas semanales de clase con caga grupo de estudiantes por semana. Primero se habló con el profesor John Faber Archila, el cual se desempeñó como docente en los años 2014 -2016, y también al docente Israel Garnica Bohórquez, el cual se desempeñó como docente en los años 2019-2023. Se tocaron temas acerca de la dificultad percibida en el aprendizaje de FDM, la valoración sobre lo que se debe aprender, la madurez que deben tener los estudiantes respecto a los preconceptos y la toma de decisiones en diseño.

En las entrevistas realizadas a los dos docentes, se logró observar, como los estudiantes llegan a esta asignatura sin conocimientos previos en electrónica y en programación, únicamente llegan con bases de mecánica lo cual es algo difícil de abarcar en un solo semestre, además dicen que los estudiantes tienen una baja motivación y su interés de aprender se ve influido por el área que los apasiona.

4.1.3. Observación directa

Con el fin de comprender a los estudiantes y al docente, se realizaron visitas de observación

en la clase y un acompañamiento durante dos semestres (semestres 2023-1 y 2023-2, Profesor Israel Garnica), con el objetivo de recopilar información sobre sus comportamientos, actitudes y necesidades. Durante las clases de cada semestre, se observó cómo los estudiantes comprendían las nuevas temáticas, realizaban las actividades de clases, como afrontaban la creación de circuitos y finalmente qué decisiones tomaron para desarrollar sus proyectos finales.

La información recopilada durante este proceso de observación sirvió para el desarrollo de un mapa de empatía, donde se puede comprender y visualizar las emociones, pensamientos, actitudes y experiencia de los estudiantes y docentes durante el semestre.

Los mapas de empatía proporcionan un mapa claro de los desafíos y obstáculos que se presentan en la enseñanza de la asignatura, por parte de los dos actores principales, que son estudiantes y docentes. Los estudiantes consideran que Fundamentos de diseño Mecatrónico es una asignatura muy compleja y con muchos desafíos, ya que nunca ha tenido un contacto directo con los dispositivos electrónicos y deben desarrollar un proyecto que contenga estos mismos. Por parte de los docentes, es un reto explicar una temática diferente a la línea de diseño, donde los chicos van a aprender temas nuevos, realizar cálculos y aprender leyes del electromagnetismo, los cuales van a aplicar para el desarrollo de proyectos integradores, además enseñar lenguaje de programación y diagramas de flujo, esto lo hace una asignatura compleja.

Ver Apéndice 6: Pagina 158: *Mapas de empatía (Estudiantes y docente).*

4.1.4. Encuestas

Se realizaron encuestas a estudiantes de diseño industrial que ya tomaron esta asignatura de Fundamentos de diseño Mecatrónico (FDM), estas se orientaron en cuanto la experiencia que tuvieron en el desarrollo de sus proyectos y sus opiniones al respecto; posteriormente se tomaron los comentarios más relevantes y repetitivos, con el fin de observar esas necesidades y deseos que los estudiantes quisieron tener cuando la vieron y fueron recopilados en una lista de deseos. (Tabla 6).

Ver Apéndice 7: Página 159: Resultados de la encuesta realizada a estudiantes (2019-2021).

Tabla 6.

Lista de deseos. Elaboración propia.

Problema	***Necesidad***	***Deseo***	***Posible solución***
Falta de recursos prácticos	Acceso a materiales y componentes para las prácticas.	Adquirir kits de robótica o de sensores y motores	Crear un banco de sensores y motores o robots de bajo costo
Falta de oportunidades para poner en práctica lo aprendido	Experiencias prácticas que complementen las clases teóricas	Desarrollar proyectos prácticos y funcionales	Crear espacios o retos en los cuales se implementen los temas teóricos.
Falta de conocimiento de lenguajes de programación aplicados	Aprender programación adaptada a la electrónica por texto	Dominar lenguajes de programación para desarrollar el proyecto	Implementar cursos específicos en programación o más horas en este corte.
Indecisión en la selección de dispositivos	Tener claro qué sensores y motores están disponibles y diferenciar sus funciones	Tomar decisiones técnicas en el desarrollo de actividades y proyecto	Crear un banco informativo de los dispositivos existentes y donde conseguirlos
Limitaciones en el acceso a laboratorios bien equipados	Un entorno adecuado para aplicar conocimientos teóricos	Tener acceso a un laboratorio equipado	Mejorar las instalaciones con inversiones en equipos
Poca exposición a retos o desafíos del mundo real	Exponer a los estudiantes a la competencia y colaboración con otros	Participar en proyectos reales, observar proyectos existentes o previos	Fomentar la creación de un banco de proyectos de semestres anteriores como base guía para proyectos a futuros.

4.1.5. Análisis dimensional

Con el fin de sintetizar la información recolectada en el proceso investigativo, se desarrolló un análisis dimensional, para identificar las causas principales y los efectos que surgen debido a la problemática observada y así identificar posibles determinantes.

Ver Apéndice 8: Página 165: *Árbol del problema.*

El árbol del problema permite observar cómo los estudiantes presentan dificultades en integrar los principios teóricos en la aplicación práctica, eso se debe a múltiples razones, entre ella se debe a la priorización de otras asignaturas con respecto a FDM, el desinterés en la asignatura, debido a que el contenido de la asignatura es poco común o a la falta de herramientas didácticas en clase para afianzar los conocimientos, entre otros los cuales generan unas consecuencias muy graves, como lo son la no realización de las actividades propuestas, la falta de motivación y por ende no realizar las entregas a tiempo y en algunos casos la pérdida de parciales o hasta la pérdida de la asignatura.

Según los resultados de los semestres entre 2019-1 hasta el 2023-2, se observó que 249 estudiantes tomaron a asignatura, en la cual 125 estudiantes perdieron el primer examen, 29 el segundo examen y 83 el tercer parcial; además 7 estudiantes perdieron o cancelaron la asignatura y el promedio en general de todos los semestres fue de 3,96. (Tabla 7)

Tabla 7.

Resultados de los semestres 2019-1 hasta el 2023-2 Elaboración propia.

Semestre	# de estudiantes	N. de estudiantes de perdieron				Nota promedio
		1 parcial	2 parcial	3 parcial	Final	
2023-2 B1	10	3	0	6	0	3,95
2023-1 B1	13	5	5	1	1	3,8
2023-1 D1	11	4	2	0	0	4,3
2022-2 B1	14	10	3	8	2	4,3
2022-2 D1	12	5	3	3	0	4
2022-1 O1	14	8	1	5	0	4
2022-1 D1	15	5	2	5	2	3,6
2021-2 O1	12	7	1	7	0	3,7
2021-2 D1	17	9	0	6	0	4
2021-1 O2	14	9	6	7	1	3,6

2021-1 O1	15	4	4	8	1	3,8
2020-2 O1	29	20	1	19	0	3,87
2020-1 O1	21	4	0	1	0	4,1
2019-2 O2	16	7	0	0	0	4,2
2019-2 O1	16	10	1	0	0	4,1
2019-1 H1	20	15	0	7	0	3,97
Total	249	125	29	83	7	3,96

También, se realizó un análisis del entono en lo institucional, académico y social de los de los estudiantes, con el fin de ver sus debilidades, fortalezas, oportunidades y amenaza, los cuales se resume en una Matriz DOFA (Tabla 8).

Tabla 8.
Matriz DOFA. Elaboración Propia.

		Factores Internos	
	Matriz DOFA	**Fortalezas**	**Debilidades**
		Estudiantes motivados e interesados em aprender. Docentes con conocimientos y métodos de enseñanza. Universidad con infraestructura adecuada.	Falta de acceso a equipos, herramientas y dispositivos. Dificultad de dominar lenguajes de programación. Falta de software para la simulación de circuitos.
Factores Externos	**Oportunidades** Avances tecnológicos y aulas STEM. Acceso a plataformas educativas online. Alianza con empresas tecnológicas. Desarrollo de kits de sensores y motores de bajo costo.	**FO: Fortaleza + Oportunidad** Los estudiantes motivados pueden aprovechar las plataformas educativas online. Los docentes con sus metodologías pueden desarrollar aulas STEM. La universidad con infraestructura, pueden desarrollar alianzas con empresas.	**DO: Debilidad + Oportunidad** La falta de acceso a equipos y herramientas, se pueden financiar con alianzas a empresas. Las dificultades de dominar lenguajes se pueden mejorar con ayuda de plataformas online. La falta de softwares para simulación se puede mejorar implementando aulas STEM.
	Amenazas Avance de la tecnología, debido a actualizaciones. Deserción estudiantil debido a la falta de acceso a recursos adecuados. Desmotivación por la falta de tiempo y prácticas. Falta de inversión en infraestructura.	**FA: Fortaleza + Amenaza** Los estudiantes motivados pueden proponer proy6etos de fácil acceso y bajo costo. Los docentes en su metodología pueden promover practica y proyectos motivadores en el tiempo estipulado. La universidad con su infraestructura puede invertir en	**DA: Debilidad + Amenaza** Si hay falta de equipos y herramientas, tanto estudiantes como docentes se desmotivan. La dificultad en el aprendizaje de los lenguajes de programación, pueden causar una deserción estudiantil. La falta de softwares de simulación no permite el avance

	tecnología más avanzada y actualizada.	tecnológico por las actualizaciones.

4.1.6. Matriz de Riesgos

Establecer una matriz de riesgo en el desarrollo del proyecto, permitió identificar los posibles obstáculos, optimizar recursos y tiempo, priorizar los riesgos críticos, mejorar la preparación para la implementación en la clase con los estudiantes. (Tabla 9)

Tabla 9.

Matriz de riesgo. Elaboración propia.

Riesgo	*Probabilidad*	*Impacto*	*Nivel de riesgo*
Falla de componentes electrónicos	*Media*	*Alto*	*Alto*
Errores en el diseño de los kits	*Media*	*Medio*	*Medio*
Retraso en la entrega de los componentes	*Alta*	*Alto*	*Crítico*
Problemas de compatibilidad en componentes	*Media*	*Medio*	*Medio*
Dificultades en la programación de los kits	*Bajo*	*Alto*	*Alto*
Problemas de comunicación con el equipo	*Bajo*	*Medio*	*Alto*
Limitación de tiempo para implementar en clase	*Alto*	*Alto*	*Critico*
Falta de interés o motivación por parte de los estudiantes	*Medio*	*Alto*	*Alto*
Posible desgaste o daño de componentes	*Medio*	*Alto*	*Alto*
Dificultad para actualizar o mejorar los kits en el futuro	*Medio*	*Medio*	*Medio*
Problema de seguridad en el uso de componentes electrónicos	*Bajo*	*Alto*	*Alto*

la matriz de riesgo se convirtió en una herramienta fundamental para gestionar los riesgos de forma proactiva, permitiendo que el proyecto avance de manera más controlada, minimizando imprevistos y asegurando que los objetivos del proyecto se cumplan. Además, ayudó a maximizar los recursos y el tiempo disponible, optimizando las posibilidades de éxito y mejorando la experiencia de aprendizaje para los estudiantes. Se plantearon las siguientes estrategias para evitar que estos riesgos de nivel crítico y alto ocurran:

Retraso en la entrega de los componentes: se desarrolló una lista de proveedores, con más

10 proveedores, principalmente en la ciudad de Bucaramanga y que tengan un stock disponible para el desarrollo del proyecto; si no se encuentran en Bucaramanga se toman en cuenta ciudades principales cercanas.

Limitación de tiempo para implementar en clase: se plantearon espacios de asesoramiento u horas de consulta, con el fin de incentivar y motivar a los estudiantes, para que las dudas que tenga acerca de los temas, puedan solucionarlas, ya sea estudio para los parciales o desarrollo del proyecto.

Falla de componentes electrónicos: se planteó tener herramientas de medición para verificar el estado de funcionamiento de los dispositivos y tener dispositivos de repuesto por si alguno llega a fallar en clase o en el desarrollo de las herramientas.

Dificultades en la programación de los kits: se planteó el desarrollo de programas fáciles y sencillos, de baja complejidad; si llegan a ocurrir problemas buscar ayuda con personas que saben acerca de la programación o ayuda de las inteligencias artificiales como lo son Bing de Microsoft o Chat GPT de OpenAI. Además, se buscó usar códigos en bloques para que su aprendizaje sea más sencillo.

Falta de interés o motivación por parte de los estudiantes: se planteó la temática de *"The fun Theory",* con el fin de combatir esa falta de motivación, de manera que los estudiantes seleccionen una problemática afín de sus intereses. Se les propuso que desarrollaran tres problemáticas diferentes, buscado que ellos seleccionen cual es la mejor y se pueda desarrollar en el tiempo propuesto.

4.1.7. Análisis de dispositivos

Se realizó una investigación previa de los proyectos realizados durante los últimos 8 semestres en la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico "desde 2019 hasta 2023, se desarrollaron 111 proyectos por parte de los 233 estudiantes aprobados en la asignatura de FDM. Los temas más recurrentes incluyen autocuidado, reciclaje, manejo del estrés, desarrollo de juguetes educativos, dispositivos destinados al cuidado de mascotas y organización del tiempo, entre otros".

(Granica, Bautista, Maradei, Rojas & López, 2024). Se observo, cuáles sensores y motores fueron más usados en la realización de los proyectos integradores. (Tabla 10).

Ver apéndice 9: Pagina 166: *lista de proyectos integradores (2019-2023).*

Tabla 10.

lista de sensores, motores y actuadores usados en proyectos. Elaboración propia.

Sensores	Cantidad
Sensor ultrassónico HC-SR04	28
Sensor IR Infra rojo FC-51	16
Sensor de movimiento PIR HC-SR501	7
Sensor detector sonido LM393	4
Sensor de proximidad tcrt 5000	3
Sensor de humedad y suelo Y100	2
Sensor de peso SEN-10245	2
Sensor MQ-7 sensor de alcohol	1
Sensor LDR de presión barométrica BMP180	1
Sensor Touch	1
Sensor micrófono Ky-038	1
Sensor de orientación SW-520D	1
Sensor RFID RC522	1
Sensor Digital óptico	1
Sensor humedad HIH 4030	1
Sensor efecto Hall	1
Sensor de temperatura termocupla max 6665	1
Sensor acelerómetro y giroscopio MPU6050	1
sensor de posición angular KY-040	1
Sensor de flujo YF-S201	1
Sensor de temperatura TDH1	1
Total: 21 sensores	
Motores	Cantidad
Micro Servomotor SG90 9G	32
Motorreductor 3-9V Motor DC	12
Micro motor vibrador	4
Motor de 9v	3
Motor paso a paso	1
Motor AC	1
Total: 6 motores	
Actuadores	Cantidad
Display LCD 16x2	18
Buzzer	32
Puente H L239D	4

Integrado 555	2
Display 7 segmentos	1
Teclado matricial 4x4	2
Botones para arcade	2
Modulo reloj RTC DS3231	4
Acelerometro MMA7361	1
Circuito integrado HT12E	1
Temporizador	1
Control remoto infrarrojo	1
Modulo bluetooth HC-06	6
Circuito integrado ULN2003	1
Display Shield led TFt	1
Modulo SD	2
ESP23 CAM	1

Estos fueron los componentes más utilizados en el desarrollo de los proyectos integrados, en cuanto a Sensores, Motores y actuadores. Es por esto por lo que se tomaron como referentes en el desarrollo de nuestro proyecto únicamente 15 sensores, 5 motores y 4 actuadores, estos harán parte de las herramientas didácticas de forma parcial o individual.

4.1.8. Usuario Arquetipo

Para el desarrollo de este proyecto, se tuvieron en cuenta las personas que participan activamente el en proceso de enseñanza de la asignatura de fundamentos de Diseño Mecatrónico, en nuestro caso son dos usuarios, el usuario primario será el estudiante, jóvenes de 19 a 24 años que esté estudiando Diseño industrial y estén cursando Fundamentos de Diseño mecatrónico o la hayan cursado y el secundario será el docente que está impartiendo la asignatura, profesional en diseño de 34-50 años que está vinculado con la Universidad Industrial de Santander (UIS), en la escuela de Diseño industrial..

Ver apéndice 10. Pagina 171: *Usuarios Arquetipo.*

4.1.9. *Brief* de producto

Se realizó ***brief*** de producto, esto es un documento para definir y comunicar el proyecto en general, sus objetivos, su esencia y detalles. En general es una guía para todos los involucrados en el desarrollo del proyecto, proporcionando una visión clara de lo que se espera lograr y como se va a llevar a cabo (Tabla 11).

Tabla 11.
Brief del producto. Elaboración propia.

Nombre del proyecto: ***Herramientas didácticas de enseñanza para FDM***

Esencia del producto: los productos desarrollados en este proyecto radican en su capacidad de facilitar y enriquecer el aprendizaje práctico de los fundamentos de diseño mecatrónico para estudiantes de Diseño Industrial. Cada uno de los kits didácticos propuestos – ***Estación meteorológica, brazo robótico y seguidor de línea*** – están diseñados para ejemplificar los conceptos mecatrónicos vistos en la asignatura en el bloque de sensores y motores, como lo son el control de los sensores, la actuar de los motores y la programación mediante Arduino; elementos fundamentales en cualquier proyecto de diseño mecatrónico.

La ***estación meteorológica*** permite a los estudiantes comprender el uso de sensores ambientales como lo es el DHT11 (sensor de humedad y temperatura) y su visualización en tiempo real mediante una pantalla LCD 16x2. El ***brazo robótico*** permite introducir el manejo de los servomotores SG90 y MG996 y el sensor Hc-SR04(sensor ultrasónico), permitiendo experimentar el control y la precisión en movimientos mecánicos. El ***Seguidor de línea*** permite un acercamiento al uso de motores de 9v, controlados por sensores de línea para simular un sistema de guía.

Finalmente, el ***Banco de motores, actuadores y sensores*** **(DEV MAS)**, amplia las opciones de aprendizaje, permitiendo un acceso a componentes electrónicos, fomentando la experimentación de circuitos y permitiendo que los estudiantes tomen decisiones en la selección de los dispositivos para sus proyectos. Estas herramientas encapsulan la esencia del aprendizaje aplicado y creativo en la mecatrónica, desarrollando en los estudiantes habilidades prácticas, promoviendo la autoconfianza en el manejo de dispositivos electrónicos y fomentando la innovación en el diseño de productos físicos.

Objetivo del proyecto: Diseñar herramientas didácticas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial en la materia de fundamentos de diseño mecatrónico, centrándose en la comprensión y aplicación de los conceptos de la asignatura.

Alcance: Desarrollo de tres kits didácticos y un banco de sensores, motores y actuadores (prototipo funcional) que puedan probarse en el contexto de uso (aula).

¿Qué problema trata de solucionar?

En la actualidad la enseñanza de sensores y motores en la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico no cuenta con herramientas didácticas para la enseñanza de estos; esta carencia de herramientas afecta el aprendizaje de los estudiantes, puesto que no hay herramientas didácticas para realizar prácticas en clase. El impacto de las herramientas es alto, ya que la implementación de estas permitirá que los estudiantes tengan una experiencia previa con los dispositivos reales antes de presentar un examen o desarrollar su proyecto integrador.

Posicionamiento

En la actualidad los estudiantes de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander no cuentan con herramientas didácticas para el aprendizaje del tema de sensores y motores, en la asignatura de fundamentos de diseño mecatrónico; se busca incentivar el aprendizaje y la enseñanza de estos, los cuales permitan fortalecer los conocimientos para los parciales y su proyecto integrador final. Se beneficia alrededor de 20 estudiantes cada semestre, a través de tres kits y un banco de sensores y motores, los cuales ayudan a realizar prácticas dinámicas y la integración de los estudiantes en el conocimiento; se diferencia de los demás ya que serán realizados con dispositivos reales que usan los estudiantes en sus proyectos y con materiales como lo son el MDF, PET o Acrílico para la estructura, el cual usan los estudiantes para sus proyectos y de diseño replicable.

Stakeholders

Estudiantes de diseño industrial: Hombres y mujeres entre los 18 y 27 años, estudiantes universitarios, con bajo flujo de ingresos, con habilidades creativas, paciencia y motricidad fina.

Docentes universitarios: hombres y mujeres entre los 30 y 45 años, profesionales en diseño industrial, con fuente de ingresos, apasionados por la electrónica y tecnología, con habilidades de pedagogía, creativas y didácticas.

Israel Garnica Bohórquez: Director del proyecto
Clara Isabel López Gualdron: Codirectora el proyecto
Jorge Leonardo Soto Bohórquez: Codirector del proyecto
Sergio Fabian García Benavides: Diseñador industrial – investigador

Contexto

Condiciones físicas del entorno: Aula de clase de 8 m2 para una cantidad de 15 estudiantes en donde se llevarán a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje de fundamentos de diseño mecatrónico.

Condiciones ambientales: Aula de clase: aire acondicionado entre 16 °C y 18 °C, humedad

entre el 40% y 50%, y luz artificial de 100 lux, un nivel de ruido entre 30 y 50 dB.

Condiciones sociales: ventilación, disposición de mesas y sillas por área de trabajo. Respeto, honestidad, trabajo en equipo, habilidades motrices.

Actividades

Kit 1 Estación meteorológica

Tarjeta Arduino UNO
Pantalla LCD 16X2
Sensor de humedad y temperatura
Miniprotoboard
Cable tipo USB -B
Cables de conexión
Piezas de estructura
Manual de instrucciones
Empaque

Duración: 1 hora, según el material
Frecuencia: 2 por semana
Habilidad física: motricidad fina y agilidad

Kit 2 Brazo Robótico

Tarjeta Arduino UNO
Servomotor SG90
Servomotor MG996
Sensor ultrasónico de proximidad
Miniprotoboard
Cable tipo USB -B
Cables de conexión
Piezas de estructura
Manual de instrucciones
Empaque

Duración: 1 hora y 30 minutos, según el material
Frecuencia: 2 por semana
Habilidad física: motricidad fina y agilidad

Kit 3 Carrito Seguidor de línea

Tarjeta Arduino UNO
Motorreductor de 9v
Modulo Puente H
Sensor seguidor de línea
Regulador de corriente
Puerto de carga tipo c
Batería de litio de 2.7V y 900mA
Miniprotoboard

Cable tipo USB -B
Cables de conexión
Piezas de estructura
Manual de instrucciones
Empaque

Duración: 2 horas según el material
Frecuencia: 2 por semana
Habilidad física: motricidad fina y agilidad

Banco de Sensores y motores

Tarjeta Arduino UNO
Sensores: 15 dispositivos
Motores: 5 dispositivos
Actuadores: 4 dispositivos
Miniprotoboard
Cable tipo USB -B
Cables de conexión
Piezas de estructura
Manual de instrucciones
Empaque

Duración: 30 minutos a 1 horas según el material. (ejercicio)
Frecuencia: 2 por semana
Habilidad física: motricidad fina y agilidad

En este Brief de producto, se observa en resumen el proyecto a realizar, se encontró el propósito y cómo este va a impactar a la comunidad estudiantil de la escuela de diseño; la temática de las herramientas didácticas a desarrollar fueron definidas a partir de las necesidades observadas, y de las discusiones de avances con los tutores del proyecto; en este caso, serán 3 kits con diferentes dispositivos electrónicos y un banco con múltiples sensores, motores y actuadores, los cuales servirán de practica para el conocimiento de los estudiantes.

4.1.10. Requerimientos y parámetros

Posterior a la identificación de los usuarios, sus respectivas necesidades y la definición de las herramientas didácticas a desarrollar, se procedió a establecer los requerimientos y parámetros para

la generación de alternativas y posteriormente la creación de los prototipos de las herramientas didácticas de enseñanza. Los requerimientos y parámetros se resumen en la tabla siguiente (Tabla 12).

Tabla 12.

Requerimientos de diseño. Elaboración propia.

Cod.	Categoría	Descripción	Parámetro	Valor(es) de aceptación	Test	priorización
U01	Practicidad	Facilidad de limpieza del dispositivo	No. De pasos para limpiar la herramienta - Tiempo	10	Protocolo de limpieza	Obligatorio
U02	Practicidad	Facilidad de armado y desarmado	No. De errores en armado y desmontado de herramientas	Inferior o igual	Prueba a de usabilidad	Obligatorio
U03	Convivencia	El dispositivo permite crear varios circuitos.	No. De circuitos que se puedan realizar.	20	Ejercicios básicos	Obligatorio
U04	Convivencia	El dispositivo es cómodo	Nivel de comodidad, percibida respecto a un periodo de tiempo	4	Encuesta de percepción	Obligatorio
U05	Seguridad	Protección eléctrica de los dispositivos.	Conductividad de corriente	0,5mA	Medición directa	Obligatorio
U06	Reparación	Los materiales consumibles (dispositivos electrónicos) se consiguen en el mercado local	No de proveedores	6	Lista de proveedores	Obligatorio
U07	Ergonomía	Los bordes de los dispositivos no lastiman a los estudiantes	Bordes de los componentes	Redondeo de 5 mm	Medición directa	Obligatorio
U08	Ergonomía	El dispositivo se puede cargar con las manos	Peso de dispositivo	1.25 kg	Medición directa	Obligatorio
U9	Antropometría	Área de trabajo	Alcance máximo de brazos	Longitud de brazo Percentil 95	Medición directa	Obligatorio

			(rotación en posición neutra)			
U10	Manipulación	Agarrar los dispositivos con las manos	Agarre de Pinza para componentes	0.5 - 3 (cm)	Medición directa	Obligatorio
U11	Manipulación	Agarrar los dispositivos con las manos	Agarre de fuerza para los dispositivos	8 - 10 (cm)	Medición directa	Obligatorio
U13	Percepción	El sistema es percibido como robusto	Peso en función de percepción de 0 a 5	4	Encuesta de percepción	Obligatorio
U14	Transporte	El dispositivo puede transportarse a distancias cortas	Agarre de aprensión	8 - 10 (cm)	Medición directa	Deseado
F01	Mecanismos	Las piezas de estructura permiten un encaje didáctico	Sistema de encaje	Cumple – No cumple	Medición directa	Obligatorio
F02	Confiabilidad	Los pasos expuestos permiten cumplir la actividad	No. De pasos para realizar actividad - Tiempo	Inferior o igual	Ejercicios básicos	Obligatorio
F03	Versatilidad	Los dispositivos permiten interactuar con otros usuarios	No de personas por actividad	2-3	Ejercicios básicos	Obligatorio
F04	Versatilidad	El dispositivo permite interactuar con otros dispositivos (PC, libro)	Cantidad de dispositivos	2	Ejercicios básicos	Obligatorio
F05	Acabados	Materiales similares a los usados en desarrollo de proyectos integradores	Calidad de materiales	2	Medición directa	Obligatorio
E01	Estructura	Mínima cantidad de componentes	Cantidad máxima de componentes	30 unid.	Medición directa	Obligatorio
E02	Estructura	El dispositivo contiene varios dispositivos	Espacio de contenedores	Cumple – No cumple	Medición directa	Obligatorio
E03	Carcasa	Los dispositivos cuentan con los indicadores	Lectura de indicadores x tamaño de caracteres	Cumple – No cumple	Medición directa	Obligatorio

		específicos para funcionar				
TP01	Mano de obra	los dispositivos pueden fabricarse mediante manufactura local	Verificar materias primas	Cumple – No cumple	Medición directa	Deseado
TP02	Modo de producción	Los dispositivos cuentan con un sistema de disposición final	Información de disposición final	Cumple – No cumple	Medición directa	Deseado
TP03	Prefabricación	Uso de tarjeta Arduino UNO y sensores Arduino	Funcionamiento y disponibilidad	cumple - no cumple Proveedores	Lista de proveedores	Obligatorio
FR01	Estilo	El estilo debe ser moderno y práctico	Percepción de belleza	Cumple - No cumple	Prueba de concepto	Obligatorio
FR02	Unidad	Los dispositivos tienen elementos en común	Percepción de belleza	Cumple - No cumple	Prueba de concepto	Obligatorio
FR03	Interés	Los dispositivos cuentan con elementos de alto contraste que comunican su función	Percepción de belleza	Cumple - No cumple	Prueba de concepto	Obligatorio
FR04	Superficie	La superficie debe tener texturas y colores llamativos	Percepción de belleza	Cumple - No cumple	Prueba de concepto	Obligatorio
M01	Empaque	Debe ser resistente a impactos	Resiste impactos a golpes o caídas de 1m	Cumple - No cumple	Medición directa	Obligatorio
M02	Empaque	Permitir apilarse en cantidades	Resistencia a carga-unidades	10	Medición directa	Deseado
M03	Empaque	Permitir un fácil acceso	No. De pasos para acceder al contenido-Tiempo	Inferior o igual	Encuesta de percepción	Obligatorio
M04	Empaque	Información clara y legible	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Cumple - No cumple	Encuesta de percepción	Obligatorio
I01	Marca	La marca debe ser atractiva y moderna	Percepción de atractividad	Cumple - No cumple	Prueba da concepto	Obligatorio
I02	Etiquetado	Las etiquetas deben ser claras	Lectura de contenido x	Cumple - No cumple	Encuesta de percepción	Obligatorio

			tamaño de caracteres			
I03	Impresión	Información tanto en físico como en digital.	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Cumple - No cumple	Encuesta de percepción	Obligatorio
I04	Ubicación	Información visible para el usuario	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Cumple - No cumple	Encuesta de percepción	Obligatorio

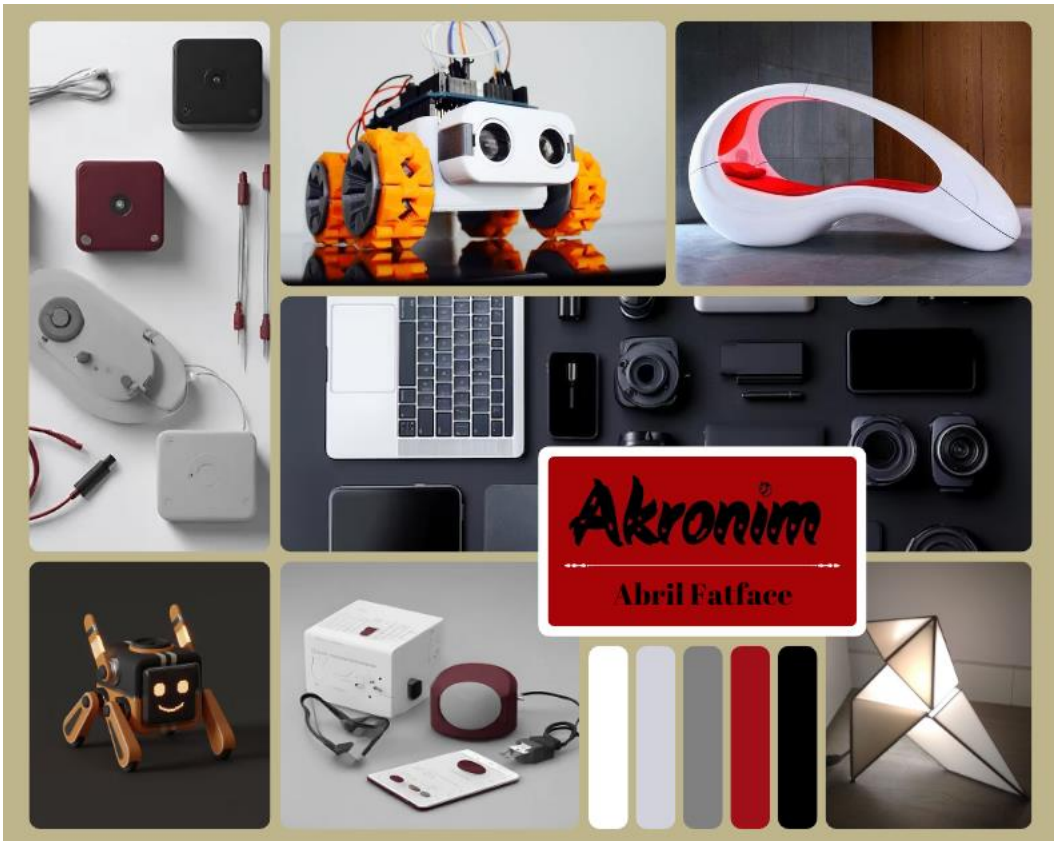
4.2. Fase Construcción

4.2.1. Inspiración creativa

Par la imagen gráfica de las herramientas, se buscó darle una personalidad única, pero que se conservara dentro del ambiente educativo y no un dispositivo aislado para la enseñanza. Esta estrategia, se enfatizó en que los estudiantes perdieran el miedo a interactuar con ellas y tuvieran confianza en el desarrollo de circuitos y los kits de enseñanza. Esta imagen visual, se buscó que sea única, distintiva, moderna, creando una conexión amigable para los estudiantes y genere un ambiente lúdico y didáctico para el aprendizaje de la asignatura. Para definir el aspecto visual de las herramientas, se elaboró un *moodboard y conceptboard; el moodboard* permitió mostrar la inspiración y la atmosfera que se busca generar, asegurando una coherencia en los dispositivos (figura 15); el *conceptboard* permitió comunicar la idea central detrás del proyecto, siendo básicamente un resumen creativo y estratégico (Figura 16).

Figura 15.

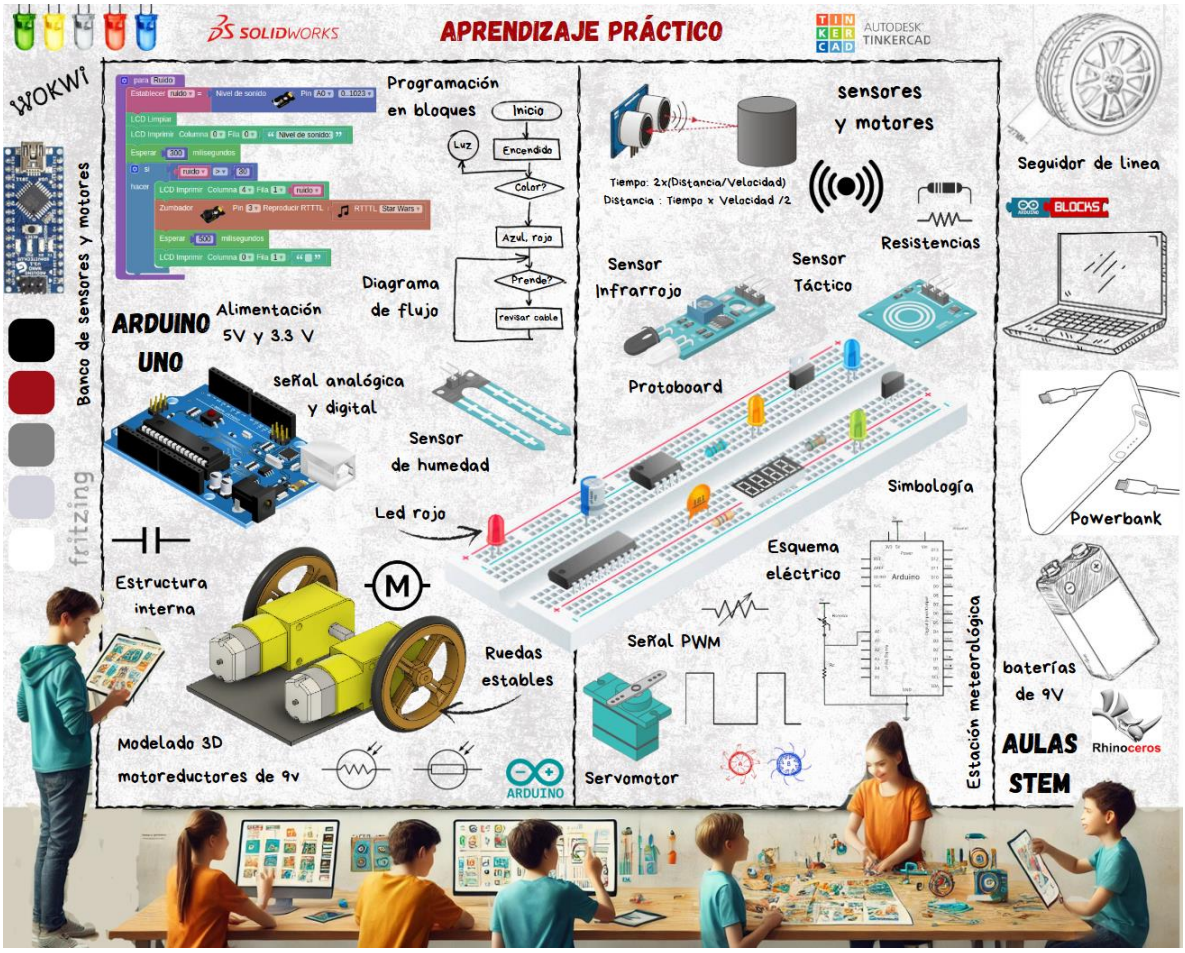
Mood board. *Elaboración propia.*



El *modoboard* se basó en la inspiración de la robótica y los videojuegos, con una esencia minimalista funcional, una paleta de colores monocromática de alto contraste; se buscó enfocar las herramientas en formas geométricas rectas, ya que estas se van a ensamblar por parte de los estudiantes y para el banco formas orgánicas o curvas, materiales como la madera, PET o acrílico y una caligrafía para marcas otra para textos.

Figura 16.

Concept board. Elaboración propia.



Por la parte del *conceptboard* se enfatizó más los detalles técnicos, es basado en la enseñanza de las temáticas de sensores y motores, la parte de programación por bloques y el diagrama de flujo, en cuanto a la electrónica, los dispositivos con sus respectivos símbolos y los esquemas de posibles circuitos; esto es fundamental para el contenido teórico y el práctico, ya que puede observarse que se realizan montajes de circuitos , tarjeta Arduino UNO y algunos dispositivos usados en la práctica; todo esto en busca de un aprendizaje práctico y trabajo en equipo en el propósito de las aulas STEM.

Para plasmar este concepto en la estética del proyecto, se establecieron lineamientos, detallados en la siguiente tabla (Tabla 13).

Tabla 13.

Lineamientos gráficos de las herramientas. Elaboración propia.

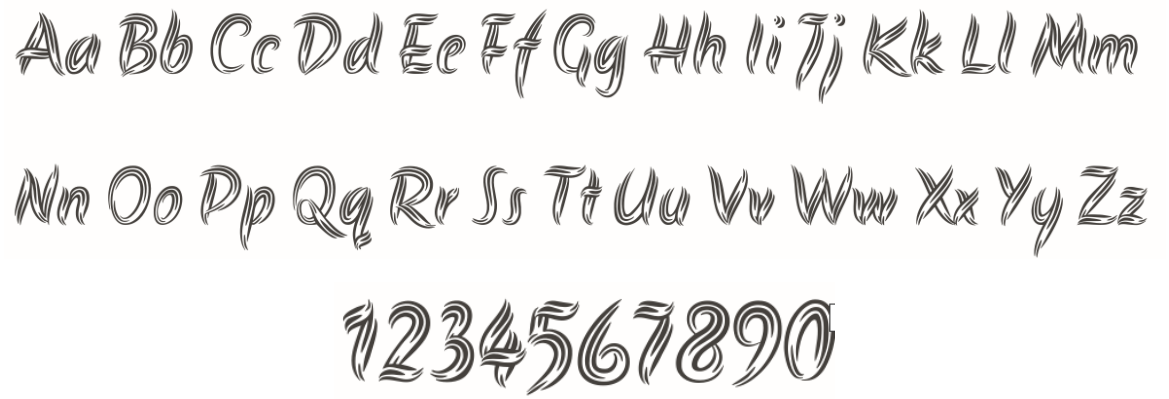
Robótica minimalista	
la inspiración de la robótica y los videojuegos, con una esencia minimalista, es un enfoque de diseño enfocado en la simplicidad, eficiencia y funcionalidad. Con el menor uso de recursos posibles	
Lineamiento	**Descripción**
Tipografía	Geométrica y de contraste, se utilizará una tipografía moderna e impactante que refleje la estética tecnológica y minimalista.
Iconografía	Electrónica, se emplearán iconos y figuras, basadas en la asignatura, como lo son la electrónica, la programación, datos y señales.
Contrastes	Se busca hacer un juego de contrastes de colores monocromáticos en acabado mate haciendo contraste con un color brillante, generando un ambiente impactante
Videojuegos	El concepto de los videojuegos, van desde la forma de las herramientas hasta en contexto del contenido gráfico.

Estos lineamientos definieron la imagen visual de las herramientas, incluyendo los componentes físicos, como el contenido gráfico, manuales, empaques y demás elementos.

Las tipografías seleccionadas para el desarrollo del contenido de las herramientas fueron las siguientes: para la marca y nombre del producto, se utilizó **Akronim,** es una tipografía geométrica**.** Es conocida por su diseño limpio, minimalista y contemporáneo, que se inspira en formas geométricas simples (Figura 17).

Figura 17.

Tipografía Akronim.



La segunda tipografía que se utilizó fue **Abril Fatface** es una tipografía serif con un diseño de alto contraste y un estilo clásico y elegante. Forma parte de la familia tipográfica Abril, caracterizados por su contraste pronunciado entre líneas gruesas, finas y refinadas. (Figura 18).

Figura 18.

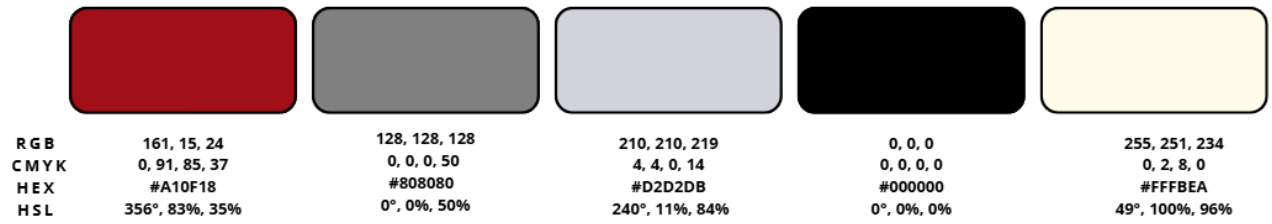
Tipografía Abril Fataface.

Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm
Nn Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz
1234567890

La paleta de colores surge de observación de la inspiración en la robótica y la tecnología, las cuales permitieron llegar a una propuesta final de estilo y forma para las herramientas y contenido grafico (Figura 19).

Figura 19.

Paleta de colores. *Elaboración propia.*



4.2.2. Funciones

Un diagrama *FAST* (*Funtion Analysis System Thecnique*) es una herramienta que permitió analizar y descomponer las funciones dentro de un producto, sistema o procesos. Su principal objetivo fue identificar las funciones principales y subfunciones de cada producto y cómo cubrir cada función, promoviendo un enfoque estructurado para el diseño y mejora. Se realizó un diagrama *fast* para cada herramienta (Figura 20).

Figura 20.

Diagrama fast de estación meteorológica. *Elaboración propia.*

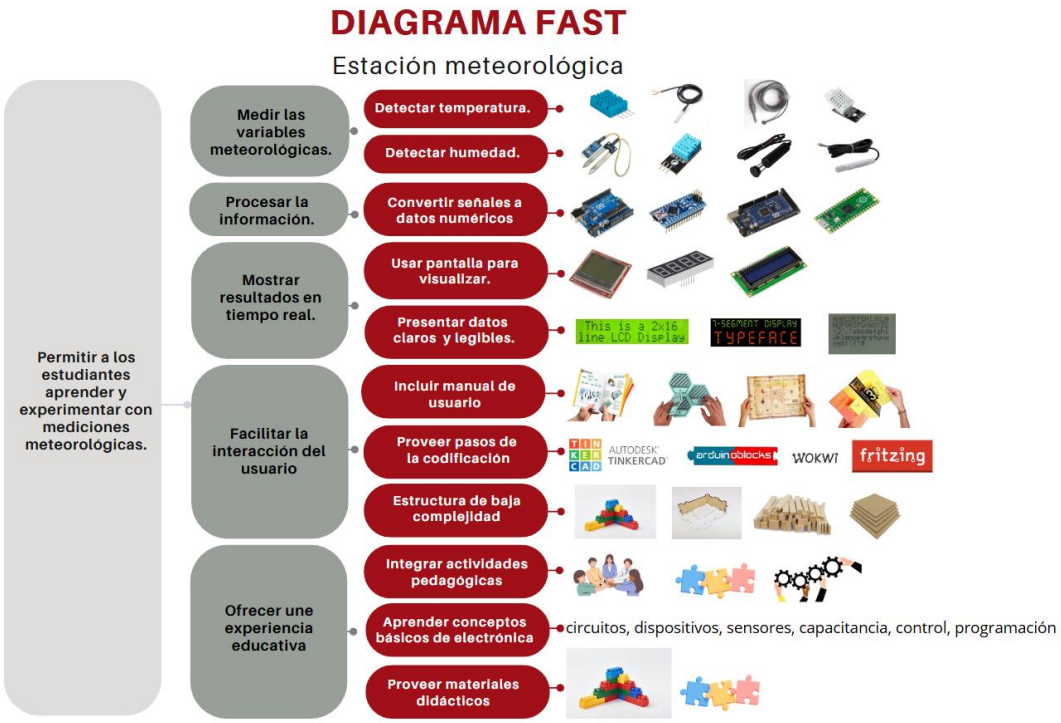


Figura 21.

Diagrama *fast* de brazo robótico. *Elaboración propia.*

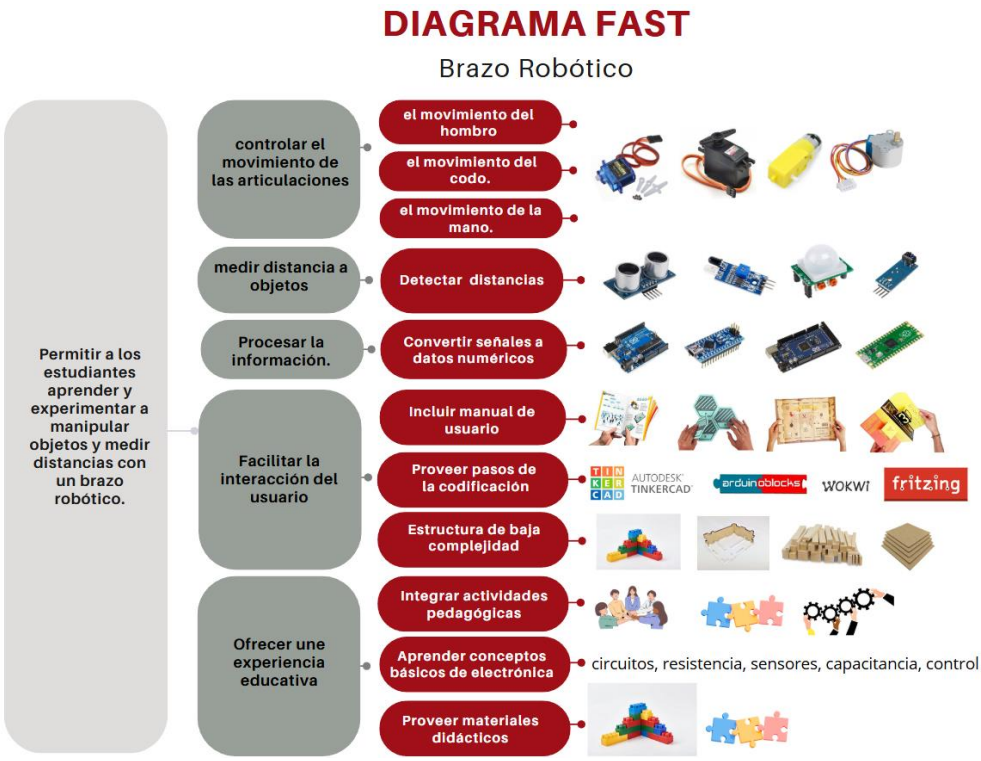


Figura 22.

Diagrama fast de seguidor de línea. *Elaboración propia.*

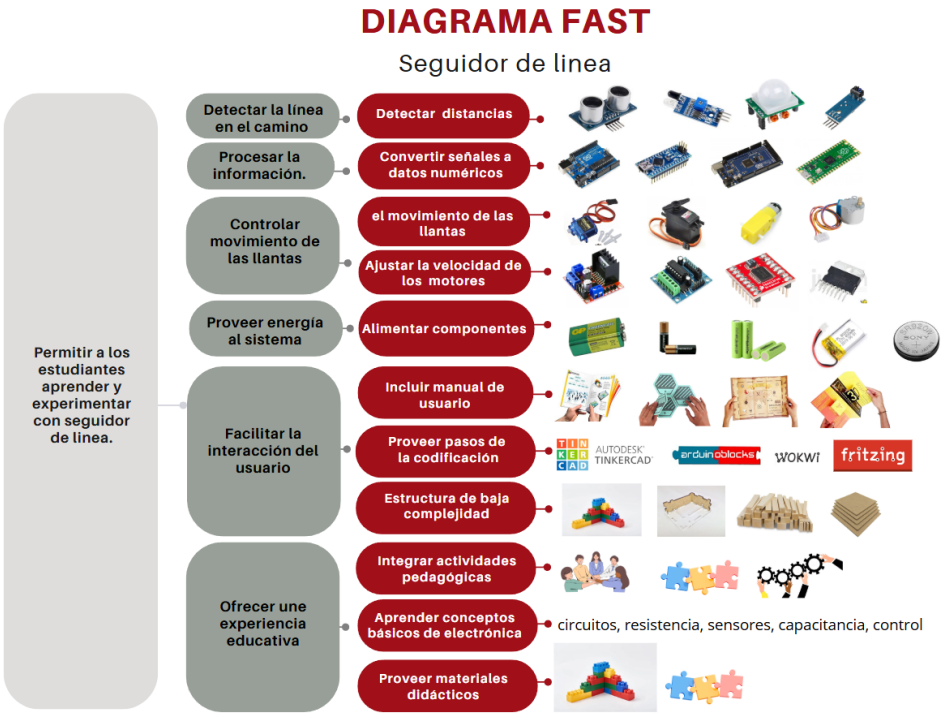
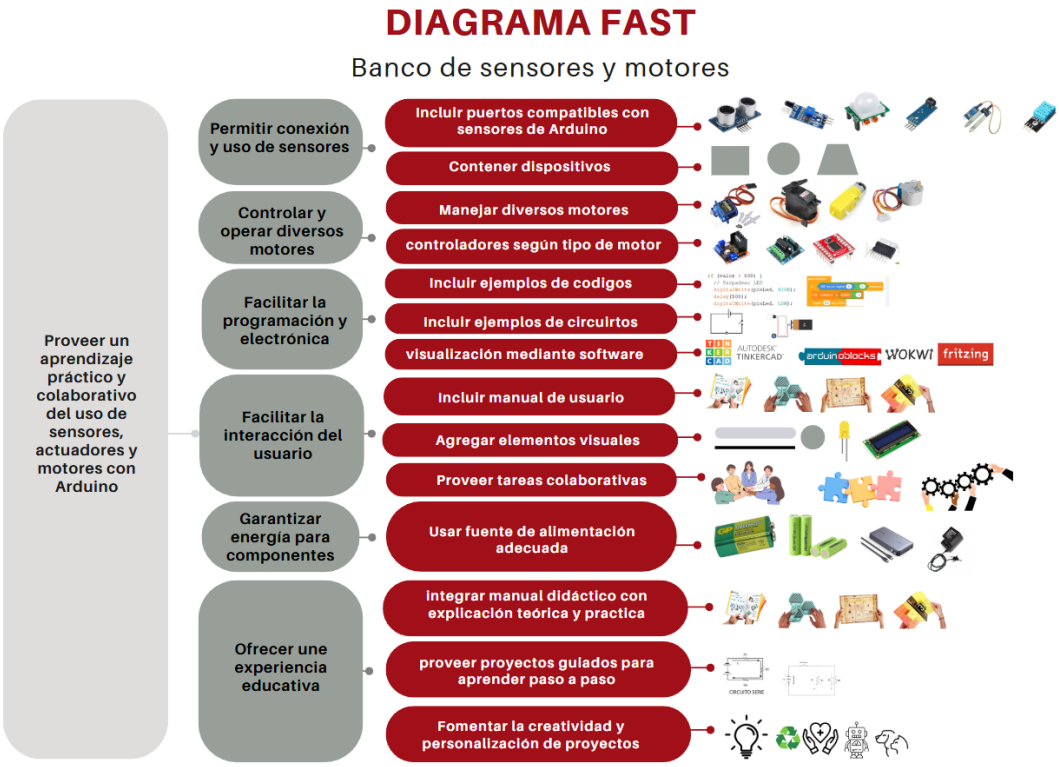


Figura 23.

Diagrama fast de banco de sensores, motores y actuadores. *Elaboración propia.*



Cada herramienta tuvo sus respectivas funciones principales y secundarias, las cuales se pueden solucionar con diferentes opciones, estas son de ayudan para crear diversas alternativas en el desarrollo de cada dispositivo.

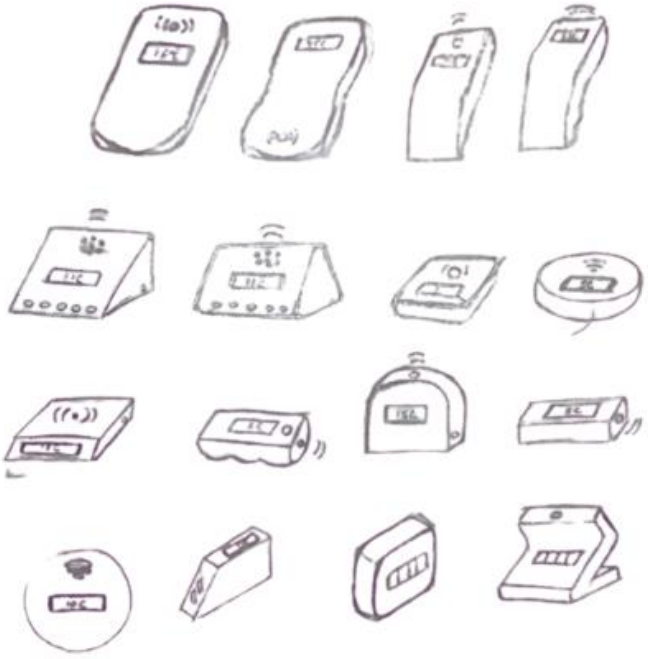
4.2.3. Alternativas

Para el desarrollo de las herramientas, se realizaron varias fases creativas; primero, se hizo una lluvia de ideas con cada herramienta, donde se proponen diversas alternativas de diseño. Posteriormente se realizó una lluvia de ideas asistido por IA en la cual se proponían formas de las herramientas y finalmente se unen las ideas para crear las alternativas finales, las cuales se evaluaron.

Se definieron los dispositivos a usar en la **estación meteorológica**, como lo son ***sensor de humedad y temperatura DHT11, Arduino UNO, Pantalla LCD 16x2 con I2C***. Se desarrollaron las ideas de la estación meteorológica, donde se experimentaron diversas formas de uso, tamaños, dimensiones y funcionamiento (Figura 24).

Figura 24.

Bocetos de alternativas de estación meteorológica. *Elaboración propia.*



Después de realizó una lluvia de ideas asistida con IA, se usó el siguiente *promt*, usando la IA de Bing por Microsoft (Figura 25).

"kit de enseñanza de una estación meteorológica, usando Arduino, figuras orgánicas, colores blanco, gris, negro y vino, además usando pantalla, usando concepto minimalista, educativo y moderno"

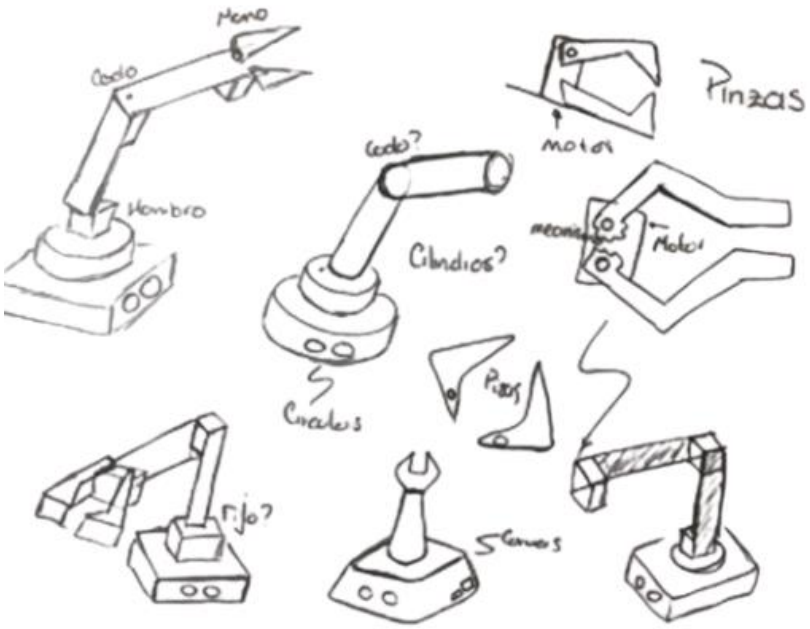
Figura 25.

lluvia de ideas asistida por IA, estación meteorológica. *Fuente: Bring.*

Se definieron los dispositivos a usar en el brazo **robótico**, como lo son ***sensor de distancia Hc-SR04, Arduino UNO, servomotor Sg90 y Mg996***. Se desarrollaron las ideas del brazo robótico, donde se experimentaron diversas formas de uso, tamaños, dimensiones y funcionamiento (Figura 26).

Figura 26.

Bocetos de alternativas de brazo robótico. *Elaboración propia.*



Después de realizó una lluvia de ideas asistida con IA, se usó el siguiente *promt*, usando la IA de Bing por Microsoft (Figura 27).

"Brazo robótico didáctico, usando Arduino, sensor de distancia, servomotores, figuras orgánicas, colores blancos, gris y vino, usando balso o MDF, concepto minimalista, educativo y moderno".

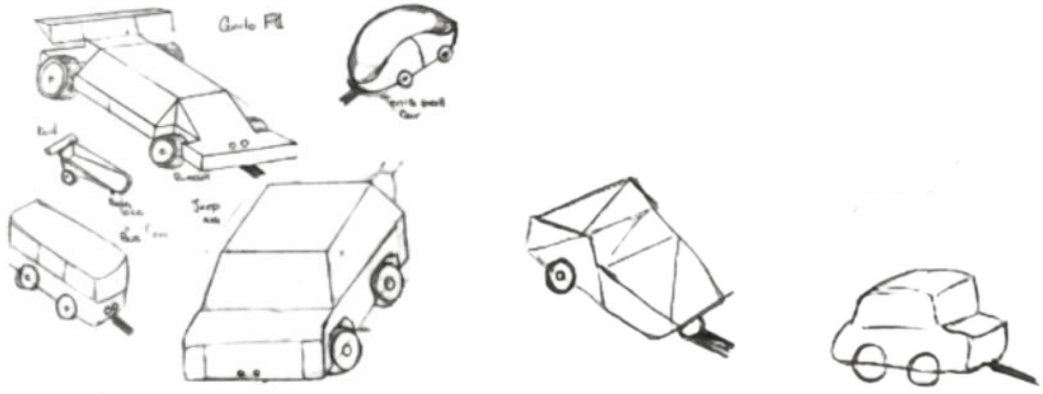
Figura 27.

lluvia de ideas asistida por IA, brazo robótico. *Fuente: Bring*

Se definieron los dispositivos a usar en el **seguidor de línea**, como lo son ***sensor de línea o infrarrojo, Arduino UNO, motorreductor de 9v, baterías de litio, llantas, elevador de corriente***. Se desarrollaron las ideas del seguidor de línea, donde se experimentaron diversas formas de uso, tamaños, dimensiones y funcionamiento (Figura 28).

Figura 28.

Bocetos de alternativas de seguidor de línea*. Elaboración propia.*

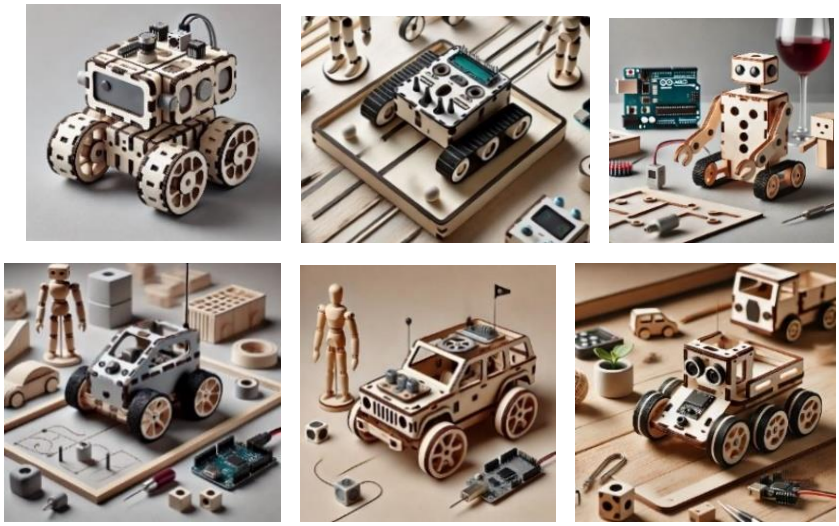


Después de realizo una lluvia de ideas asistida con IA, se usó el siguiente *pront,* usando la IA de Bing por Microsoft (Figura 29).

"Coche seguidor de línea didáctico en madera o balso, usando Arduino, sensores, servomotores, figuras orgánicas, colores grises, vino y blanco, concepto minimalista, educativo y moderno",

Figura 29.

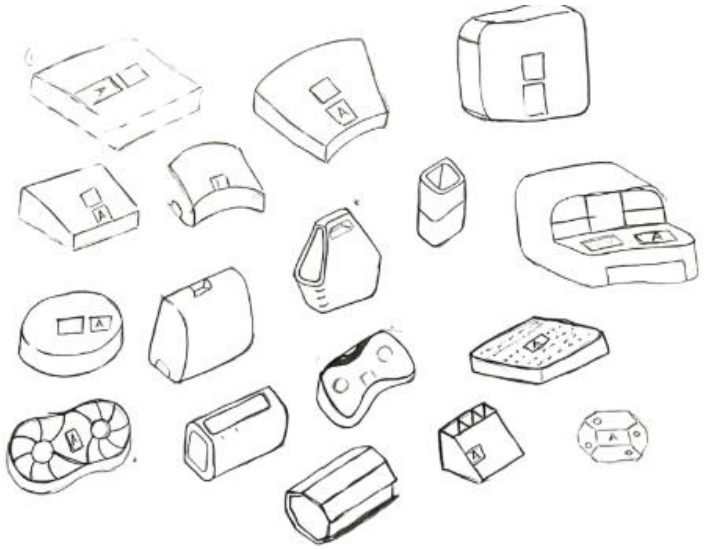
lluvia de ideas asistida por IA, seguidor de linea. *Fuente: Bring*



Los dispositivos a usar en el **banco de Motores, Actuadores y Sensores** se definieron a través de un proceso de selección de tecnología, de manera que fuese factible y asequible para el estudiante, pero que, además, tuviese en cuenta las competencias que el estudiante debe desarrollar en FDM; se seleccionaron 15 ***sensores, 5 motores, 4 actuadores, Arduino UNO***. Se desarrollaron las ideas del banco de sensores y motores, donde se experimentaron diversas formas de uso, tamaños, dimensiones y funcionamiento (Figura 30).

Figura 30.

Alternativas de banco de sensores, motores y actuadores. *Elaboración propia.*

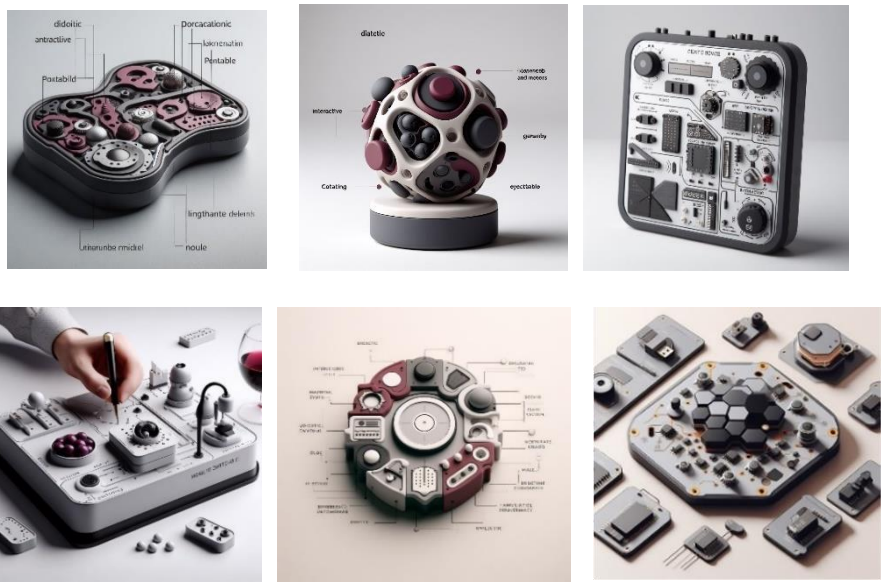


Después se realizó una lluvia de ideas asistida con IA, se usó el siguiente *promt,* usando la IA de Bing por Microsoft (Figura 31).

"Banco de enseñanza y pruebas de sensores y motores, minimalista, moderno y educativo, usando Arduino, sensores, servomotores, figuras orgánicas, colores grises, vino y blanco".

Figura 31.

Lluvia de ideas asistida por IA, banco de sensores, motores y actuadores. *Fuente: Bring.*



4.2.4. Selección de alternativa

Para la selección de alternativa, se utilizó la matriz de Pugh, la cual es una herramienta de análisis de toma de decisión que permite comparar y evaluar diferentes opciones o alternativas con base en criterios establecidos.

Después de desarrollar y analizar múltiples opciones, se aplicó la herramienta de toma de decisiones de la matriz de Pugh (tabla x), la cual consiste en multiplicar cada valor por su ponderación y después sumarlos para obtener el puntaje final de cada alternativa. Los valores que se asignaron son los siguientes: (-1) indica que la alternativa no cumple con el criterio, (0) indica que cumple el criterio, pero no en su totalidad y (1) indica un cumplimiento completo del criterio.

4.24.1. Alternativa de estación meteorológica

Alternativa 1

Z--weather

Z--weather es un dispositivo fijo con diseño en forma de Z, diseñado para medir la temperatura y la humedad en tiempo real. Utiliza una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Arduino IDE para su programación mediante texto.

Su construcción se basa en piezas ensamblables y cuenta con una apertura para la conexión del cargador. Además, incorpora un interruptor de encendido, una abertura en la parte superior para el sensor y un display 7 segmentos inclinado a 60 grados respecto al plano base. Ha sido desarrollado con una secuencia de pasos específica para que dos estudiantes puedan ensamblarlo e interactuar con el de manera eficiente. (Figura 32).

Figura 32.

Boceto de Z--Weather. *Elaboración propia*.

Alternativa 2

Temp - Hum

Temp -Hum es un dispositivo fijo en forma de torre con una base cuadrada. Este dispositivo mide la temperatura y la humedad en tiempo real, utilizando una tarjeta Arduino como hardware y el software de Arduino-Blocks para su programación por bloques.

Su construcción se basa en piezas ensamblables y cuenta con una apertura para su conexión con el cargador. Además, incorpora un interruptor de encendido y una abertura en la parte superior para el sensor. La pantalla LCD esta inclinada a 45 grados respecto al plano base y ha sido diseñada con una secuencia de pasos específica para que dos estudiantes puedan ensamblarla y utilizarla fácilmente. (Figura 33)

Figura 33.

Boceto de Temp - Hum. *Elaboración propia*.

Alternativa 3

Ambientalx

Ambientalx es un dispositivo portátil y de uso manual, con un diseño similar a un control o teléfono móvil, que mide la temperatura y humedad en tiempo real. Utiliza una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Tinkercad para su programación por bloques.

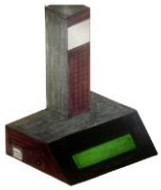
Su construcción se basa en piezas ensamblables que encajan en los bordes y cuenta con una apertura para la conexión del cargador. Además, incorpora un interruptor de encendido, unas aberturas para el sensor y una pantalla LCD. Ha sido diseñado con una secuencia de pasos específica para que dos estudiantes puedan ensamblarlo y utilizarlo fácilmente. (Figura 34)

Figura 34.

Boceto Ambientalx. *Elaboración propia.*

Tabla 14.

Matriz pugh para selecciona alternativa de estación. Elaboración propia.

				
Criterio de evaluación	**Ponderación**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
La alternativa tiene coherencia con la finalidad del proyecto	3	0	0	0
La alternativa es de fácil implementación	4	1	1	0
La alternativa se puede desarrollar en un máximo de 2 horas	3	1	1	1
La alternativa se puede fabricar fácilmente	4	0	1	0
La alternativa No requiere de un experto	1	1	1	0
La alternativa se puede desarrollar en grupo	2	1	1	1
La alternativa requiere conocimientos previos	3	0	0	0
Total		10	14	5

Después de analizar las opciones, se optó por implementar la alternativa 2, ***Temp - Hum*** ya que fue la que recibió una puntuación más alta, y de mayor viabilidad según los criterios de evaluación.

4.2.4.2. Alternativa de brazo robótico.

Alternativa 1

Arm-Bot

Arm-Bot es un dispositivo fijo diseñado para medir distancia y manipular un objeto mediante una pinza. Utiliza una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Tinkercad para su programación por bloques.

Su construcción se basa en piezas ensamblables que se fijan con tornillos y encajes. Cuenta con una apertura para la conexión del cargador, un interruptor de encendido y tres servomotores SG90 que controlan sus articulaciones y la pinza. Ha sido diseñado con una secuencia de pasos específica para que dos estudiantes puedan ensamblarlo y operarlo fácilmente. (Figura 35).

Figura 35.

Boceto Arm-Bot. *Elaboración propia.*

Alternativa 2

Armtronik

Armtronik es dispositivo fijo diseñado para medir distancias y manipular objetos con su pinza. Utiliza una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Arduino-Block para su programación por bloques.

Su estructura se ensambla mediante tornillos, destacando el brazo y la garra como sus principales componentes. Cuenta con una apertura para la conexión del cargador, un interruptor de encendido y tres servomotores: dos SG90 para el brazo y pinza, y un MG995 para el codo. Ha sido diseñado con una secuencia de pasos específicos para que dos o tres estudiantes puedan ensamblarlo y operarlo de manera eficiente. (Figura 36)

Figura 36.

Boceto Armtronik. *Elaboración propia.*

Alternativa 3

Pentarm

Pentarm es dispositivo fijo diseñado para medir distancia y manipular objetos con su pinza. Utiliza una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Fritzing para su programación por texto.

Su construcción se ensambla mediante encajes en la base, mientras que los servomotores se fijan con tornillos. Cuenta con una apertura para la conexión del cargador, un interruptor de encendido y tres servomotores: dos SG90 para el brazo y la pinza, y un MG995 para el codo. Ha sido diseñado con una secuencia de pasos específica para que tres o dos estudiantes puedan ensamblarlo y operarlo de manera eficiente. (Figura 37)

Figura 37.

Boceto Pentarm. *Elaboración propia.*

Tabla 15.

Matriz pugh para selecciona alternativa de brazo robótico. Elaboración propia.

Criterio de evaluación	**Ponderación**	**Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
La alternativa tiene coherencia con la finalidad del proyecto	3	1	1	1
La alternativa es de fácil implementación	4	0	-1	0
La alternativa se puede desarrollar en un máximo de 2 horas	3	1	1	0
La alternativa se puede fabricar fácilmente	4	-1	1	0
La alternativa No requiere de un experto	1	1	0	1
La alternativa se puede desarrollar en grupo	2	1	1	1
La alternativa requiere conocimientos previos	3	0	1	1
Total		4	11	9

Después de analizar las opciones, se optó por implementar la alternativa 2, ***Armtronik*** ya que fue la que recibió una puntuación más alta, y de mayor viabilidad según los criterios de evaluación.

4.2.4.2 Alternativa de seguidor de línea.

Alternativa 1

+ Follow -

+Follow – es un carro seguidor de línea inspirado en un Fiat es una alternativa de un dispositivo carro seguidor de línea, inspirado en un Fiat 500. Utiliza un sensor TRL5000 para detectar la línea, junto con una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software de Fritzing para su programación por texto.

Su estructura se ensambla mediante encajes en el chasis, mientras que los motores se acoplan a las ruedas. Cuenta con un sistema de alimentación externa a través de una apertura para el cargador, un interruptor de encendido y dos motorreductores de 9v para las ruedas principales. Además, incorpora dos leds para la iluminación.

Ha sido diseñado con una secuencia de pasos específica para que tres estudiantes puedan ensamblarlo y operarlo de manera eficiente. (Figura 38)

Figura 38.

Boceto + Follow-, *Elaboración propia*.

Alternativa 2

Need for Speed

Need for Speed es un carro seguidor de línea inspirado en un auto de carreras de F1. Utiliza un sensor IR para detectar la línea, junto con una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Arduino IDE para su programación por texto.

Su construcción se basa en una pieza base ensamblable mediante encajes en el chasis, mientras que los motores se acoplan a las ruedas. Cuenta con un sistema de alimentación externa a través de una apertura para el cargador, un interruptor de encendido y dos motorreductores de 9v para las ruedas principales. Además, incorpora un alerón para mejorar su diseño aerodinámico.

Ha sido diseñado con una secuencia de pasos específica para que dos estudiantes puedan ensamblarlo y operarlo de manera eficiente. (Figura 39)

Figura 39.

Boceto de Need for Speed*. Elaboración propia.*

Alternativa 3

D2 line

D2 line es un carro seguidor de línea inspirado en una aspiradora, con un diseño de tres ruedas. Utiliza un sensor TRL5000 para detectar la línea, junto una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Arduino-Blocks para su programación por bloques.

Su estructura se ensambla mediante encajes en el chasis, mientras que los motores se acoplan a las ruedas principales. Cuenta con un sistema de alimentación externa con batería de litio y un regulador de corriente, además de una rueda loca para que proporciona equilibrio y dirección. Dispone de una apertura para la conexión del cargador, un interruptor de encendido y dos motorreductores de 9V para la tracción.

Ha sido diseñado con una secuencia de pasos específico para que tres estudiantes puedan ensamblarlo y operarlo de manera eficiente. (Figura 40)

Figura 40.

Boceto D2 line. *Elaboración propia.*

Tabla 16.

Matriz pugh para selecciona alternativa de seguidor de línea. Elaboración propia.

Criterio de evaluación	**Ponderación**			
		Alternativa 1	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
La alternativa tiene coherencia con la finalidad del proyecto	3	1	1	1
La alternativa es de fácil implementación	4	o	-1	o
La alternativa se puede desarrollar en un máximo de 2 horas	3	-1	-1	-1
La alternativa se puede fabricar fácilmente	4	o	0	0
La alternativa No requiere de un experto	1	0	1	1
La alternativa se puede desarrollar en grupo	2	1	1	1
La alternativa requiere conocimientos previos	3	0	1	1
Total		2	1	6

Después de analizar las opciones, se optó por implementar la alternativa 3, D2 Line ya que fue la que recibió una puntuación más alta, y de mayor viabilidad según los criterios de evaluación.

4.2.4.2 Alternativa de Banco de sensores, actuadores y motores.

Alternativa 1

MEC box

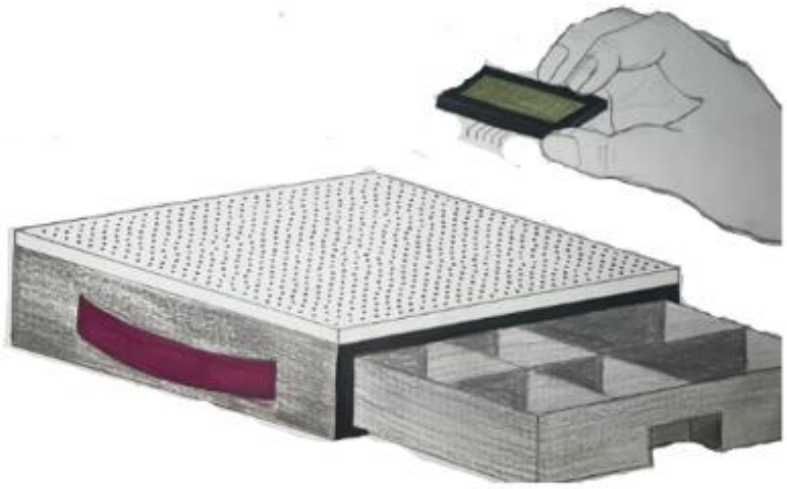
MEC box es un banco de sensores, motores y actuadores, inspirado en una gran *protoboard* y una caja de almacenamiento. Permite la interacción con 10 sensores, 4 motores y 4 actuadores, utilizando una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Fritzing para su programación por texto.

Su estructura en forma de caja cuenta con un cajón deslizante que facilita el almacenamiento y exposición de los dispositivos. El sistema se alimenta a través de una apertura para el cargador, dispone de un interruptor para encender las luces y cuenta con cuatro *protoboards* medianos para realizar las conexiones.

Ha sido diseñado con una secuencia de pasos que permite la realización de 20 ejercicios orientados para uno o dos estudiantes. (Figura 41)

Figura 41.

Boceto MEC box. *Elaboración propia*.



Alternativa 2

+DEV MAS-

+DEV MAS- es un banco de sensores, motores y actuadores inspirado en un control de videojuegos. Permite la interacción con 15 sensores, 5 motores y 5 actuadores, utilizando una tarjeta Arduino UNO como hardware y el software Tinkercad para su programación tanto por bloques como por texto.

Su construcción se basa en una base con forma de control y una tapa superior soportada por la estructura, la cual cuenta con agujeros que exponen los dispositivos y sus pines de conexión. Incluye una *protoboard* para la realización de circuitos, la tarjeta Arduino y compartimientos diseñados para almacenar elementos como baterías, resistencia y pulsadores.

El sistema se alimenta a través de una apertura para el cargador, cuenta con un interruptor para el encendido de luces y ha sido diseñado con una secuencia de pasos que permite realizar aproximadamente 20 ejercicios, adecuados para uno o dos estudiantes. (Figura 42)

Figura 42.

Boceto +DEV MAS-. *Elaboración propia.*

Alternativa 3

+ DIS—ELE+

+DIS—ELE+ es un banco de sensores, motores y actuadores, inspirado en una base soporte que convierte el tablero en un plano inclinado de 40 grados. Permite la interacción con 28 dispositivos distribuidos de la siguiente manera: cinco de 4 pines, doce de 3 pines, diez de 2 pines y uno de 8 pines. Utiliza cuna tarjeta Arduino UNO con hardware y el software Arduino Blocks para su programación por bloques.

Su estructura consiste en un a base en forma de cajón que almacena los dispositivos, además de un tablero ajustable con perforaciones que facilitan la conexión de los componentes y el armado de circuitos.

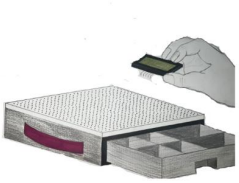
El sistema se alimenta a través de una apertura para el cargador y ha sido diseñado con una secuencia de pasos que permite realizar aproximadamente 20 ejercicios, adecuados para uno o dos estudiantes. (Figura 43)

Figura 43.

Boceto. +DIS—ELE+. *Elaboración propia.*

Tabla 17.

Matriz pugh para selecciona alternativa de banco. Elaboración propia.

Criterio de evaluación	**Ponderación**	 **Alternativa 1**	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
La alternativa tiene coherencia con la finalidad del proyecto	3	1	1	1
La alternativa es de fácil implementación	4	-1	0	0
La alternativa se puede utilizar en un máximo de 2 horas	3	1	1	1
La alternativa se puede fabricar fácilmente	4	-1	0	-1
La alternativa No requiere de un experto	1	1	1	1
La alternativa se puede utilizar en grupo	2	1	0	0
La alternativa requiere conocimientos previos	3	0	0	0
Total		5	7	3

Después de analizar las opciones, se optó por implementar la alternativa 2, +DEV MAS- ya que fue la que recibió una puntuación más alta, y de mayor viabilidad según los criterios de evaluación.

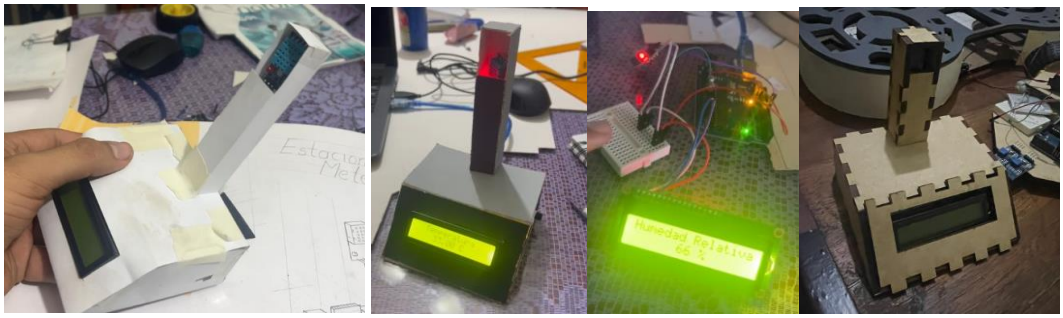
4.2.5. Desarrollo de alternativa

Se desarrollaron prototipos de papel y baja fidelidad para cada herramienta, con el fin de dimensionar tamaños, espacios de los dispositivos, la ergonomía del producto y la interacción con el usuario en primer contacto y verificar supuestos conceptuales con los componentes electrónicos. Finalmente se realizó el modelado 3d de cada herramienta en el software SolidWorks para dimensionar su estética.

Se desarrollaron tres prototipos de la **estación meteorológica**: el primero en papel para definir dimensiones y distribución de dispositivos, el segundo en cartón para evaluar la estructura y funcionamiento, y el tercero en MDF como versión final. (Figura 44)

Figura 44.

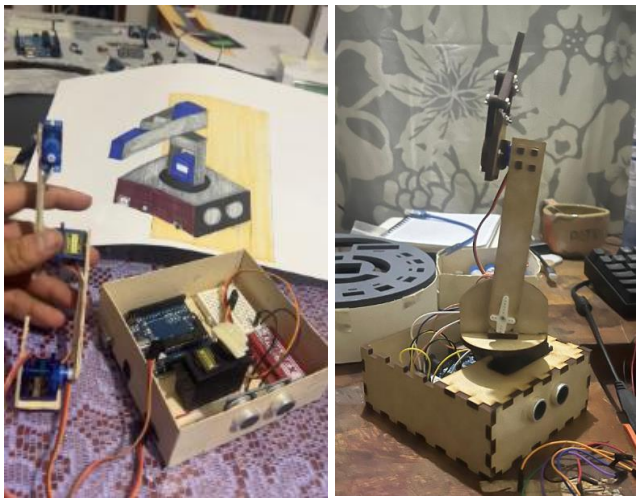
Prototipos de papel, cartón y MDF de alternativa estación meteorológica. *Elaboración propia.*



Se desarrollaron dos prototipos del **brazo robótico:** el primero en cartón, con el objetivo de evaluar dimensiones y distribuciones de los dispositivos y el segundo en MDF, donde se analizó su funcionamiento y estructura. (Figura 45)

Figura 45.

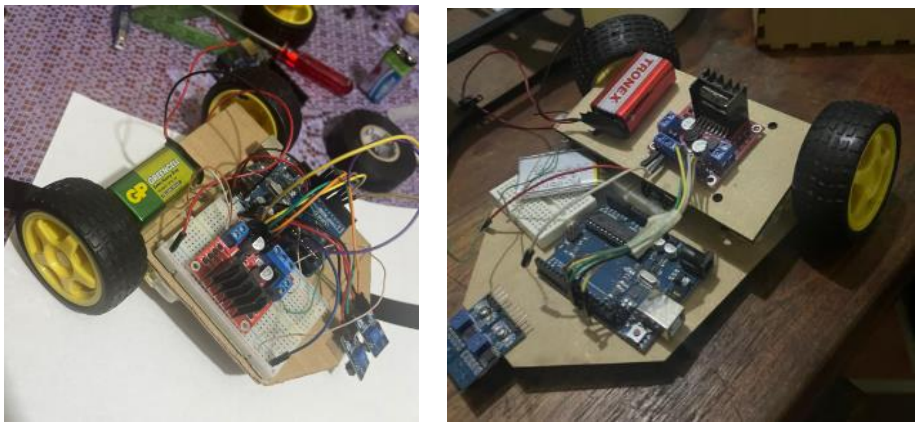
Prototipo de cartón y MDF de alternativa de brazo robótico. *Elaboración propia.*



Se desarrollaron dos Prototipos del **seguidor de línea**: el primero en cartón, con el objetivo de evaluar dimensiones y la distribución de los dispositivos, y el segundo en MDF, donde se analizó su funcionamiento y estructura final. (Figura 46).

Figura 46.

Prototipos de cartón y MDF de alternativa del seguidor de línea. *Elaboración propia.*



En el desarrollo de este prototipo surgieron múltiples problemas, debido a la fuerza que debían realizar los motores para moverse; se realizaron diversos cambios de alimentación y regulación de energía para los motores, pero no funcionó, es por esto que se tomó la decisión de no continuar con esta herramienta, ya que siempre va a quedar un elemento robusto, el cual va a ser poco probable que funcione.

Se desarrollaron tres prototipos del **banco de sensores, motores y actuadores**: el primero en papel, permitió evaluar las dimensiones y la distribución de los dispositivos. Posteriormente, se realizó un prototipo en cartón para analizar su funcionamiento y estructura. Finalmente, se construyó el prototipo definitivo en MDF, consolidando el diseño final. (Figura 47)

Figura 47.

Prototipo de papel, cartón y mdf del banco de motores, actuadores y sensores. *Elaboración propia.*

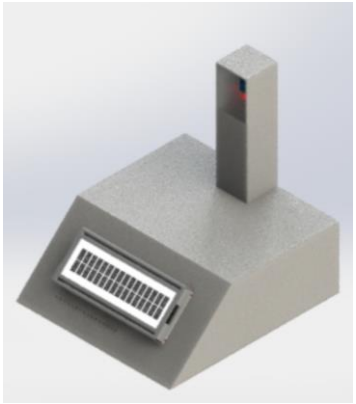
4.2.6. Impacto Ambiental

Para el desarrollo de los prototipos finales, se detallaron el número de elementos que componen cada kit; Los materiales que se utilizaron para la fabricación de estos, se encuentran detallados en las siguientes listas de materiales o *Bill of Material* (BOM).

Para la fabricación de la estación meteorológica de desarrollo un modelo 3D para analizar el número de piezas. (Figura 48)

Figura 48.

Modelado 3D de la estación meteorológica. *Elaboración propia.*



Para su fabricación se necesitaron 17 ítems diferentes (6 electrónicos, 7 de estructura y 2 de contenido), teniendo un costo total de fabricaron alrededor de 149.000 COP (Tabla 18).

Tabla 18.

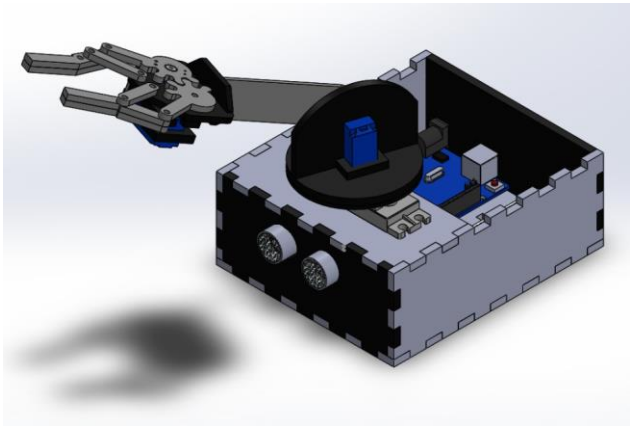
Bills of material de la estación meteorológica. *Elaboración propia.*

ID	Componente	Descripción	Cant.	Especificación	Costo/unidad	Costo total
1	Arduino	Plataforma de código abierto	1	Tarjeta Arduino uno	80.000	80.000
2	Sensor DHT11	Detectar humedad y temperatura	1	Humedad (20%-95%) temperatura (0C- 50C)	7.000	7.000
3	Display LDC 16x2	Pantalla que muestra caracteres (16x2)	1	Incluido modulo I2C	25.000	25.000
4	Jumpers	Cables de conexión	10	Jumpers m-m	300	3.000
6	Cable USB-B	Cable de conexión Arduino pc	1	Compatible con tarjeta arduino	Incluido con tarjeta	
7	Protoboard	Tabla de pruebas paras circuitos	1	Dimensión: mini	4.000	4.000
8	Superior torre	Estructura	1	Mdf y corte laser	400	400
9	Lateral torre	Estructura	2	Mdf y corte laser	800	1.600
10	Frontal torre	Estructura	1	Mdf y corte laser	600	600
11	Posterior base	Estructura	1	Mdf y corte laser	3.000	3.000
12	Inferior base	Estructura	1	Mdf y corte laser	2.000	2.000
13	Lateral base	Estructura	2	Mdf y corte laser	1.000	2.000
14	Superior base	Estructura	1	Mdf y corte laser	2.000	2.000
15	Frontal base	Estructura	1	Mdf y corte laser	2.400	2.400
16	Manual	Contenido gráfico, describe pasos.	1	Propalcote e impresión	8.000	8.000
17	Empaque	Contenedor del producto final.	1	cartón plastificado e impreso	8.000	8.000
					Total	149.000

Para la fabricación de la estación meteorológica se desarrolló un modelo 3D para analizar el número de piezas. (Figura 49)

Figura 49.

Modelado 3D de brazo robótico. *Elaboración propia.*



Para su fabricación se necesitaron 28 ítems diferentes (8 electrónicos, 16 de estructura, 3 de unión y 2 de contenido), teniendo un costo total de fabricaron alrededor de 201.000 COP (Tabla 19).

Tabla 19.

Bills of material del brazo robótico. *Elaboración propia.*

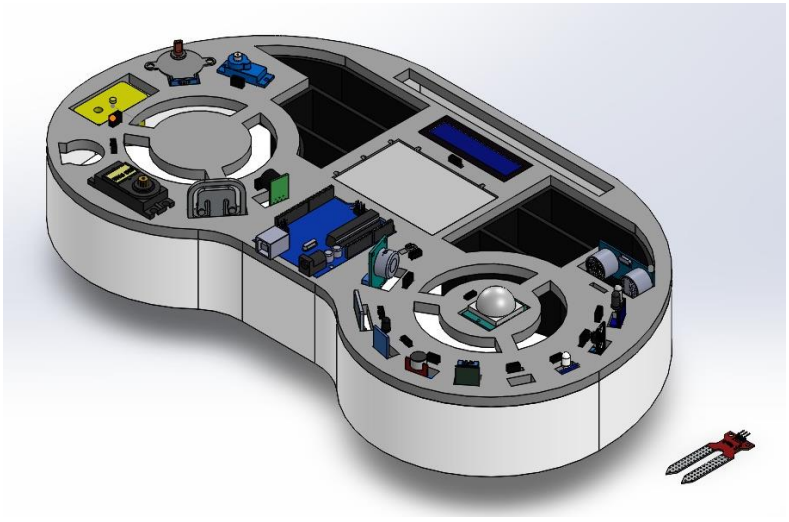
ID	Componente	Descripción	Cant.	Especificación	Costo/unidad	Costo total
1	Arduino	Plataforma de código abierto	1	Tarjeta Arduino uno	80.000	80.000
2	Sensor ultrasónico HC-SR04	Detectar distancia	1	Rango de 2cm a 2 metros	8.000	8.000
3	Servomotor Sg90	Motor con rango de movimiento 180	2	Servomotor con alto torque y velocidad	13.000	26.000
4	Servomotro Mg996	Motor con rango de movimiento 180	10	Servomotor con alto torque y fuerza	30.000	30.000
5	Cable USB-B	Cable de conexión Arduino pc	1	Compatible con tarjeta Arduino	Incluido con tarjeta	
6	Mini protoboard	Tabla de pruebas paras circuitos	1	Dimensión: mini	4.000	4.000
7	Jumpers	Cables de conexión	20	Jumpers m-m	300	6.000
8	Lateral base	Estructura	2	Mdf y corte laser	1.500	3.000
9	Inferior base	Estructura	1	Mdf y corte laser	2.000	2.000
10	Posterior base	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.500	1.500
11	Superior base	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.000	1.000
12	Frontal base	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.500	1.500
13	Unión brazo	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.200	1.200
14	Base unión	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.000	1.000
15	Soporte unión	Estructura	1	Mdf y corte laser	500	500

16	Brazo	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.200	1.200
17	Unión garra	Estructura	2	Mdf y corte laser	800	1600
18	Base garra	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.200	1.200
19	piñón derecho	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.500	1.500
20	Piñón izquierdo	Estructura	1	Mdf y corte laser	1.500	1.500
21	Soporte derecho	Estructura	2	Mdf y corte laser	250	500
22	Soporte izquierdo	Estructura	2	Mdf y corte laser	250	500
23	Uniones garra	Estructura	2	Mdf y corte laser	150	300
24	Destornillador	Ajustar uniones	2	Estrella y pala	3500	7.000
25	Tonillo	Unir piezas	10	Estrella y pala	100	1.000
26	Tuercas	Ajuste de uniuone	10	Hexagonal	100	1.000
27	Manual	Contenido gráfico, describe pasos.	1	Propalcote e impresión	9.000	9.000
28	Empaque	Contenedor del producto final.	1	Cartón plastificado e impreso	8.000	9.000
					Total	201.000

Para la fabricación del banco de sensores, motores y actuadores se desarrolló un modelo 3D para analizar el número de piezas. (Figura 50)

Figura 50.

Modelado 3D de banco de sensores, motores y actuadores. *Elaboración propia.*



Para su fabricación se necesitaron 40 ítems diferentes (35 electrónicos, 3 de estructura y 2 de contenido, teniendo un costo total de fabricaron alrededor de 456.500 COP (Tabla 20).

Tabla 20

Bills of material del banco de sensores, motores y actuadores. *Elaboración propia.*

ID	Componente	Descripción	Cant.	Especificación	Costo/unidad	Costo total
1	Arduino	Plataforma de código abierto	1	Tarjeta Arduino uno	80.000	80.000
2	Batería 3v	Batería para reloj	1	Bateria de lítio	5.000	5.000
3	Display LDC 16x2	Pantalla que muestra caracteres (16x2)	1	Incluido modulo I2C	25.000	25.000
4	Servomotor Sg90	Motor con rango de movimiento 180	1	Servomotor con alto torque y velocidad	13.000	13.000
5	Servomotro Mg995	Motor con rango de movimiento 180	1	Servomotor con alta fuerza	30.000	30.000
6	Motorreductor de 9V	Motor, con reductor de velocidad para aumentar torque	1	Posee una caja reductora de piñones.	9.000	9.000
7	Mini motobomba 9V	Bomba de agua compacta	1	Utilizar líquidos pequeños	15.000	15.000
8	Motor paso a paso 28byj-48	Motor de bajo consumo con 5 fases de operación	1	Movimientos precisos y controlados.	15.000	15.000
9	Driver L298N	módulo controlador de motores	1	Utiliza el chip L298N, un puente H dua	18.000	18.000
10	Cable USB-B	Cable de conexión Arduino pc	1	Compatible con tarjeta Arduino	Incluido con tarjeta	
11	Protoboard	Tabla de pruebas paras circuitos	1	Dimensión: pequeña	8.000	8.000
12	Jumpers	Cables de conexión	40	Jumpers m-m	300	12.000
13	Base inferior	Estructura	2	Mdf y corte laser	12.000	12.000
14	Base superior	Estructura	1	Mdf y corte laser	18.000	18.000
15	Borde Lateral	Estructura	1	cartón corruagdo	16.000	16.000
16	Sensor ultrasónico HC-SR04	Detectar distancia	1	Rango de 2cm a 2 metros	8.000	8.000
17	Sensor Ifc-51	Detectar obstáculos	1	Rango de 0.5 cm a 4 cm	12.000	12.000
18	Sensor tcrt5000	Detección de líneas o superficies.			9.000	9.000
19	Sensor PIR HC.SR501	Detecta movimiento	1	Rango 3 m en 180 grados	10.000	10.000
20	Sensor PIR HC-SR505	Detecta movimiento	1	Rango 1.5m en 180 grados	8.000	8.000
21	Sensor Fc-28	Detecta el contenido de agua en el suelo	1		8.000	8.000

22	Sensor DHT11	Detecta la temperatura y la humedad	1	Humedad (20%-95%) temperatura (0C-50C)	7.000	7.000
23	Sensor Ky.38	Detecta variaciones acústicas.	1		7.000	7.000
24	Sensor KY-026	Detecta a la intensidad de flama.	1	Rango de 760nm – 1100nm, longitude de onda	7.000	7.000
25	Sensor TTP223B	Detectar toques en superficies	1	Táctil capacitivo	5.000	5.000
26	Sensor MQ7	Detectar monóxido de carbono (CO)	1	Rango de 20ppm a 2000ppm	12.000	12.000
27	Sensor celda de carga	Medir peso o fuerza	1	Mediante la deformación de un elemento resistente.	6.000	6.000
28	Sensor ritmo cardiaco	Detecta la frecuencia cardíaca	1	Utiliza señales ópticas en los vasos sanguíneos.	7.000	7.000
29	Sensor nivel agua	Detecta la presencia o ausencia de líquido		Para depósitos o tanques	4.000	4.000
30	Modulo RTC DS1302	Reloj en tiempo real con batería de respaldo	1	Mantener la hora y fecha.	12.000	12.000
31	Fotorresistencia	Resistor que cambia su resistencia según la intensidad de luz	2	100 ohm a 1Mohm	1.000	1.000
32	Buzzer	Dispositivo que emite sonidos o alertas audible	2	85dB a 10 cm	5.000	5.000
33	Relé	Interruptor eléctrico controlado por una señal de baja potencia	1		2.000	2.000
34	Manual	Contenido gráfico, describe pasos.	1	Propalcote e impresión	9.000	9.000
35	Empaque	Contenedor del producto final.	1	Cartón plastificado e impreso	8.000	9.000
36	Resistencias	Dispositivo que se opone al paso de e.	30	100ohm, 220, 330, 470, 1k,10k	100	3.000
37	Diodo led	Diodo emite luz	15	Azul, rojo, amarillo, verde, blanco.	1.000	15.000

38	Batería 9v	Fuente de energía	2	Baterías recargables	9.000	18.000
39	Pulsador	Interrumpe le paso de corriente	4	Pulsador de 4 pines	500	2.000
40	interruptor	Interrumpe el paso de corriente	1	deslizar	500	500
					Total	456.500

Después de analizar los materiales que se van a necesitar para la construcción de los mismos, se desarrolló un análisis de ciclo de vida, con el fin de observar y analizar el impacto ambiental que se genera la fabricación de los mismos, para ello se utilizó la matriz MET (Materiales, Energía y Tóxicos), la cual es una herramienta que se utiliza en el análisis ambiental de un producto para evaluar su impacto en el medio ambiente durante todo su ciclo de vida como lo es la obtención, producción, distribución, uso, fin de vida.

Se realizó un análisis ciclo de vida general para los tres dispositivos, se tuvieron en cuenta los materiales mencionados anteriormente en el BOM y se realizó la matriz MET. (Tabla 21).

Tabla 21.

Matriz MET de todos los dispositivos. *Elaboración propia.*

Etapa	Materiales (M)	Energía (E)	Tóxicos (T)
Obtención	-Tala de árboles y triturado (madera) para MDF de las piezas - Extracción de metales (cobre, estaño y aluminio) para el Arduino, tornillos y motores. Sensor HC-SR04, DHT11 y LCD. -Producción de plástico (PEAD) para bolsas. (PP) para servos y Hc-SR04 -Tala de árboles para obtención de papel y cartón para empaque y manual.	- Energía para la tala de árboles y triturado de madera. -Energía en la extracción y refinado de metales; -Energía en la producción de plásticos. -Energía para la tala de árboles para obtener celulosa de papel.	-Para la obtención de MDf, papel y cartón se genera emisiones de CO_2, CO, NOx, resinas, formaldehidos. - Para obtener los dispositivos eléctricos se generan residuos mineros, emisiones de CO_2 y sustancias químicas tóxicas como cianuro y mercurio. -Para la obtención de plásticos se generan emisiones de Cos, NOx y liberación de calor.
Producción	-Fabricación de componentes electrónicos (Arduino, motores, actuadores y sensores).	Energía eléctrica para: - Ensamblaje de componentes electrónicos.	Emisiones de CO_2 y de CO, residuos electrónicos, tintas químicas en el manual y empaque.

	-Cortado de MDF para las piezas. -Impresión del manual y empaque de cartón. -Lubricantes y refrigerantes de máquinas.	-Corte laser piezas en MDf. -Impresión y corte en propalcote y cartón.	Residuos sólidos de mdf, papel y cartón.
Distribución	-Uso de bolsas de PEAD para proteger piezas. -Empaque de cartón impreso a cuatro tintas. -Transporte hacia puntos de venta.	Gasolina o combustible fósil o Disel para el camión.	Emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2, NOx) durante el transporte.
Uso	-Los componentes son reutilizables (Arduino, sensores, motores y actuadores), tornillos y destornilladores. -Materiales consumibles limitados.	Energía eléctrica para operar el Arduino y los servos, sensores, leds, motores. (bajo consumo).	Generación mínima de calor a través de la tarjeta Arduino, sensores, motores y actuadores.
Fin de vida	Componentes reciclables: plásticos (bolsas, piezas del sensor, servos), metales, (sensores, motores, Arduino). - Componentes biodegradables: MDF y cartón.	Energía para reciclar componentes o procesar residuos.	Residuos electrónicos si no se reciclan correctamente; bolsas de PEAD tardan en degradarse.

El análisis de ciclo de vida evidencia que, aunque es inevitable generar un impacto ambiental, existen diversas estrategias para minimizarlos y mejorar la sostenibilidad del producto. La implementación de materiales reciclados en empaques y manuales, el uso de plásticos biodegradables o alternativas como telas, y la incorporación de energías renovables como la solar, para su funcionamiento, son medidas claves para reducir la huella de carbono. Además, establecer programas de reciclaje y disposición adecuada de componentes electrónicos contribuiría a una gestión más responsable de los residuos.

4.2.7. Desarrollo de contenido

Para el desarrollo del *brandring* del producto, únicamente se desarrolló para el banco, ya que los kits, se busca que sean una colección de juegos o videojuegos (familia de productos), mientras que, con el banco de sensores, se desarrolló un producto diferente con su propio nombre.

Es por esto que el nombre seleccionado para el banco de sensores y motores, después de una lluvia de ideas fue el siguiente **– DEV MAS +**, su significado es el siguiente **DEV** se toma de la palabra ***device*** en inglés, que significa ***dispositivo*** en español y el **MAS** viene de las iniciales de los dispositivos, la **M** de ***motors***, la **A** de ***actuators*** y la **S** de ***sensor***, se utilizó el símbolo de **+ y –** ya que tienen un significado en la electrónica y en el desarrollo de circuitos ya que significan la polaridad del sistema. Además, se trabajó un eslogan que dice: ***idea, crea y prototipa,*** las cuales son las etapas del desarrollo de los proyectos y de un circuito en general (Figura 51).

Se Integró la tipografía escogida anteriormente y se tomó la paleta de colores para lograr el siguiente resultado:

Figura 51.

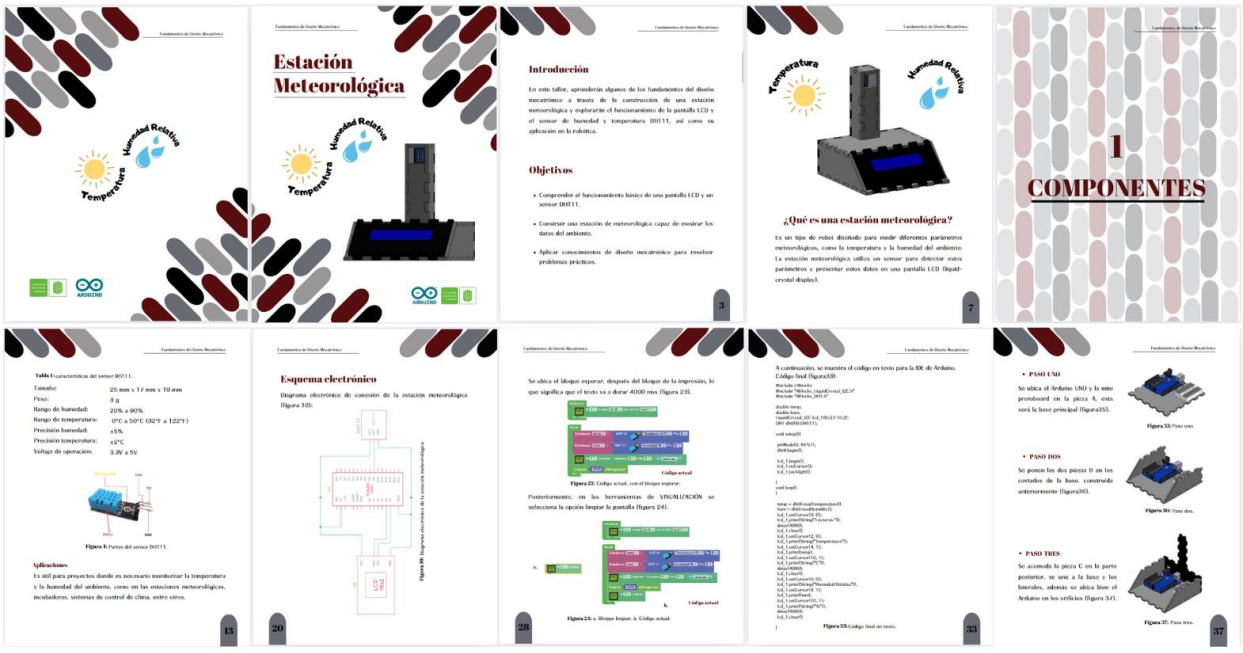
Logo -DEV MAS+. *Elaboración propia.*

Para el contenido gráfico de las herramientas, como lo son los manuales, se realizaron diversas diagramaciones, que tuvieran una coherencia con los productos y que su contenido fuera educativo y con un orden sistemático o de pasos que les permita a los estudiantes cumplir el objetivo de aprender haciendo.

Para los kits de la estación meteorológica y el brazo robótico, se manejó la misma organización, comenzando con una portada, una breve introducción, objetivos de la actividad, una explicación del dispositivo a desarrollar, seguidamente por los componentes electrónicos, de cada uno se explicó ¿qué es? ¿Como funciona? Sus partes, aplicaciones, pines de conexión en cada forma (real, simulación y esquemático). Posteriormente se explicó la parte electrónica, compuesta por el circuito en esquema electrónico y el montaje en físico, después la tercera parte que es la programación, paso a paso, desarrollada en el software de Arduino blocks, explicando cada bloque usado y posteriormente ejecutándolo en el sistema; además, se cuenta con el código final en texto, por si no se cuenta con este software y solo se cuenta con el software de Arduino IDE. Finalmente, la cuarta y última parte que es la construcción explica paso a paso las piezas que se van uniendo para armar e integrar con los dispositivos para crear el dispositivo final; el manual finaliza con la bibliografía y contra portada. (Figura 52).

Figura 52.

Diagramación del manual de la estación meteorológica. *Elaboración propia.*



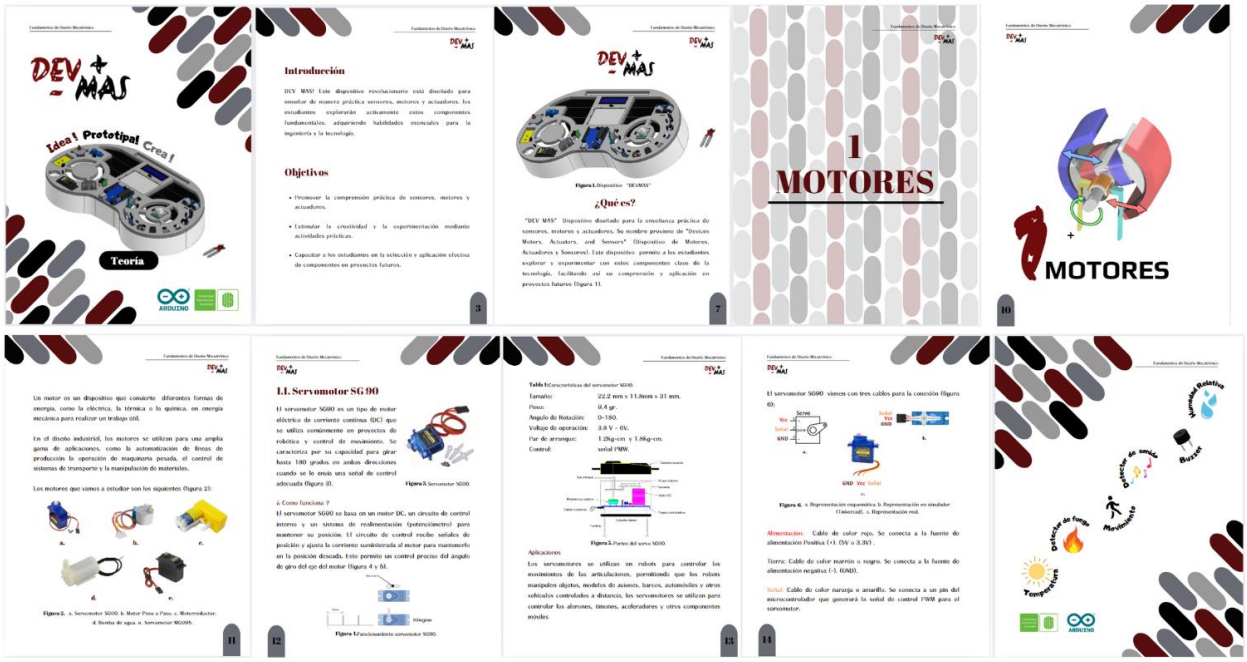
A continuación, se encuentran los manuales de los dos kits completos.

Ver Apéndice 11: Página 171: Manual de construcción de estación meteorológica. Elaboración propia.

Ver Apéndice 12: Página 171: Manual de construcción de Brazo Robótico. Elaboración propia.

Para el Banco de sensores, motores y actuadores, se realizaron dos manuales, uno completamente teórico, que explica los componentes electrónicos, de cada uno se explica ¿qué es? ¿Como funciona? Sus partes, aplicaciones, pines de conexión en cada forma (real, simulación y esquemático) de los 20 sensores, 5 motores y 5 actuadores. (Figura 53).

Figura 53.
Diagramación del manual teórico del banco. *Elaboración propia.*

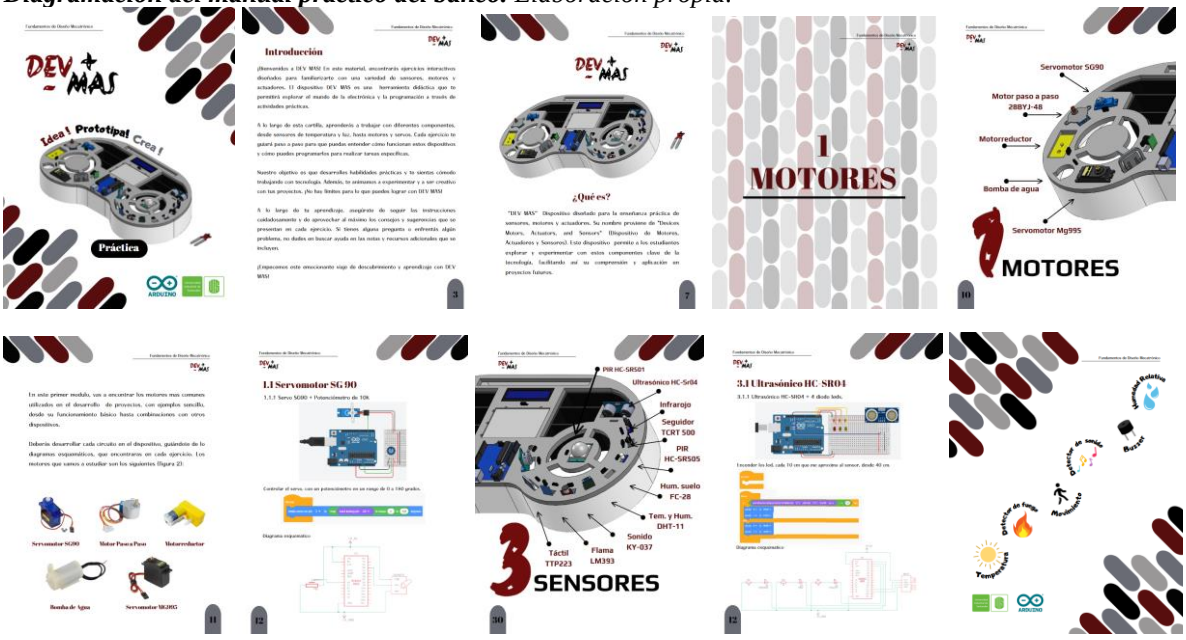


Ver Apéndice 13: Página 171: Manual teórico del banco de sensores y motores. Elaboración propia.

El manual Práctico, explica los ejercicios de cada dispositivo; con este se realizaron dos formas, con el fin de observar cuál era mejor para el entendimiento de los estudiantes, debido a que los esquemas electrónicos, son más complejos de interpretar para los estudiantes mientras que los esquemas pictóricos, son más fáciles de interpretar. (Figura 54).

Figura 54.

Diagramación del manual práctico del banco. *Elaboración propia.*



Ver Apéndice 14: Página 171 Manual práctico del banco de sensores y motores. Elaboración propia.

Para los empaques, se desarrollaron cajas en cartón cartulina, con impresión en tintas para las tres herramientas, las del kit tiene los mismos tamaños (32.5 cm x 16 cm x 4cm), ya que su apariencia es de video juego (Figura 55) y la caja del banco de sensores y motores y sensores tiene un tamaño mayor (46 cm x 29cm x 8cm) para facilitar su transporte y apilamiento. (Figura 56)

Figura 55.

Desarrollo de empaque de kits de la estación y el brazo robótico. *Elaboración propia*

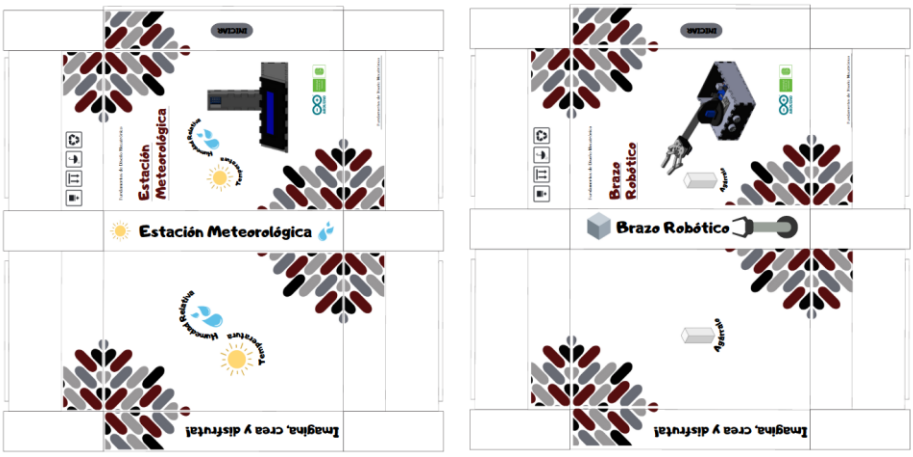
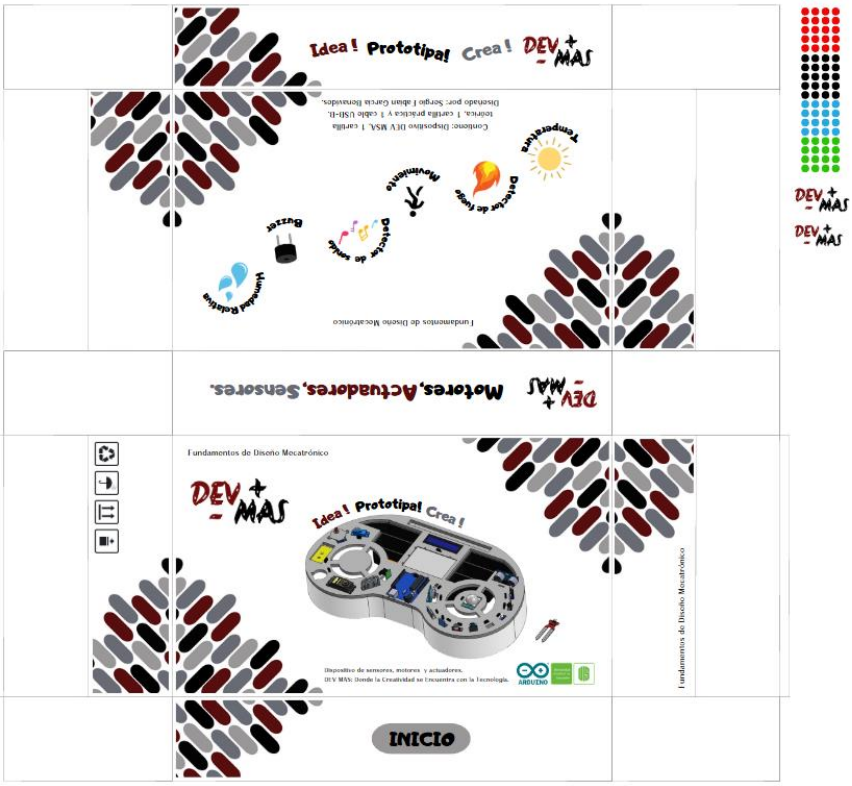


Figura 56.

Desarrollo de empaque del banco DEV MAS. *Elaboración propia*



Ver Apéndice 15: Página 172: Archivos de los tres empaques desarrollados.

4.2.8. Construir prototipos funcionales para verificaciones.

Después de desarrollar los modelos 3D de cada pieza de las herramientas y analizar las piezas, se desarrollaron los prototipos funcionales finales para realizar las verificaciones pertinentes y una prueba piloto con estudiantes (Figura 57).

Figura 57.

Prototipos finales de las tres herramientas*. Elaboración propia.*

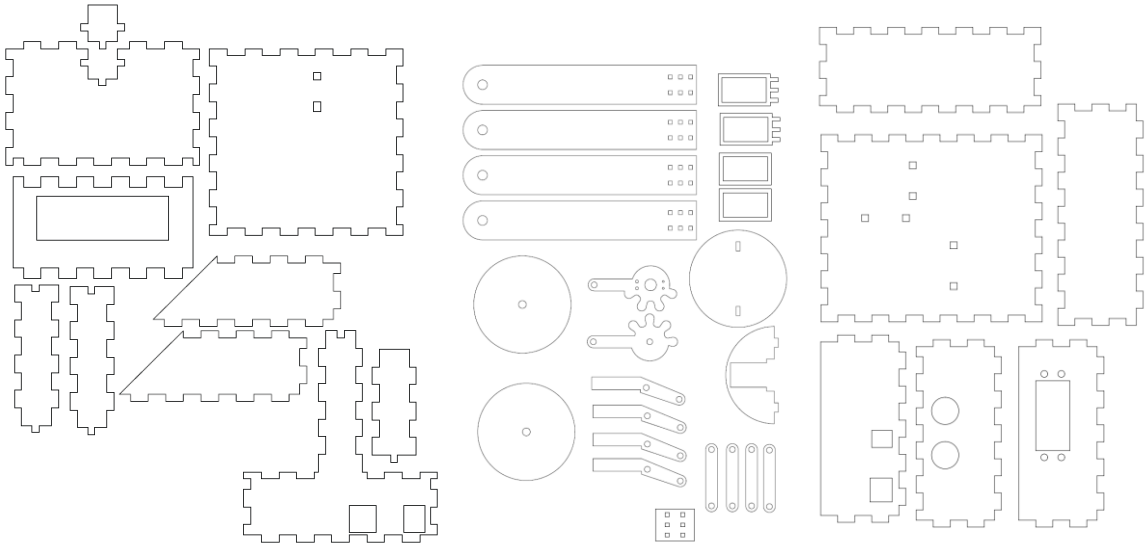
Cada herramienta diseñada tiene su funcionamiento, la estación meteorológica mide la temperatura del ambiente y el porcentaje de humedad relativa en tiempo real.

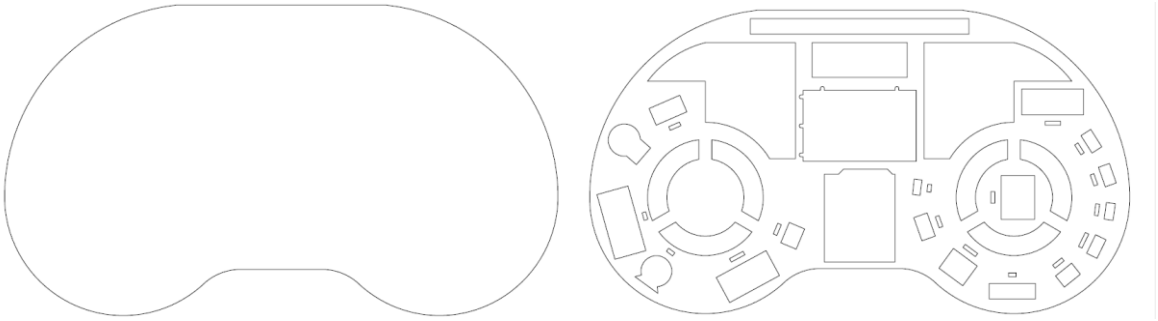
El brazo robótico mide la distancia a la cual está ubicado el objeto, cuando esta de frente menor a 10 cm el brazo gira y baja hasta estar frente a él y cierra la garra, atrapándolo. Después sube nuevamente, gira y vuelve a bajar, dejando el objeto en otra posición.

Finalmente, el banco de sensores es una plataforma que permite realizar diversos circuitos con diversos dispositivos, permitiendo interactuar y tener experiencias previas al desarrollo del proyecto y demás actividades.

Para la realización de todas las piezas de los prototipos, se desarrollaron los planos de construcción para observar la cantidad de material necesario en el desarrollo de estos (Figura 58).

Figura 58.
Planos de corte de las piezas, estación meteorológica, brazo y banco. *Elaboración propia*





Ver Apéndice 16: Página 172: Archivo en tamaño real de piezas de estación meteorológica, barco robótico y banco de sensores motores y actuadores.

4.2.9. Fichas técnicas

Finalmente se realizó la ficha técnica de cada producto; este es un documento que proporciona información detallada y técnica sobre un producto. Incluye características, especificaciones, materiales, funciones y datos relevantes que permiten a los usuarios, compradores o técnicos conocer el producto de manera completa. Se realizó la ficha de la estación meteorológica (Tabla 22), la del brazo robótico (Tabla 23) y la del banco de sensores, motores y actuadores (Tabla 24).

Tabla 22.

Ficha técnica de la estación meteorológica. *Elaboración propia.*

Nombre: ***Temp - Hum*** **Modelo:**001 **Descripción:** El Kit Didáctico estación meteorológica está diseñado para aprender robótica y programación mediante el uso de componentes electrónicos. Incluye una estación meteorológica con pantalla LCD y sensores DHT11 controlados por una placa Arduino. Ideal para estudiantes de nivel medio y superior.	
Características técnicas: **Dimensiones:** 150 x 150 x 180 mm (armado). **Peso:** 400 gr. **Materiales estructurales:** MDF de 5 mm. **Sensores:** DHT11, de humedad y temperatura	

Actuador: Display LCD 16x2 **Controlador:** Arduino Uno R3.
Componente incluidos: 1x Arduino Uno R3. 1 x Miniprotoboard. 1 x LCD 16x2. 1 x Sensor DHT11 sensor de humedad y temperatura. 10 piezas para la estructura. Manual impreso en propalcote. Empaque en cartón reciclable.
Instrucciones de uso: 1. Conecte los sensores y LCD a la placa Arduino. 2. Realice la programación del código en bloques en Arduino Blocks. 3. Cargue el programa y verifique el funcionamiento. 4. Ensamble las piezas de MDF siguiendo el manual.
Requisitos: PC con puerto USB y Arduino blocks.
Seguridad y mantenimiento: 1. Evite el contacto de los componentes electrónicos con líquidos. 2. Limpie las piezas de MDF con un paño seco. 3. Conserve el Arduino dentro de la bolsa antiestática para disipar cargas eléctricas y evitar que se acumulen en la placa, lo que podría afectar circuitos integrados y otros elementos.

Tabla 23.

Ficha técnica del brazo robótico. *Elaboración propia.*

Nombre: ***Armtronik*** **Modelo:**001 **Descripción:** El Kit Didáctico Brazo Robótico está diseñado para aprender robótica y programación mediante el uso de componentes electrónicos y mecánicos. Incluye un brazo robótico con servomotores y sensores controlados por una placa Arduino. Ideal para estudiantes de nivel medio y superior.	
Características técnicas: **Dimensiones:** 150 x 150 x 220 mm (armado). **Peso:** 700 gr. **Materiales estructurales:** MDF de 5 mm. **Sensores:** HC-SR04 ultrasónico de proximidad.	

Motores: Servomotor Sg90 y Servomotor Mg995. **Controlador:** Arduino Uno R3.
Componente incluidos: 1x Arduino Uno R3. 1 x Miniprotoboard. 1 x Sensor HC-SR04 ultrasónico de proximidad. 2 x Servomotor Sg90. 1 x servomotor Mg996. 16 piezas para la estructura. 8 x tornillos 2 x Destornilladores. Manual impreso en propalcote. Empaque en cartón reciclable.
Instrucciones de uso: 1. Conecte los sensores y LCD a la placa Arduino. 2. Realice la programación del código en bloques en Arduino Blocks. 3. Cargue el programa y verifique el funcionamiento. 4. Ensamble las piezas de MDF siguiendo el manual.
Requisitos: PC con puerto USB y Arduino blocks.
Seguridad y mantenimiento: 1. Evite el contacto de los componentes electrónicos con líquidos. 2. Limpie las piezas de MDF con un paño seco. 3. Conserve el Arduino dentro de la bolsa antiestática para disipar cargas eléctricas y evitar que se acumulen en la placa, lo que podría afectar circuitos integrados y otros elementos.

Tabla 24.

Ficha técnica del Banco de sensores, motores y actuadores. *Elaboración propia.*

Nombre: DEV MAS **Modelo:** 001 **Descripción:** El banco de sensores, motores y actuadores está diseñado para aprender robótica y programación mediante el uso de componentes electrónicos y mecánicos. Incluye 15 sensores, 5 motores y 5 actuadores controlados por una placa Arduino con múltiples ejercicios para realizar. Ideal para estudiantes de nivel medio y superior.	
Características técnicas: **Dimensiones:** 460 x 260 x 70 mm.	

Peso: 1.2 kg **Materiales estructurales:** MDF de 10 mm y 7mm. **Sensores:** 15 diferentes **Motores**: 5 diferentes. **Atuadores**: 5 diferentes. **Controlador:** Arduino Uno R3.
Componente incluidos: 1x Arduino Uno R3. 1 x Protoboard pequeño. Sensores: Sensor HC-SR04, Sensor Ifc-51, Sensor tcrt5000, Sensor PIR HC.SR501, Sensor PIR HC-SR505 Sensor Fc-28, Sensor DHT11, Sensor Ky.38, Sensor KY-026, Sensor TTP223B, Sensor MQ7, Sensor celda de carga, Sensor ritmo cardíaco, Sensor nivel agua, Modulo RTC DS1302 Motores: Servo motor Sg90. Servo motor Mg995, Mini motobomba de 9v, Motor paso a paso 28byj-48, motor reductor de 9v. Actuadores: Diodo Led, Relé, Display LCD, Buzzer, fotorresistencia., pulsadores 1 x Driver L298N 1 x batería 9v 10 x Resistencias 2 x Manual impreso en propalcote (teoría y práctico). Empaque en cartón reciclable.
Instrucciones de uso: 1. Seleccione el dispositivo a estudiar o practicar y lea la teoría. 2. Conecte los dispositivos según el circuito. 3. Realice la simulación y programación del código en bloques. 4. Cargue el programa y verifique el funcionamiento.
Requisitos: PC con puerto USB y Arduino blocks.
Seguridad y mantenimiento: 1. Evite el contacto de los componentes electrónicos con líquidos. 2. Limpie las piezas de MDF con un paño seco. 3. Conserve el Arduino dentro de la bolsa antiestática para disipar cargas eléctricas y evitar que se acumulen en la placa, lo que podría afectar circuitos integrados y otros elementos.

Con las fichas técnicas de cada dispositivo, se dio comienzo a las verificaciones de las herramientas con estudiantes, para observar su funcionamiento e identificar si se requerían modificaciones o cambios.

4.2.10. Verificaciones

Una vez que todo estaba definido y construido, incluyendo prototipos, manuales de guía y empaques, se procedió a verificar el cumplimiento de los requerimientos planteados inicialmente de la estación meteorológica y brazo robótico. (Tabla 25).

Tabla 25.

Verificación de requerimientos de estación y brazo robótico. *Elaboración propia.*

Cod.	Categoría	Descripción	Parámetro	Valor(es) de aceptación	Cumple
U01	Practicidad	Facilidad de limpieza del dispositivo	No. De pasos para limpiar la herramienta - Tiempo	10	Si
U02	Practicidad	Facilidad de armado y desarmado	No. De errores en armado y desmontado de herramientas	Min 4.	Si
U04	Convivencia	El dispositivo es cómodo	Nivel de comodidad, percibida respecto a un periodo de tiempo	4	Si
U05	Seguridad	Protección eléctrica de los dispositivos.	Conductividad de corriente	0,5mA	Si
U06	Reparación	Los materiales consumibles (dispositivos electrónicos) se consiguen en el mercado local	No de proveedores	6	Si
U08	Ergonomía	El dispositivo se puede cargar con las manos	Peso de dispositivo	1.25 kg	Si
U10	Manipulación	Agarrar los dispositivos con las manos	Agarre de Pinza para componentes	0.5 - 3 (cm)	Si
U13	Percepción	El sistema es percibido como robusto	Peso en función de percepción de 0 a 5	4	Si
F01	Mecanismos	Las piezas de estructura permiten un encaje didáctico	Sistema de encaje	Encaje	Si
F02	Confiabilidad	Los pasos expuestos permiten cumplir la actividad	No. De pasos para realizar actividad - Tiempo	Inferior o igual 20	Si

F03	Versatilidad	Los dispositivos permiten interactuar con otros usuarios	No de personas por actividad	2-3	Si
F04	Versatilidad	El dispositivo permite interactuar con otros dispositivos (PC, libro, tablet)	Cantidad de dispositivos	2	Si
F05	Acabados	Materiales similares a los usados en desarrollo de proyectos integradores	Calidad de materiales	MDF	Si
E01	Estructura	Mínima cantidad de componentes	Cantidad máxima de componentes	30 unid.	Si
TP01	Mano de obra	los dispositivos pueden fabricarse mediante manufactura local	Verificar materias primas	Corte laser MDF	Si
TP02	Modo de producción	Los dispositivos cuentan con un sistema de disposición final	Información de disposición final	Reutilizar y biodegradables	Si
TP03	Prefabricación	Uso de tarjeta Arduino UNO y sensores Arduino	Funcionamiento y disponibilidad	proveedores	Si
FR01	Estilo	El estilo debe ser moderno y práctico	Percepción de belleza	Minimalismo robótico	Si
FR02	Unidad	Los dispositivos tienen elementos en común	Percepción de belleza	Forma y color	Si
FR03	Interés	Los dispositivos cuentan con elementos de alto contraste que comunican su función	Percepción de belleza	Los dispositivos, formas y colores	Si
FR04	Superficie	La superficie debe tener texturas y colores llamativos	Percepción de belleza	Liso y paleta monocromática	Si
M01	Empaque	Debe ser resistente a impactos	Resiste impactos a golpes o caídas de 1m	Cumple - No cumple	Si
M02	Empaque	Permitir apilarse en cantidades	Resistencia a carga- unidades	10	Si
M03	Empaque	Permitir un fácil acceso	No. De pasos para acceder al contenido- Tiempo	Max. 3	Si

M04	Empaque	Información clara y legible	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Tamaño 12 y 20	Si
I03	Impresión	Información tanto en físico como en digital.	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Tamaño 12 y 14	Si
I04	Ubicación	Información visible para el usuario	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Tamaño 14	Si

Seguidamente se procedió a verificar el cumplimiento de los requerimientos planteados para el banco de sensores, motores y actuadores. (Tabla 26). Los requerimientos funcionales se verificaron mediante la construcción de prototipos, asegurando que todo lo planteado estuviera presente en las herramientas.

Tabla 26.

Verificación de requerimientos del banco DEV MAS. *Elaboración propia.*

Cod.	Categoría	Descripción	Parámetro	Valor(es) de aceptación	Cumple
U01	Practicidad	Facilidad de limpieza del dispositivo	No. De pasos para limpiar la herramienta - Tiempo	10	Si
U03	Convivencia	El dispositivo permite crear varios circuitos.	No. De circuitos que se puedan realizar.	20	Si
U04	Convivencia	El dispositivo es cómodo	Nivel de comodidad, percibida respecto a un periodo de tiempo	4	Si
U05	Seguridad	Protección eléctrica de los dispositivos.	Conductividad de corriente	0,5mA	Si
U06	Reparación	Los materiales consumibles (dispositivos electrónicos) se consiguen en el mercado local	No de proveedores	6	Si
U07	Ergonomía	Los bordes de los dispositivos no lastiman a los estudiantes	Bordes de los componentes	Redondeo de 5 mm	Si

U08	Ergonomía	El dispositivo se puede cargar con las manos	Peso de dispositivo	1.25 kg	Si
U9	Antropometría	Área de trabajo	Alcance máximo de brazos (rotación en posición neutra)	47 cm	Si
U10	Manipulación	Agarrar los dispositivos con las manos	Agarre de Pinza para componentes	0.5 - 3 (cm)	Si
U11	Manipulación	Agarrar los dispositivos con las manos	Agarre de fuerza para los dispositivos	8 - 10 (cm)	Si
U13	Percepción	El sistema es percibido como robusto	Peso en función de percepción de 0 a 5	4	Si
U14	Transporte	El dispositivo puede transportarse a distancias cortas	Agarre de aprensión	8 - 10 (cm)	Si
F02	Confiabilidad	Los pasos expuestos permiten cumplir la actividad	No. De pasos para realizar actividad - Tiempo	Inferior o igual 20	Si
F03	Versatilidad	Los dispositivos permiten interactuar con otros usuarios	No de personas por actividad	2-3	Si
F04	Versatilidad	El dispositivo permite interactuar con otros dispositivos (PC, libro, tablet)	Cantidad de dispositivos	2	Si
E02	Estructura	El dispositivo contiene varios dispositivos	Espacio de contenedores	Agujeros	Si
E03	Carcasa	Los dispositivos cuentan con los indicadores específicos para funcionar	Lectura de indicadores x tamaño de caracteres	Tamaño 12	Si
TP01	Mano de obra	los dispositivos pueden fabricarse mediante manufactura local	Verificar materias primas	Corte laser MDF	Si
TP02	Modo de producción	Los dispositivos cuentan con un sistema de disposición final	Información de disposición final	Reutilizar y biodegradables	Si
TP03	Prefabricación	Uso de tarjeta Arduino UNO y sensores Arduino	Funcionamiento y disponibilidad	proveedores	Si

FR01	Estilo	El estilo debe ser moderno y práctico	Percepción de belleza	Minimalismo robótico	Si
FR02	Unidad	Los dispositivos tienen elementos en común	Percepción de belleza	Forma y color	Si
FR03	Interés	Los dispositivos cuentan con elementos de alto contraste que comunican su función	Percepción de belleza	Los dispositivos, formas y colores	Si
FR04	Superficie	La superficie debe tener texturas y colores llamativos	Percepción de belleza	Liso y paleta monocromática	Si
M01	Empaque	Debe ser resistente a impactos	Resiste impactos a golpes o caídas de 1m	Cumple - No cumple	Si
M02	Empaque	Permitir apilarse en cantidades	Resistencia a carga- unidades	10	Si
M03	Empaque	Permitir un fácil acceso	No. De pasos para acceder al contenido- Tiempo	Max. 3	Si
M04	Empaque	Información clara y legible	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Tamaño 12 y 20	Si
I01	Marca	La marca debe ser atractiva y moderna	Percepción de atractividad	4	Si
I02	Etiquetado	Las etiquetas deben ser claras	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Tamaño 12	Si
I03	Impresión	Información tanto en físico como en digital.	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Tamaño 12 y 14	Si
I04	Ubicación	Información visible para el usuario	Lectura de contenido x tamaño de caracteres	Tamaño 14	Si

Después de verificar el cumplimiento de los requerimientos, se evaluó la usabilidad de las herramientas en un contexto académico con estudiantes que ya cursaron la asignatura. El objetivo fue medir su eficacia, eficiencia y satisfacción; se observó el tiempo empleado en realizar la actividad, los errores que pueden surgir durante la actividad y la experiencia de uso.

La prueba se desarrolló en un aula de Escuela de Diseño Industrial, con acceso a

computadores. Participaron 12 estudiantes, organizados en 6 grupos de 2 personas para el uso de los kits, mientras que el uso del banco se llevó a cabo de manera individual. Antes de iniciar, se entregó a cada estudiante un consentimiento informado sobre su participación en estas pruebas piloto.

Ver apéndice 17. Página 173: *Consentimiento informado. Elaboración propia.*

Pruebas con la ***estación meteorológica***, se les entregó a los grupos de dos estudiantes el kit, se les solicitó realizar la actividad; Mientras ellos lo realizaron, se tomó el tiempo que duraron en tres etapas (montaje de circuito, programación, estructura y total), número de errores realizados en cada etapa y el total. (Tabla 27)

Finalmente, se les presentó una encuesta SUS de percepción de usabilidad, se baso en el libro *"A Practical Guide to the System Usability Scale" de* Jeff Sauro & James R. Lewis, estos expertos en usabilidad, han desarrollado métodos detallados para interpretar los resultados de la Escala SUS. Sauro y Lewis también sugieren asignar calificaciones similares a las académicas (A, B, C, D, F) basadas en el puntaje SUS:

- A (90-100): Usabilidad Sobresaliente.
- B (80-89): Usabilidad buena.
- C (70-79): Usabilidad aceptable.
- D (60-69): Usabilidad por debajo del promedio.
- F (menos de 60): Usabilidad deficiente

Esta escala curva distribuye las calificaciones para reflejar una curva normal, facilitando la interpretación de los puntajes en términos de rendimiento relativo.

Ver apéndice 18. Pagina 174: *Encuesta SUS de la estación meteorológica.*

Tabla 27.

Verificaciones de estación meteorológica. *Elaboración propia.*

Grupo.	Montaje de circuito		Programación		Construcción		Total		Funciona
	Tiempo (min)	Errores (#)	Tiempo (min)	Errores (#)	Tiempo (min)	Errores (#)	Tiempo (min)	Errores (#)	Si/No
01	24:21	0	18:51	0	8:43	0	51:25	1	Si
02	25:32	1	20:02	0	9:22	0	54:56	1	Si
03	23:25	0	20:55	0	7:33	0	51:53	0	Si
04	26:48	2	21:38	0	8:55	0	57:21	2	Si
05	23:12	0	23:51	1	8:49	0	55:52	1	Si
06	25:44	1	22:17	0	9:04	0	57:05	1	Si
Prom.	24:50	0.67	21:15	0.17	8:44	0	54:45	1	Si
Desv.	±1:25	±0.82	±1:45	±0.41	±0:37	0	±2:33	±0.63	

Como se observó, la actividad presentó un tiempo promedio de 54:45 minutos, con una desviación estándar de ±2:33 minutos, lo que se encuentra dentro del rango propuesto de una hora. Los errores detectados se relacionaron principalmente con fallos básicos en la construcción de los circuitos, como conexiones incorrectas en la *protoboard*. En cuanto a la programación, los errores fueron cometidos únicamente por un grupo y se debieron a la selección incorrecta de un bloque. A pesar de estos inconvenientes, todos los grupos lograron cumplir con el objetivo y funcionaron correctamente en un 100%. Finalmente, se aplicó una encuesta SUS para evaluar la usabilidad desde la percepción del usuario. (Tabla 28).

Tabla 28.

Encuesta SUS de estación meteorológica. *Elaboración propia.*

Encuesta SUS estación meteorológica		Grupos					
		1	2	3	4	5	6
Preguntas	1	4	3	5	4	5	4
	2	3	2	1	1	1	1
	3	5	4	4	4	5	5
	4	1	4	1	2	1	2
	5	4	4	5	4	5	5
	6	2	3	1	2	1	2
	7	5	3	5	4	4	5
	8	1	2	1	2	1	2
	9	4	4	5	4	5	5
	10	2	2	1	1	1	2

Después de realizar la encuesta SUS, se obtuvo un puntaje promedio de 84.17, lo que indica que la usabilidad percibida fue calificada como B (80-90), es decir, una usabilidad buena. Esto sugiere que el dispositivo está listo para su validación.

Cabe destacar que, aunque un grupo obtuvo un valor aceptable, esto se debió a problemas durante la construcción del circuito, los cuales, según los participantes, fueron causados por descuidos propios y no por deficiencia en el diseño del dispositivo.

Ver apéndice 19. Pagina 174: *Resultados de encuesta SUS de la estación meteorológica. Elaboración propia.*

Pruebas con **el brazo robótico**, se les entregó a los grupos de dos estudiantes el kit, se les solicitó realizar la actividad; Mientras ellos lo realizaron, se tomó el tiempo que duraron en tres etapas (montaje de circuito, programación, estructura y total), número de errores realizados en cada etapa y el total. (Tabla 29) y finalmente se les presento una encuesta SUS de percepción de usabilidad.

Tabla 29.

Verificaciones del Brazo robótico. *Elaboración propia.*

Grupo	Montaje de circuito		Programación		Construcción		Total		Funciona
	Tiempo (min)	Errores (#)	Tiempo (min)	Errores (#)	Tiempo (min)	Errores (#)	Tiempo (min)	Errores (#)	Si/No
01	32:42	1	27:30	1	16:55	2	1:17:07	4	Si
02	35:12	2	25:36	0	14:38	1	1:15:26	3	Si
03	33:31	0	24:17	0	15:52	1	1:13:40	1	Si
04	33:55	1	26:22	1	13:53	0	1:14:10	2	Si
05	30:33	0	24:25	0	14:13	0	1:09:11	0	Si
06	35:31	1	24:03	1	13:42	0	1:13:16	2	Si
Prom.	33:34	0.83	25:22	0.50	14:52	0.67	1:13:48	2	Si
Desv.	±1:48	±0.75	±1:22	±0.55	±1:15	±0.82	±2:39	±1.41	

Como se observó, la actividad presentó un tiempo promedio de desarrollo de 1:13:48 horas, lo que se encuentra dentro del rango propuesto de 1:30:00 hora, con una desviación estándar de ±2:39 minutos. Los errores detectados se deben principalmente a fallos básicos en la construcción de circuitos, como conexiones incorrectas de los dispositivos en la *protoboard.* En cuanto a la programación, los errores estuvieron relacionados con la elección incorrecta de bloques, mientras que, en la estructura, se encontraron dificultades en la construcción de la garra. A pesar de estos inconvenientes, todos los grupos lograron cumplir con el objetivo y los dispositivos funcionaron correctamente en un 100%. Posteriormente, se aplicó una encuesta SUS para evaluar la usabilidad desde la percepción del usuario. (Tabla 30).

Ver apéndice 20. Pagina 174: *Encuesta SUS del brazo robótico.*

Tabla 30.

Encuesta SUS de Brazo robótico. *Elaboración propia.*

Encuesta SUS Brazo Rootico		Grupos					
		1	2	3	4	5	6
Preguntas	1	4	5	4	5	4	4
	2	2	2	1	1	1	2
	3	4	5	5	4	5	5
	4	3	2	2	1	1	1
	5	4	5	5	5	5	5
	6	1	1	1	1	1	1
	7	4	5	5	4	5	4
	8	2	2	1	2	1	2
	9	3	4	5	4	5	5
	10	2	2	2	1	1	2

Después de realizar la encuetas SUS, se obtuvo un puntaje promedio de 87.92, lo que indica que usabilidad percibida fue calificada como B (80-90), es decir, una usabilidad buena, esto significa que el dispositivo está listo para su validación.

Ver apéndice 21. Pagina 175: *Resultados de encuesta SUS del brazo robótico. Elaboración propia.*

Finalmente, se llevó a cabo la validación del banco de sensores, motores y actuadores. Para ello, se entregó el banco a los estudiantes y se les pidió que realizaran los ejercicios 3,5 y 9 del manual práctico. Durante la ejecución de los ejercicios, se registró el tiempo empleado y el número de errores cometidos. (Tabla 31)

Tabla 31.

Verificaciones del Banco de sensores, motores y actuadores. *Elaboración propia*

Est..	Ejercicio 1		Funciona Si/No	Ejercicio 2		Funciona Si/No	Ejercicio 3		Funciona Si/No
	Tiempo (min)	Errores (#)		Tiempo (min)	Errores (#)		Tiempo (min)	Errores (#)	
01	14:23	0	Si	18:43	1	Si	24:31	0	Si
02	15:33	1	Si	19:44	1	Si	25:28	2	No

03	12:48	0	Si	17:21	0	Si	23:36	0	SI
04	14:22	1	Si	18:10	0	Si	24:44	0	Si
05	16:44	1	Si	19:33	1	Si	24:58	1	Si
06	15:56	1	Si	20:31	1	No	25:37	2	No
07	13:40	0	Si	18:52	1	Si	23:57	0	Si
08	15:02	1	Si	19:48	0	Si	24:48	1	Si
09	14:37	0	Si	19:27	0	Si	24:22	1	Si
10	13:41	0	Si	18:32	0	Si	24:39	0	Si
Prom	14:40	0,50	10/10	19:04	0,50	9/10	24:40	0,70	8/10
Desv.	±1:10	±0.53		±0:55	±0.53		±0:36	0,82	

Como se observa en los resultados, el primer ejercicio se desarrolló en un tiempo de 14:40 minutos, con una desviación estándar de ±1:10 minutos, lo cual se encuentra dentro del tiempo propuesto de 25 minutos. Los errores identificados se debieron principalmente a problemas de conexión en la *protoboard* y dificultades en la interpretación del circuito, todos los 10 estudiantes lograron hacer funcionar el circuito 100%.

Con respecto al segundo ejercicio, se desarrolló en un tiempo promedio de 19:04 minutos, con una desviación estándar de ± 55 segundos, lo cual se encuentra dentro del tiempo propuesto de 25 minutos. Los errores encontrados se debieron principalmente a problemas de conexión con la *protoboard* y dificultades en la interpretación del esquema del circuito. Además, un estudiante de los diez participantes no logró completar la actividad, ya que se encontraba indispuesto para realizarla.

Finalmente, el tercer ejercicio se desarrolló en un tiempo de 24:40 minutos, con una desviación estándar de ± 36 segundos, lo cual se encuentra dentro del tiempo propuesto de 25 minutos. Los errores identificados se debieron principalmente a problemas de conexión en la *protoboard*, y dificultades en la interpretación del circuito. Además, dos estudiantes de los diez

participantes no lograron completar la actividad, el primero se encontraba indispuesto para realizarla y el segundo tuvo problemas interpretando el esquema. Después se realizó una encuesta SUS para evaluar la usabilidad, bajo la percepción de usabilidad del usuario (Tabla 32).

Ver apéndice 22. Pagina 175: *Encuesta SUS del banco DEVMAS*

Tabla 32.

Encuesta SUS Banco de sensores, motores y actuadores. *Elaboración propia.*

Encuesta SUS Banco de sensores, motores y		Estudiante									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Preguntas	1	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5
	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
	3	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5
	4	1	2	1	1	2	4	2	1	2	2
	5	5	4	5	4	4	3	4	4	4	5
	6	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1
	7	3	5	5	5	4	4	4	5	5	4
	8	2	2	1	1	2	3	1	1	2	1
	9	5	4	5	5	3	3	5	5	5	5
	10	1	2	1	1	2	3	2	1	1	1

Después de realizar la encuetas SUS, se obtuvo un puntaje promedio de 82.25, lo que indica que usabilidad percibida fue calificada como B (80-90), es decir, una usabilidad buena, esto significa que el dispositivo está listo para su validación. Con esto se finalizan las validaciones de las herramientas y se da paso a las verificaciones con los estudiantes.

Ver apéndice 23: Pagina 175: *Resultados de encuesta SUS del banco DEVMAS. Elaboración propia.*

4.3. Fase de Evaluación

Con las verificaciones previas y todos los aspectos definidos, se dio inicio a la ultima fase del proyecto: la validación formal de las herramientas con los usuarios objetivo. Estas validaciones se llevaron a cabo en un entorno académico, durante los semestres 2024-1 y 2024-2, en la asignatura Fundamentos de Diseño Mecatrónico, a cargo del docente Leonardo Soto.

4.3.1. Protocolo de validación

Se desarrolló un proceso de validación, él cual es el plan que describe los pasos, criterios y

métodos necesarios para asegurar que las herramientas diseñadas, están solucionando la problemática abarcada, a través la respuesta a la pregunta de diseño. Las validaciones se realizaron en la escuela de diseño industrial, en el salón 302, ubicado en el tercer piso, durante las clases de fundamentos de diseño mecatrónico.

Ver Apéndice 24. Página 177. *Protocolos de validación. Elaboración propia.*

4.3.1.1. Pregunta de Diseño

¿En qué medida el uso de un dispositivo didáctico de sensores y motores permite mejorar el aprendizaje y desarrollo de proyectos integradores en los estudiantes de fundamentos de diseño mecatrónico, de la carrera de Diseño Industrial?

4.3.1.2. Hipótesis

El uso del dispositivo didáctico mejora el aprendizaje de fundamentos de diseño mecatrónico al facilitar la experimentación práctica.

4.3.1.3. Variables

Tabla 33.
Variables. *Elaboración propia.*

Independientes	Dependientes	Controladas
Uso de las herramientas	- **Cualitativas** **Reportada por estudiantes** Percepción de utilidad Percepción de dificultad de aprendizaje Percepción de satisfacción Percepción de confianza en desarrollos futuros **Reportada por evaluadores** Nivel de madurez de producto Nota de proyecto Nivel de madurez de tecnología	Evitar otros focos de atención (uso de celulares, etc) Salón de clases 302 y 202 de la escuela de diseño industrial. Horario de clase y en la tarde (8:00 am -12:00 m y de 2:00 pm -6:00 pm)

4.3.1.4. Participantes

En la prueba participaron 51 estudiantes (hombres y mujeres) de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander, con edades entre 18 y 25 años Del total, 29 estudiantes pertenecían al semestre 2024-1 y 22 al 2024-2.

Para ser elegidos, los participantes debían estar cursando la asignatura fundamentos de diseño mecatrónico y no presentar ninguna discapacidad cognitiva, visual, motriz o auditiva. Además, en la prueba participaron dos docentes de la escuela de Diseño industrial.

El desarrollo de las pruebas varió según el tipo de herramienta evaluada:

- Para los kits, los estudiantes trabajaron en equipo de 2 o 3 personas, de acuerdo con los grupos establecidos para sus proyectos.
- Para el banco de sensores, motores y actuadores, las pruebas se realizaron de manera individual.

4.3.1.5. Esquema experimental

El esquema experimental es un resumen donde se exponen las variables independientes y dependientes junto con la unidad experimental que conforman el experimento propuesto (Tabla 34).

Tabla 34.
Esquema experimental. *Elaboración propia.*

Variables independientes	Uso de las herramientas
Unidad Experimental	Estudiantes de diseño industrial, en FDM. Docentes, diseñadores industriales.
Variable Dependiente	**Reportada por estudiantes** Percepción de utilidad Percepción de dificultad de aprendizaje Percepción de satisfacción Percepción de confianza en desarrollos futuros **Reportada por evaluadores** Nivel de desarrollo de producto Nota de proyecto

4.3.1.6. Materiales y Métodos

Antes de iniciar las pruebas, se llevó a cabo la recopilación de todos los elementos necesarios para su desarrollo. Entre estos se encontraban los dispositivos a evaluar, que incluían el brazo robótico, la estación meteorológica y el banco de sensores, motores y actuadores.

Asimismo, se administraron los consentimientos informados a cada estudiante participante, asegurando la aprobación formal de todas las pruebas. Dichos documentos fueron previamente revisados y validados por el director del proyecto.

Se garantizo la confidencialidad y protección de la información proporcionada por los participantes, estableciendo su uso exclusivo para fines académicos e investigativos. Adicionalmente, se obtuvo autorización para la recolección de material fotográfico, audiovisual y registro de voz, respetando en todo momento la privacidad de los involucrados.

Ver apéndice 17. Página 173: *Consentimiento informado. Elaboración propia.*

La evaluación del banco se llevó a cabo mediante la aplicación de un cuestionario antes y después del uso del banco, dicho cuestionario tenía la misma estructura que un examen parcial y constaba de:

- 10 preguntas de asociación, distribuidas en 6 sobre sensores, 2 sobre motores y 2 sobre actuadores.
- 6 preguntas de verdadero o falso, enfocadas en 3 sensores, 2 motores y 1 actuador.
- 1 ejercicio de interpretación de graficas o esquema electrónico.

El propósito de esta evaluación fue medir el impacto del banco en el aprendizaje de los estudiantes, analizando cómo el uso de esta herramienta les permitiría familiarizarse con diversos dispositivos, fortalecer sus conocimientos a través de la práctica y mejorar su capacidad de toma de decisiones en el desarrollo de sus proyectos integradores.

Ver apéndice 25. Página 181. *Cuestionario de evaluación (Banco).*

Los cuestionarios utilizados para evaluar los kits fueron diseñados en formato Likert, con el objetivo de analizar la percepción de los estudiantes en cuatro dimensiones claves:

- Percepción de utilidad.
- Percepción de dificultad de aprendizaje.
- Percepción de satisfacción
- Percepción de confianza en desarrollos futuros.

Cada cuestionario constaba de 12 preguntas, con 3 preguntas asignadas a cada variable de percepción. Para responder, los estudiantes utilizaron una escala de cinco niveles:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Neutral
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Este método permitió recopilar opiniones detallados sobre la experiencia de los estudiantes con los kits, facilitando un análisis cuantitativo de las percepciones.

Ver apéndice 26. Pagina 183: *Cuestionarios de evaluación estación meteorológica. Elaboración propia*.

Ver apéndice 27. Pagina 186: *Cuestionarios de evaluación Brazo robótico. Elaboración propia.*

El *Focus Group* con expertos se llevó a cabo en una reunión de dos horas, en la cual los participantes pudieron interactuar con las herramientas, responder preguntas y proponer mejoras. Durante esta sesión, se recopilaron observaciones cualitativas acerca de la funcionalidad, el uso y la aplicabilidad de las herramientas en entornos educativos.

Ver apéndice 28. Página 189: C*uestionario Focus Group.*

El docente encargado de la asignatura proporciono un análisis detallado de cada proyecto integrador a lo largo de su desarrollo. Este análisis incluyo la evaluación del nivel de desarrollo de cada proyecto integrador y la nota final obtenida, lo que permitió analizar el desempeño académico con las percepciones de los estudiantes.

4.3.1.7. Procedimiento

Antes de comenzar la validación, se realizó un acompañamiento a los estudiantes en las clases, donde ellos tuvieron un primer acercamiento a la electrónica y a los circuitos eléctricos. Durante estas sesiones, se introdujeron conceptos básicos y se brindó orientación sobre el uso de los componentes.

Asimismo, se formaron los grupos de trabajo para los proyectos integradores, los cuales se mantuvieron para la fase de validación. En total, se conformaron 10 grupos en el semestre 2024-1 y 10 grupos en el semestre 2024-2, sumando un total de 20 grupos que participaron en las actividades de evaluación de los dispositivos.

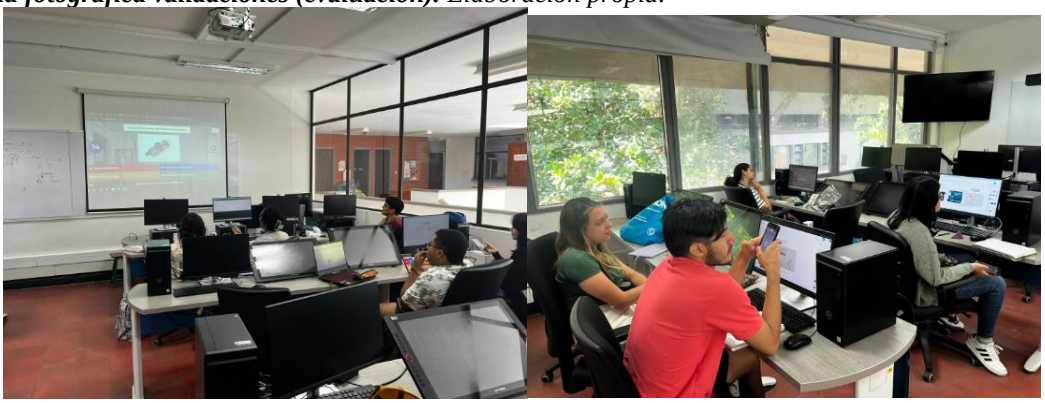
Durante las sesiones con los estudiantes, se les proporciono el contexto y propósito de las pruebas, así como las instrucciones específicas para cada una de ellas. Se explico detalladamente la importancia de estas evaluaciones dentro del desarrollo del proyecto.

Los pasos seguido para la validación del banco de sensores, motores y actuadores fueron los siguiente:

1. **Evaluación de conocimientos previos:**

Se aplico el cuestionario mencionado anteriormente, con una duración de una hora para medir el nivel de conocimientos inicial de los estudiantes. En el semestre 2024-1, la evaluación se realizó en formato físico y en el semestre 2024-2, se llevó a cabo de manera virtual a través de la plataforma Kahoot; cada pregunta fue presentada individualmente para facilitar la comprensión y análisis por parte de los estudiantes. (Figura 59).

Figura 59.
Evidencia fotográfica validaciones (evaluación). *Elaboración propia.*



2. Reuniones individuales

Después de la evaluación inicial, se realizaron reuniones individuales con cada estudiante, primero se brindó una explicación detallada sobre el funcionamiento del banco de sensores, motores y actuadores; posteriormente se entregó el consentimiento informado para su revisión y firma.

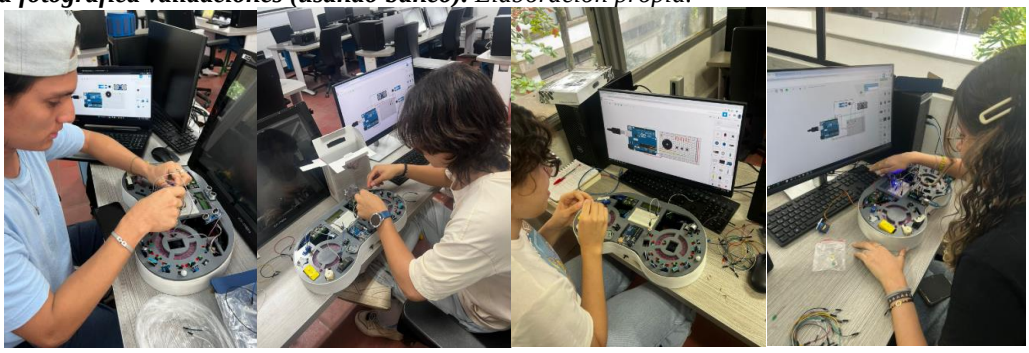
Posteriormente se les proporciono el dispositivo con sus respectivos materiales teóricos necesarios para la comprensión de los dispositivos y se dieron instrucciones claras para la realización de los ejercicios 3,5 y 9, los cuales se debían realizar siguiendo los manuales de referencia.

Durante el desarrollo de los ejercicios, se registró el número de errores cometidos por el estudiante y el tiempo que tomo en completar cada actividad.

Al finalizar la prueba, se le solicito a los estudiantes que seleccionaran los dispositivos que consideraban útiles para su proyecto integrador.

Este proceso permitió evaluar el impacto del banco en a la adquisición de conocimientos, así como identificar los dispositivos más relevantes para los estudiantes en la implementación e sus proyectos integradores. (Figura 60).

Figura 60.
Evidencia fotográfica validaciones (usando banco). *Elaboración propia.*



3. Evaluación de conocimientos adquiridos.

Después de completar todas las pruebas con cada estudiante, se repitió el cuestionario de evaluación aplicado previamente. El objetivo de esa segunda evaluación fue analizar la mejora en el aprendizaje y la asimilación de conceptos adquiridos a lo largo del proceso.

Además, al finalizar el semestre, se revisaron los resultados del proyecto integrador de cada grupo, para observar que nivel de desarrollo de producto se logró y la nota obtenida por parte del docente.

Los pasos seguido para la validación de los kits difieren del banco de sensores, motores y actuadores:

1. Reuniones grupales

Se programaron reuniones con los diferentes grupos, en las cuales se les llevo a cabo una breve introducción sobre el kit y su funcionamiento. Además, se brindó una explicación sobre el uso del software **Arduinoblocks** para su programación. Posteriormente, se entregó el consentimiento informado a cada participante, asegurando su comprensión y aprobación para la realización de la actividad.

Una vez completado este paso, se entregaron los kits junto con las instrucciones detalladas de la actividad. Durante su desarrollo, se registró el tiempo empleado en cada etapa (Montaje de circuito, Programación, construcción y total.) y se contabilizaron los errores cometidos.

Este procedimiento permitió evaluar el desempeño de los estudiantes en términos de comprensión, aplicación práctica, resolución de problemas, y desarrollo de habilidades en el uso del kit. (Figura 61)

Figura 61.
Evidencia fotográfica validaciones (Interactuando Kits). *Elaboración propia.*

2. Cuestionarios de evaluación (formato Likert).

Después de completar la actividad con los kits, a cada estudiante se le entregó un cuestionario para evaluar sus percepciones sobre utilidad, dificultad de aprendizaje, satisfacción y confianza en desarrollos a futuros. Se les solicito que lo completaran de manera individual y, una vez finalizado, se recogieron las respuestas para su posterior análisis.

Al finalizar, se les agradeció a los participantes por su tiempo y esfuerzo, se da un espacio para conocer sus opiniones y comentarios sobre la experiencia vivida. Este momento permitió recopilar impresiones cualitativas que complementan los datos obtenidos en los cuestionarios, ofreciendo una visión más completa y detallada sobre el impacto de los kits en el aprendizaje de los estudiantes.

Estos procedimientos fueron aplicados de manera uniforme con todos los estudiantes, tanto en las actividades grupales, como en las grupales, asegurando la consistencia en la recolección de datos.

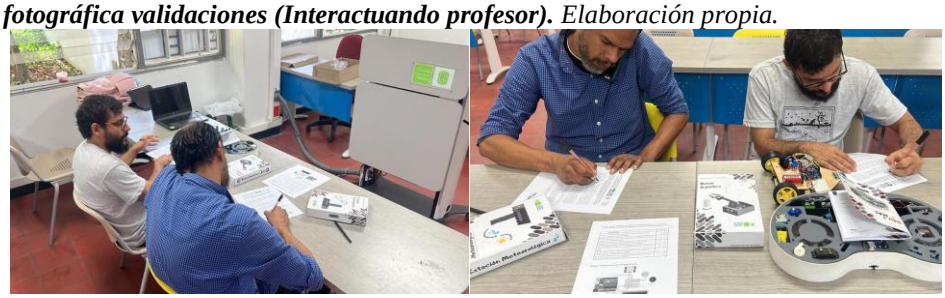
Para la validación con los docentes, se organizó una reunión en un salón de la escuela de diseño industrial. Durante el encuentro, se llevó a cabo una breve introducción acerca del proyecto, explicando sus objetivos y alcances. Posteriormente, se les entrego el consentimiento informado, asegurando la confidencialidad y el uso exclusivo de la información con fines académicos e

investigativos.

Una vez formalizada su participación, se les entregaron las herramientas y se les explico su funcionamiento. A continuación, se les permitió interactuar libremente con los dispositivos, mientras se formulaban preguntas previamente diseñadas para el *Focus Group*, con el propósito de recopilar sus apreciaciones, comentarios y sugerencias de mejora.

Toda la información generada durante la sesión fue registrada en audio, con el consentimiento de los participantes, garantizando así una recopilación precisa de sus opiniones y retroalimentación sobre la experiencia de uso de las herramientas. (Figura 62).

Figura 62.
Evidencia fotográfica validaciones (Interactuando profesor). *Elaboración propia.*



4.3.1.8. Herramientas

Las herramientas principales que se necesitaron para las validaciones fueron:

- Equipo fotográfico o cámara, utilizada para registrar las sesiones de validación con los estudiantes y docentes.
- El cuestionario de evaluación para las pruebas de conocimiento previo y posterior al uso del banco de sensores, motores y actuadores.
- Los cuestionarios de percepción para evaluar los kits.
- Los kits de la estación Meteorológica y brazo robótico, utilizados para la interacción con estudiantes y docentes.
- El banco de sensores, motores y actuadores, utilizados para interactuar con los estudiantes y docentes.
- Cronómetro y agenda para registrar datos de las pruebas.

- Lapiceros y papel, para realizar actividades gráficas y tomar notas de las sesiones.
- Celular con grabador de voz, para grabar las voces de los docentes en el *focuse group.*

4.3.2. Análisis de resultados

4.3.2.1. Estadístico

Los datos que se recopilaron durante las pruebas de validación de los kits del brazo robótico y de la estación meteorológica, fueron tabulados y analizados para proporcionar una visión más completa de las percepciones de utilidad, de dificultad de aprendizaje, de satisfacción y de confianza en desarrollos futuros de los estudiantes de fundamentos de diseño mecatrónico.

A continuación, se presentan los gráficos que muestran los resultados totales de las evaluaciones con la intervención de la estación meteorológica que realizaron los grupos de cada semestre (Figura 63). Además, se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos (Tabla 35).

Figura 63.
Gráfico con resultados de las pruebas realizadas con la estación. *Elaboración propia*

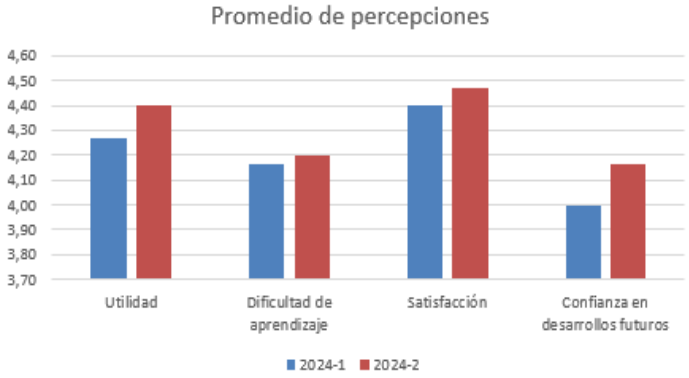


Tabla 35.
Datos de semestre 2024-1 y 2024-2 con la estación. *Elaboración propia.*

Percepción	2024-1	2024-2	Incremento	Incremento porcentual
Utilidad	4,27	4,40	0,13	2.6%
Dificultad de aprendizaje	4,17	4,20	0,03	0.6%
Satisfacción	4,40	4,47	0,07	1.4%
Confianza en desarrollos futuros	4,00	4,17	0,17	3.4%

Analizando el gráfico y los datos obtenidos, se puede interpretar que la estación meteorológica como herramienta de enseñanza en general, tiene una percepción muy buena ya que esta experiencia es muy satisfactoria para ellos debido a que el kit es útil para su aprendizaje en la experiencia desarrollada. Mientras que su confianza en desarrollos a futuro es relativamente baja y se puede deber a que es su primera interacción con los dispositivos reales, lo cual para ellos fue difícil de aprender.

Se logra observar una mejora en todas las dimensiones entre los dos semestres 2024-1 y 2024-2. Las dimensiones con mayor aumento son confianza en desarrollos futuros en un 3,4% y utilidad en 2,6%. Esto representa un avance en la percepción de los estudiantes respecto al uso práctico y aplicabilidad de los dispositivos.

La satisfacción creció en un 1,4% y es la precepción más alta en ambos semestres; esto evidencia un enfoque positivo en la experiencia de aprendizaje. La percepción de dificultad de aprendizaje creció en 0,6%, la cual sigue siendo la más débil, debido a que es la primera vez que los estudiantes interactúan con los sensores y actuadores de la vida real; en general es una experiencia práctica, interactiva y satisfactoria para los estudiantes.

Ver apéndice 29. Página 189. *Resultados de validaciones. Elaboración propia.*

A continuación, se presentan los gráficos que muestran los resultados totales de las evaluaciones con la intervención del brazo robótico que realizaron los grupos de cada semestre (Figura 64). Además, se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos (Tabla 36).

Figura 64.
Gráfico con resultados de las pruebas realizadas con el brazo. *Elaboración propia*

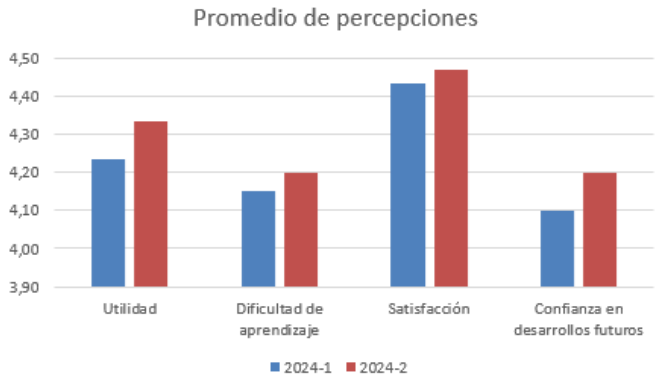


Tabla 36.

Datos de semestre 2024-1 y 2024-2 con el brazo. *Elaboración propia.*

Percepción	2024-1	2024-2	Incremento	Incremento porcentual
Utilidad	4,23	4,33	0,10	2%
Dificultad de aprendizaje	4,15	4,20	0,05	1%
Satisfacción	4,43	4,47	0,03	0,60%
Confianza en desarrollos futuros	4,10	4,20	0,10	2%

Analizando el gráfico y los datos obtenidos, se puede interpretar que el brazo robótico como herramienta de enseñanza en general, tiene una percepción buena, muy similar a la estación ya que esta experiencia es satisfactoria para los estudiantes debido a que el kit es útil para su aprendizaje en la experiencia desarrollada, también se observa que la confianza en desarrollos a futuro es relativamente baja y se puede deber a que es su primera interacción con los dispositivos reales, lo cual para ellos fue difícil de aprender.

Se logra observar una mejora en todas las dimensiones entre los dos semestres 2024-1 y 2024-2. Las dimensiones con mayor aumento son confianza en desarrollos futuros en un 2% igualmente que la percepción de utilidad. Esto representa un avance en la percepción de los estudiantes respecto al uso práctico y aplicabilidad de los dispositivos.

La percepción de dificultad de aprendizaje creció en 1%, es baja pero muy significativa, debido a que fue la primera vez que un estudiante interactúa con los sensores y motores; finalmente la percepción de satisfacción creció en un 0.6% es la percepción más alta en ambos semestres, esto evidencia un enfoque positivo en la experiencia de aprendizaje, generando una experiencia práctica e interactiva para los estudiantes.

Ver apéndice 29. Página 189. *Resultados de validaciones. Elaboración propia.*

A continuación, se presentan los gráficos y resultados de las evaluaciones con la intervención del Banco DEV MAS que realizaron los estudiantes de cada semestre antes y después de interactuar con el banco:

Primero se realizó un ejercicio de apareamiento, donde se observó la **identificación de**

dispositivos, a través de asociación de nombres de dispositivos con imágenes**,** constaba de 6 sensores, 2 motores y 2 actuadores, los vamos a identificar de la siguiente manera:

Sensores: 1S, 3S, 4S,8S, 9s y 10S. (el # es la pregunta en el cuestionario y la S de Sensor).

Motores: 5M y 6M. (el # es la pregunta en el cuestionario y la M de Motor).

Actuador: 2A y 7A. (el # es la pregunta en el cuestionario y la A de Actuador).

"Antes" y "Después" hacen referencia a la aplicación del cuestionario antes y después de interactuar con el banco. (Figura 65), se analizaron los datos de identificación. (Tabla 37).

Figura 65.
Gráficos de identificación con el banco 2024-1 y 2024-2*. Elaboración propia.*

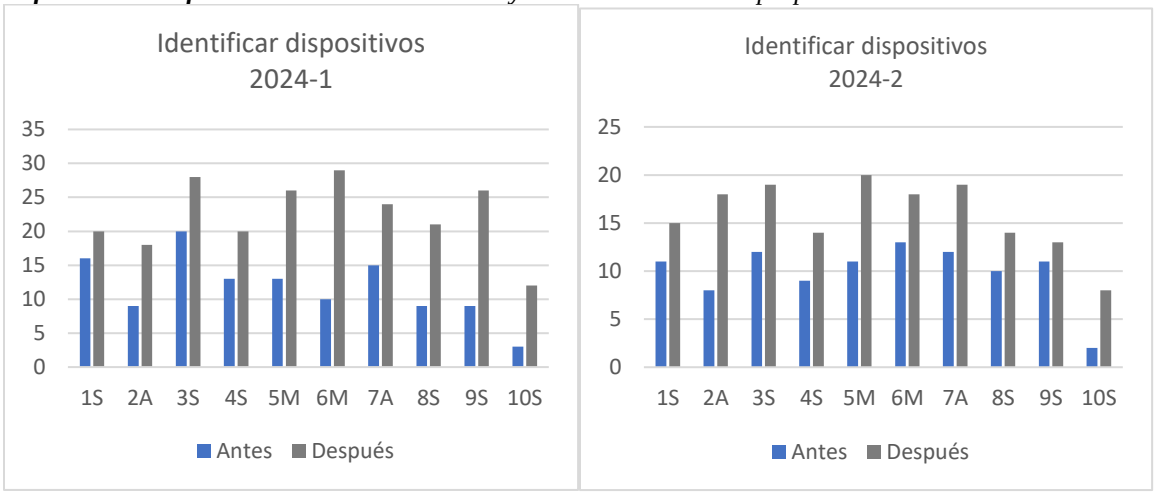


Tabla 37.
Datos de identificación con el banco 2024-1 y 2024-2. *Elaboración propia.*

Identifcar 2024-1	1S	2A	3S	4S	5M	6M	7A	8S	9S	10S
Antes	16	9	20	13	13	10	15	9	9	3
Despues	20	18	28	20	26	29	24	21	26	12
incremento	4	9	8	7	13	19	9	12	17	9
Incremento porcentual	13,79	31,03	27,59	24,14	44,83	65,52	31,03	41,38	58,62	31,03
Identifcar 2024- 2	**1S**	**2A**	**3S**	**4S**	**5M**	**6M**	**7A**	**8S**	**9S**	**10S**
Antes	11	8	12	9	11	13	12	10	11	2
Despues	15	18	19	14	20	18	19	14	13	8
Mejora	4	10	7	5	9	5	7	4	2	6
Incremento porcentual	18,18	45,45	31,82	22,73	40,91	22,73	31,82	18,18	9,09	27,27

Como se muestra en las gráficas y en las tablas de datos relacionadas con la identificación de dispositivos, la intervención con el banco ha demostrado ayuda a que los estudiantes aprendan a identificar los dispositivos, aumentando entre un 10% y un 65%; Esto es un avance significativo, ya

que los estudiantes demuestran una mejora al realizar sus circuitos y simulaciones, lo que resulta fundamental para el desarrollo de sus proyectos integradores.

Dentro de esta dimensión, se destaca la identificación de motores, con una mejora que oscila entre el 22,73% y el 65,52%. Esto indica que para los estudiantes resulta más sencillo reconocer los motores en comparación con los sensores o actuadores. Este resultado es comprensible, ya que el banco cuenta con más de 15 sensores y solo 5 motores.

Sin embargo, también se evidencian avances en la identificación de sensores, con un incremento del 9,09% al 58,62%, lo que refleja una percepción positiva de la experiencia al utilizar el banco. En cuanto a los actuadores, las mejoras fueron similares en ambos semestres, registrando un aumento entre el 31,03% y el 45,45%.

En la segunda parte se realizó un ejercicio de falso y verdadero, donde se observó el **conocimiento de la funcionalidad**, a través de 5 afirmaciones, donde los estudiantes determinaban si cada una es falsa o verdadera**,** constaba de 1 Actuador, 2 motores y 3 sensores, los vamos a identificar de la siguiente manera:

Sensores: 12S, 15S y 16S. (el # es la pregunta en el cuestionario y la S de Sensor).

Motores: 11M y 14M. (el # es la pregunta en el cuestionario y la M de Motor).

Actuador: 13A. (el # es la pregunta en el cuestionario y la A de Actuador).

“Antes” y “Después” hacen referencia a la aplicación del cuestionario antes y después de interactuar con el banco. (Figura. 66), se analizaron los datos de funcionalidad. (Tabla 38).

Figura 66.
Gráficos de conocimiento de funciónes con el banco 2024-1 y 2024-2. *Elaboración propia.*

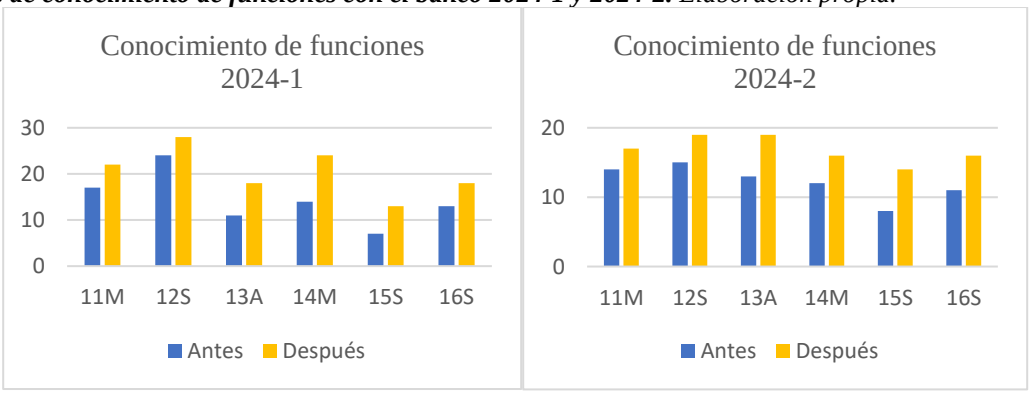


Tabla 38.

Datos de funcionalidad de dispositivos con el banco 2024-1 y 2024-2 . *Elaboración propia.*

Función 2024-1	11M	12S	13A	14M	15S	16S
Antes	17	24	11	14	7	13
Despues	22	28	18	24	13	18
Incremento	5	4	7	10	6	5
Incremento porcentual	17,24	13,79	24,14	34,48	20,69	20,69
funcion 2024-2	11M	12S	13A	14M	15S	16S
Antes	14	15	13	12	8	11
Despues	17	19	19	16	14	16
Incremento	3	4	6	4	6	5
Incremento porcentual	13,64	18,18	27,27	18,18	27,27	22,73

Como se muestra en las gráficas y en las tablas de datos relacionadas con la funcionalidad de dispositivos, la intervención con el banco contribuyó significativamente a que los estudiantes aprendan a diferenciar el funcionamiento de los dispositivos, aumentando entre un 13,64% y un 34,48%; Esto es un avance significativo, ya que los estudiantes demuestran conocer cómo funcionan los dispositivos experimentando con ellos y así poder seleccionar los que van a usar en sus proyectos según sus necesidades tecnológicas.

Dentro de esta dimensión, se destaca el conocimiento de funcionamiento de los motores, con mejoras que oscilan entre un 18,18% y un 34,48%, ya que son los dispositivos más utilizados en las practicas. Les siguen los actuadores, con mejoras entre un 24,14% y un 27,27% y los sensores, con mejoras entre un 20,69% y un 27,27%. Estos resultados evidencian como las practicas realizadas con el banco contribuyen a fortalecer el conocimiento sobre los dispositivos, permitiendo a los estudiantes afianzar sus habilidades y comprensión en el uso de estos elementos.

En la tercera y última parte se realizó un ejercicio de graficar un esquema de un circuito propuesto, donde se observó la **interpretación de circuitos,** consistía en un circuito, donde los estudiantes representaban los dispositivos en su diagrama pictórico para crear el esquema del circuito, constaba de 1 motor, 1 sensor, 1 Actuador y otros elementos, de la siguiente manera:

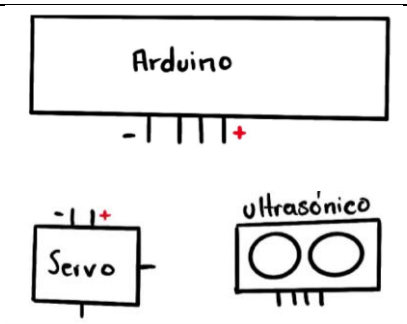
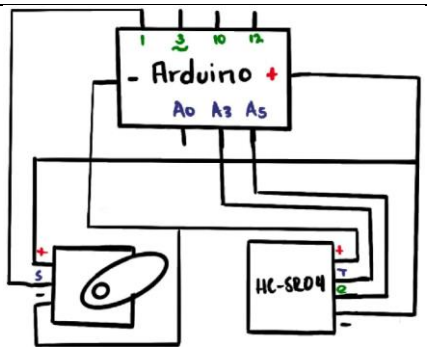
- 1 motor de 9V.

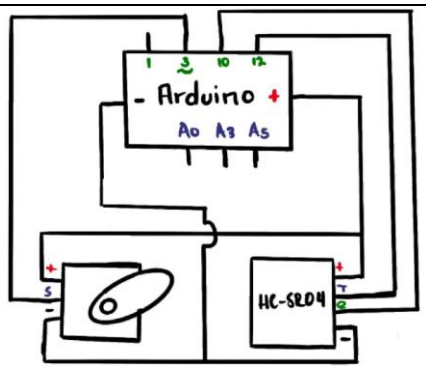
- 1 sensor PIR.
- 1 pantalla LCD de 16X2.
- 1 buzzer.
- 2 resistencias de 1 KΩ
- 1 tarjeta Arduino UNO.

Ver apéndice 30. Página 190. *Circuito propuesto en cuestionario de conocimiento previo. Elaboración propia.*

Los esquemas se clasificaron en tres tipos de la siguiente manera (Tabla 39):

Tabla 39.
Clasificación de esquemas. *Elaboración propia.*

Malo: Aquellos esquemas donde, los diagramas de cada elemento están mal y no se realizó ninguna conexión o esquema electrónico.	
Regular: Aquellos esquemas donde, los diagramas de cada elemento están bien y no se realizó ninguna conexión o esquema electrónico.	
Bueno: Aquellos esquemas donde, los diagramas de cada elemento están bien y se realizó las conexiones de una manera incorrecta.	

Excelente: Aquellos esquemas donde, los diagramas de cada elemento están bien y se realizó las conexiones de una manera correcta.	

Ver apéndice 31. Página 190. *Esquemas desarrollados por los estudiantes en la validación. Elaboración propia.*

Además, “Antes” y “Después” hacen referencia a la aplicación del cuestionario antes y después de interactuar con el banco (Figura 67), se analizaron los datos de graficar. (Tabla 40).

Figura 67.
***Gráficos de graficar esquema con el banco 2024-1 y 2024-2**. Elaboración propia.*

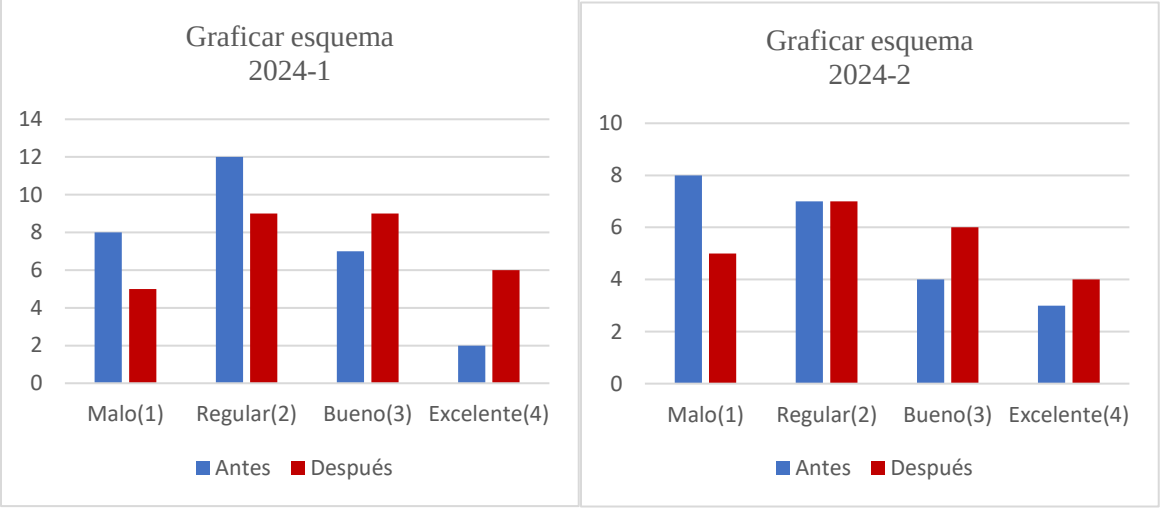


Tabla 40.
***Datos de graficar esquemas con el banco 2024-1 y 2024-2.** Elaboración propia.*

Grafica 2024-1	Malo(1)	Regular(2)	Bueno(3)	Excelente(4)
Antes	8	12	7	2
Despues	5	9	9	6
Incremento	-3	-3	2	4
Incremento porcentual	-10,34	-10,34	6,90	13,79
Grafica 2024 - 2	**Malo(1)**	**Regular(2)**	**Bueno(3)**	**Excelente(4)**
Antes	8	7	4	3
Despues	5	7	6	4
Incremento	-3	0	2	1
Incremento porcentual	-13,64	0,00	9,09	4,55

Como se muestra en las gráficas y en las tablas de datos relacionadas con la gráfica de esquemas electrónicos, la intervención con el banco tuvo un impacto positivo en el desarrollo de esta habilidad por parte de los estudiantes; Se observo una mejora significativa en la capacidad de los estudiantes para representar e interpretar circuitos, con un incremento entre un 6,90% y un 13,79%;

Aunque en las tablas se registra un incremento negativo, esto se debe a que los esquemas incorrectos realizados previa entente fueron mejorados a un nivel regular o incluso bueno.

En cuanto a los esquemas clasificados como regulares, en el periodo 2024-1 se registró una disminución del 10,43%, lo que indica una mejora en la precisión de los diagramas. En el semestre 2024-2, el número de esquemas regulares se mantuvo constante.

Los esquemas buenos aumentaron entre un 6,90% y un 9,09%, mientras que los esquemas excelentes mostraron un crecimiento entre un 4,55% y un 13,79%. Estos avances también se reflejan en los circuitos desarrollados en los proyectos integradores, donde los estudiantes lograron representar sus esquemas electrónicos de forma clara y entendible.

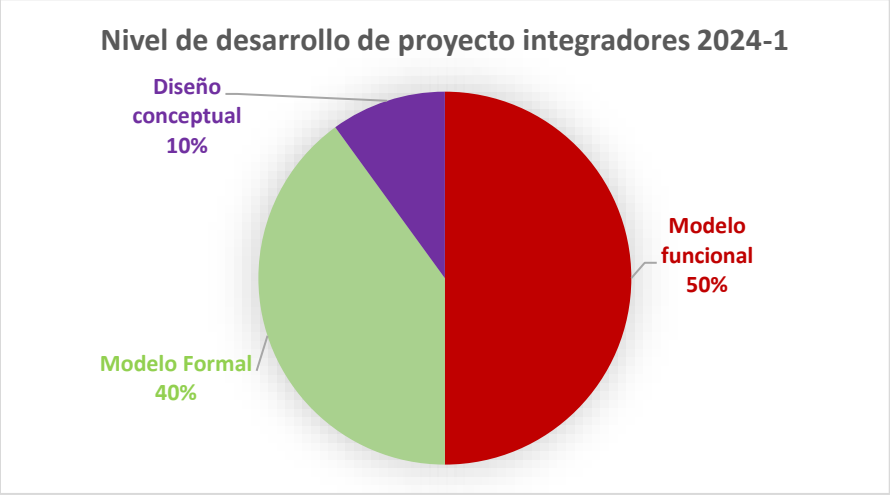
Seguido a esto se realizó el análisis reportado por el profesor que dirigió estos dos semestres, el profesor Jorge Leonardo Soto Bohórquez, el cual, durante ambos semestres, estuvo dirigiendo las clases y dando las pautas para el desarrollo de los proyectos integradores. En esta evaluación se tomaron las siguientes variables, nivel de desarrollo del proyecto y nota de proyecto integrador, con el fin de observar los resultados de los estudiantes después de haber intervenido con todas las herramientas en el semestre 2024-1 (Figura 68), se analizaron los datos del 2024-1. (Tabla 41)

Tabla 41

Resultados proyectos integradores semestre 2024-1. *Elaboración propia.*

Grupos 2024- 1	Hombre	Mujer	Proyecto	Problema	Nivel desarrollo	Nota
1	1	2	Robtot Pro Feria	Visibilidad feria diseño	Diseño conceptual	4
2	1	2	Alarma minecraft	Manejo tiempo	Modelo funcional	4,7
3	0	2	Robot zonas verdes	cuidado de plantas	Modelo funcional	4,9
4	0	3	Servilletero - juego	Tiempo de espera	Modelo funcional	4,6
5	1	2	Matera Duende	cuidado de plantas	Modelo funcional	4,6
6	1	2	Tiro al blanco	Riego de plantas	Modelo formal	4,6
7	2	1	Alcancia Mario	Ahorro	Modelo formal	4,1
8	1	2	Alcancia Mario	Ahorro	Modelo formal	4
9	0	1	Indicador de reciclaje	Reciclaje	Modelo funcional	4,9
10	1	2	Agarra abejas	Jueguete	Modelo formal	4,2
Total	8	19		Promedio		4,46

Figura 68.
Gráfico de nivel de desarrollo de proyectos integradores 2024-1. *Elaboración propia.*



En el semestre 2024-1, se lograron muy buenos resultados en el desarrollo de los proyectos integradores. La nota promedio de los proyectos fue de 4,46, lo que representa un desempeño sobresaliente y refleja el buen trabajo en equipo por parte de los estudiantes.

La nota mínima registrada fue de 4,0 y la nota más alta de 4,9. En cuanto a los niveles de desarrollo de los proyectos integradores: 5 fueron modelos funcionales, los cuales operaron correctamente, aunque no fueron desarrollados con los materiales finales. 4 fueron modelos formales, que presentaron percances técnicos y no funcionaron en su totalidad. Un diseño conceptual, el cual no se materializo más allá de la fase conceptual, ya que solo se mencionaron los dispositivos a utilizar, sin desarrollar el circuito ni la estructura final. (Figura 69)

Figura 69.
Imágenes de proyectos integradores semestre 2024-1. *Elaboración propia.*

Estos resultados evidencian un buen nivel de aprendizaje y aplicación de conocimientos,

destacando la importancia del uso de las herramientas como el banco DEV MAS. También se analizaron los resultados de los estudiantes después de haber intervenido con todas las herramientas en el semestre 2024-2 (Figura 70), se analizaron los datos del 2024-2. (Tabla 42)

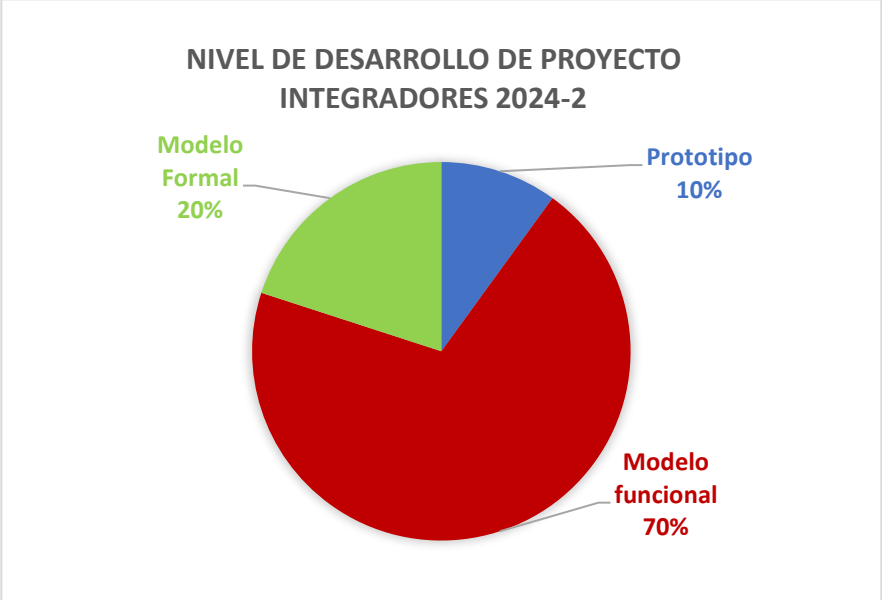
Tabla 42.

Resultados proyectos integradores semestre 2024-2. *Elaboración propia.*

Grupo 2024-2	Hombre	Mujer	Proyecto	Problema	Nivel desarrollo	Nota
1	0	2	Come Papel	Reciclaje	Modelo funcional	5
2	2	1	Pokemon	Reciclaje	Modelo funcional	5
3	2	1	Botellon	Reciclaje	Modelo funcional	4,3
4	1	2	Basketball	Reciclaje	Modelo formal	5
5	0	3	Walee	Reciclaje	Modelo funcional	4,7
6	0	3	Sapito	Reciclaje	Modelo funcional	5
7	1	1	Mounstrico	Reciclaje	Modelo formal	4,8
8	1	1	Paino Gatuno	Reciclaje	Modelo Funcional	4
9	0	1	Bailarina	Reciclaje	Prototipo	5
10	2	1	Vaca ovni	Reciclaje	Modelo funcional	5
total	9	16		Promedio		4,78

Figura 70.

Gráfico de nivel de desarrollo de proyectos integradores 2024-2*. Elaboración propia.*



En el semestre 2024-2, se lograron muy buenos resultados en el desarrollo de los proyectos integradores. La nota promedio de los proyectos fue de 4,78, lo que representa un desempeño excelente y refleja el buen trabajo en equipo por parte de los estudiantes.

La nota mínima registrada fue de 4,3 y la nota más alta de 5. En cuanto a los niveles de desarrollo de los proyectos integradores: 1 fue prototipo, se desarrolló en materiales finales y funcionaba correctamente; 5 fueron modelos funcionales, los cuales operaron correctamente, aunque

no fueron desarrollados con los materiales finales. 2 fueron modelos formales, que presentaron percances técnicos y no funcionaron en su totalidad. (Figura 71)

Figura 71.
Imágenes de proyectos integradores semestre 2024-2*. Elaboración propia.*

Estos resultados demuestran que el apoyo al usar el banco de sensores, motores y actuadores fue esencial para la toma de decisiones en cuanto a los dispositivos que iban a utilizar y el uso de los kits les permitió desarrollar experiencias previas que los preparaba para el desarrollo de sus proyectos integradores.

Ver apéndice 29. Página 189. *Resultados de validaciones. Elaboración propia.*

4.3.2.2. Cualitativo

Al terminar el *focus group* desarrollado con los docente y profesionales en diseño industrial y las actividades con los estudiantes, se recopilaron todos los comentarios y opiniones expresadas por los participantes. Esta información se sintetizó en una tabla, con el fin de brindar una visión general de las herramientas, para su posterior análisis cualitativo.

Ver apéndice 32. Pagina 192: *Comentarios y opiniones de las herramientas.*

El tratamiento realizado con los datos recopilados fue el siguiente:

- Análisis de comentarios y opiniones: Se identificaron y resaltaron las frases mas importantes

o palabras claves dentro de las respuestas de los participantes.

- Clasificación por perspectiva: cada comentario se categorizo dentro de una de las cuatro perspectivas claves: Usabilidad, dificultad de aprendizaje, satisfacción, confianza en desarrollo de proyectos futuros.
- Objetivo de análisis: identificar las fortalezas y debilidades de la experiencia de los participantes al interactuar con los dispositivos y de la misma manera observar posibles mejoras.

Este enfoque permitió obtener una visión clara sobre el impacto del uso de las herramientas en el proceso de aprendizaje y su efectividad en el desarrollo de habilidades prácticas. respecto a la interacción con los kits, se logró observar que la mayoría de los comentarios resaltaban el entusiasmo y aprecio por la funcionalidad de los sistemas, indicando que los estudiantes se sentían motivados y disfrutaron de las herramientas, siendo una experiencia muy positiva y de aprendizaje práctico (Percepción de satisfacción).

Patrón encontrado: *los estudiantes valoraron las herramientas, los pasos fueron claros, las indicaciones precisas; aplicaron concepto de forma práctica.*

También se encontraron algunos comentarios donde se mencionaba confusión inicial debido a falta de claridad en instrucciones o dificultades técnicas, necesidad de más pasos o algunos problemas de comunicación, destacando la importancia de claridad y comunicación efectiva (percepción de dificultad de aprendizaje).

Patrón encontrado: *mejorar orientación, simplificar pasos, comunicación efectiva.*

Además, se observó algunos comentarios reflejan que los participantes están desarrollando habilidades de resolución de problemas, organización, trabajo en equipo, toma de decisiones, lo cual contribuye al éxito en proyectos a futuro (confianza en el desarrollo de proyectos a futuro).

Patrones encontrados: *solución de problemas, organizar y delegar cargos, fomentar habilidades, toma de decisión.*

Finalmente, de observó que las herramientas tienen una valoración positiva, pero se sugieren

algunos cambios o modificaciones, buscando incorporar más variedad y ser claro y conciso, no ser extenso en los pasos a seguir (Percepción de Utilidad).

Patrones encontrados: *Herramientas útiles, pasos claros, instrucciones extensas, comunicación efectiva, variedad.*

5. Conclusiones

El presente proyecto "***Desarrollo de herramientas didácticas para fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de diseño industrial en la materia fundamentos de diseño mecatrónico***", describió el comportamiento de estudiantes de fundamentos de diseño mecatrónico de la escuela de diseño industrial al utilizar las herramientas didácticas como lo son el kit de brazo robótico, la estación meteorológica y el banco de sensores y motores.

Primero se analizó e identificó la satisfacción como la percepción más alta en los estudiantes, debido a la experiencia práctica que los estudiantes realizaron, generando un alto nivel de interés y motivación al permitir a los estudiantes interactuar directamente con los conceptos técnicos mediante aplicaciones específicas.

Seguido por la utilidad percibida en las herramientas, la utilidad de estas herramientas radica en la capacidad para integrar múltiples áreas de conocimiento como lo son la electrónica, la programación y la mecánica, lo que las convierte en piezas fundamentales en la educación STEM (*Science, Technoloy. Engineering and Mthematics*); estas mismas les permitió tomar decisiones y cumplir los objetivos de las actividades.

Además, el nivel de dificultad percibido según los estudiantes fue un nivel apropiado, acorde a las temáticas e indicaciones de clase, las cuales se basan en parte teórica y práctica. Finalmente, la confianza en desarrollo de proyectos a futuro percibido es muy bueno, ya que los estudiantes lograron organizarse, trabajar en equipo y replicar esto en el desarrollo de sus proyectos integradores en clase.

Estas herramientas representan una gran contribución para fortalecer el aprendizaje de sensores, motores y actuadores y demás dispositivos, en entornos académicos. A través de estas herramientas los estudiantes no solamente desarrollaron competencias técnicas, también otras habilidades transversales, como la resolución de problemas, trabajo en equipo, pensamiento lógico y la capacidad de diseñar soluciones creativas e innovadoras.

Por último, la implementación de la estrategia en clase ha demostrado ser una herramienta efectiva para fortalecer el aprendizaje de los fundamentos. Al integrar la teoría, simulación, programación y retos prácticos, se crea un entorno de enseñanza dinámico y estructurado que permite la comprensión de conceptos complejos.

6. Recomendaciones y mejoras

El desarrollo del kit del carro seguidor de línea no se llevó a cabo debido a múltiples problemas técnico, los cuales fueron dos, el primero se debió a la fuerza insuficiente de los motores, los motores no lograban generar la fuerza necesaria para mover el carro de manera eficiente; el segundo se debió a problemas en el sistema de alimentación, la batería no proporcionaba la corriente suficiente para operar ambos motores de manera óptima.

Las recomendaciones para mejorar este kit son las siguientes: Analizar las cargas en el chasis para optimizar la distribución del peso y reducir la resistencia al movimiento; Revisar el sistema de alimentación (energía) para garantizar que la batería de litio suministre la corriente adecuada para los dos motores; Reducir el tamaño y peso del diseño del carro para minimizar la carga de los motores y optimizar los componentes utilizados en el carro para mejorar su eficiencia y funcionalidad.

Para mejorar la experiencia con los kits del brazo robótico y la estación meteorológica, se proponen las siguientes recomendaciones: Primero simplificar el contenido de los manuales, realizando una reedición, eliminando pasos innecesarios y haciendo explicaciones claras y concisas; se pueden incluir imágenes y diagramas explicativos en lugar de textos extensos. Segundo se recomienda generar una mayor interacción en las actividades, incluyendo al docente con un rol activo, permitiendo su participación como guía o facilitador;

Para mejorar el banco de sensores, motores y actuadores, se proponen las siguientes recomendaciones: primero es mejorar el empaque y protección; diseñando una carcasa más resistente a golpes, que proteja mejor los dispositivos y garantice la durabilidad; además, incorporar una agarradera tipo maletín, facilitando su transporte y almacenamiento.

Segundo es incluir elementos para mejorar la experiencia práctica, agregando dispositivos y accesorios relacionados con los fenómenos que se quieren medir, como:

- Un humidificador para poner a prueba sensores de humedad o gas.

- Un vaso pasa contener agua o tierra, permitiendo simulaciones reales;}
- Un beep de sonido para sensores de sonido;
- Una fosforera para experimentar con sensores de temperatura y fuego.

Estas mejoras permitirán que los estudiantes comprendan y ejecuten las actividades de manera más eficiente, optimizado el uso de los kits y banco en el proceso de enseñanza.

Otra mejora significativa sería aumentar la interacción con otros microcontroladores como la familia Arduino (UNO, Mega, Nano, etc.), o ESP32 para proyectos con conectividad *wifi/ bluetooh*, o Raspberry Pico con procesamiento más avanzado; también explorar elementos industriales tipo PLC como Siemens LOGO de gama educativa. Todas estas tarjetas o microcontroladores son muy importante conocerlos, pero su costo impide abarcar todos estos elementos; esta mejora no solo enriquecerá la experiencia de los estudiantes, sino que también les permitirá familiarizarse con diversas herramientas que podrían encontrar en entornos profesionales e industriales.

Finalmente, para todas las herramientas se recomienda crear un contenido digitar interactivo, a través de plataformas interactivas, como Genially.

Referencias Bibliográfica

Analytis, Santhi, Joel A. Sadler, y Mark R. Cutkosky. 2017. "Creating Paper Robots Increases Designers' Confidence to Prototype with Microcontrollers and Electronics". International Journal of Design Creativity and Innovation 5(1–2):48–59. doi: 10.1080/21650349.2015.1092397.

Bernal, F. (2020). TECNOLOGÍA Y DISEÑO INTELIGENTE EN LA PRODUCCIÓN: CLAVE PARA LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL EN LA ECONOMÍA GLOBALIZADA. Revista Ciencias Estratégicas, 28(38), 107-121.

Bethune, J. (2016). ENGINEERING DESIGN AND GRAPHICS WITH SOLIDWORKS. Boston, Estados Unidos de America: Pearson.

Bolton, W. (2015).¨MECATRÓNICA".Mexico: Alfaomega Grupo Editor.

Calderon Riano, Rodriguez Cardozo, A. M., & Archila Diaz, J. F. (2006). DISEÑO Y CONSTRUCCIONDE UNA ESTACION DE PRUEBAS PARA PRACTICAS CON MOTORES Y SENSORES APLICADA A LA ASIGNATURA FUNDAMENTOS DE DISENO MECANICO, CONCEPTUALIZACION DEL TALLER [recurso electronico]. UIS.

Carfagni, M., Fiorineschi, L., Furferi, R., Governi, L., & Rotini, F. (2020). USEFULNESS OF PROTOTYPES IN CONCEPTUAL DESIGN: STUDENTS' VIEW. INTERNATIONAL JOURNAL ON INTERACTIVE DESIGN AND MANUFACTURING, 14(4), 1305–1319.

Chen, S., & Li, Z. (2019). THE IMPACT OF MOTOR SELECTION ON ENERGY EFFICIENCY AND MANUFACTURING COSTS IN MECHATRONIC DESIGN. INTERNATIONAL JOURNAL OF PRECISION ENGINEERING AND MANUFACTURING-GREEN TECHNOLOGY, 6(2), 327-336. doi: 10.1007/s40684- 019-00143-6.

Chio Nayibe, Gonzales Hernan, Maradey Jessica & Rueda Oscar,(2022) PROYECTO INTEGRADOR COMO ESTRATEGIA PEDAGOGICA DEL CURSO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DEL PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA: CASO DE ESTUDIO. consultado el 10 de marzo del 2024 : https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/2534/1941

Colombia Aprende. s/f. "Enfoque educativo STEM+ para Colombia". *Colombia Aprende - Red de conocimiento*. consultado el 15 de agosto de 2023 https://www.colombiaaprende.edu.co/contenidos/coleccion/stemColombia.

Daniela, Linda, y Miltiadis D. Lytras. 2019. *"EDUCATIONAL ROBOTICS FOR INCLUSIVE EDUCATION*". *Technology, Knowledge and Learning* 24(2):219–25. doi: 10.1007/s10758-018-9397-5.

Darbellay, Frédéric, Zoe Moody, y Todd Lubart, eds. 2017. *Creativity, Design Thinking and Interdisciplinarity*. Singapore: Springer Singapore.

Darmawansah, Darmawansah, Gwo-Jen Hwang, Mei-Rong Alice Chen, y Jia-Cing Liang. 2023. "*TRENDS AND RESEARCH FOCI OF ROBOTICS-BASED STEM EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW FROM DIVERSE ANGLES BASED ON THE TECHNOLOGY-BASED LEARNING MODEL". International Journal of STEM Education* 10(1):12. doi: 10.1186/s40594-023-00400-3.

De Castro, R., & Filippetti, A. (2021). INCORPORACIÓN DE MOTORES DE ALTA TECNOLOGÍA EN EL DISEÑO MECATRÓNICO: NUEVAS FUNCIONALIDADES PARA APLICACIONES EN ROBOTS Y SISTEMAS AUTOMATIZADOS. Revista de Innovación Tecnológica, 15(2), 45-54. Recuperado el 3 mayo del 2023 de https://revistainnovacion.tec.mx/index.php/revistainnovacion/article/view/101

Estándares ISTE tomado el día 5 de junio de: *https://www.iste.org/es/professional- development/iste-u/short-courses/iste-standards-for-students*

Fischertechnik. 2024. “STEM Robotics - fischertechnik”. *Fischertechnik*. Tomado el 6 de abril de 2024 https://www.fischertechnik.de/es-es/productos/escuelas/stem-robotics.

Fischertechnik. s/f. “Learning materials for STEM lessons”. Recuperado el 10 de octubre de 2023 https://www.fischertechnik.de/en/schools/learning-material.

García Duarte, Ricardo, y Jaime Wilches Tinjacá, eds. 2020. *LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN COLOMBIA: RETOS Y PERSPECTIVAS EN EL SIGLO XXI.* Primera edición. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Garnica Israel, Bautista Luis, Maradei Maria, Rojas Vaslak & Lopez Clara. (2024) EXPLORANDO EL DISEÑO MECATRONICO PARA BUSCAR LA FELICIDAD. articulo consultado : https://doi.org/10.53972/RAD.erad.2024.5.353

Gomez Paredes, & Higuera Marin, M. E. (2012). MODULO INTERACTIVO PARA LA ENSENANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS SISTEMAS DE CONTROL BASICOS UTILIZADOS EN MECATRONICA, DISENO Y CONSTRUCCION [recurso electronico]. UIS.

Gómez-Montoya, M. L., & León-Mancilla, M. M. (2019). ENFOQUE INTERDISCIPLINARIO DE LA MECATRÓNICA Y EL DISEÑO INDUSTRIAL: INNOVACIÓN EN PROYECTOS Y DESAFÍOS EN AUTOMATIZACIÓN, ROBÓTICA, FABRICACIÓN E INGENIERÍA. Revista de Ingeniería y Competitividad,21(2), 65-77.

Información de robotic minds kit vex go. Consultado el 26 de abril del 2023 https://roboticminds.com.ec/index.php/vex-robotics/vex-go#:~:text=VEX%20GO%20no%20es%20solamente,en%20clase%20y%20a%20nivel%20mundial

Información de LEGO. Consultado el 26 de abril del 2023 de https://education.lego.com/en-us/products/lego-mindstorms-education-ev3-core-set/5003400#lego-mindstorms-education-ev3

Información de ARDUINO store. Consultado el 26 de abril del 2023 de : https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-sensor-kit-base

Información de Edison. Consultado el 26 de abril del 2023 de https://meetedison.com/

Información de Mi amigo Robi consultado el 26 de abril del 2023 de https://dagabot.com/robot-robi/

Kapp, K. M. (2012). The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Trainig and Education. Pfeiffer.

Keating, G. (2017). RAPID PROTOTYPING AS A KEY TOOL IN THE PRODUCT DESIGN AND MANUFACTURING PROCESS: IMPROVED DECISION-MAKING EFFICIENCY AND REDUCED DEVELOPMENT COSTS. INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, 89(5-8), 1973- 1984.

Kolb, D. A. (1984). EXPERIENTIAL LEARNING: EXPERIENCE AS THE SOURCE OF LEARNING AND DEVELOPMENT. Prentice-Hall. p(41)

Lave, J., & Wenger, E. (1991). SITUATED LEARNING: LEGITIMATE PERIPHERAL PARTICIPATION. Cambridge University Press.

Lechner, U., & Grahsl, H. W. (2019). SENSORS AS ENABLING TECHNOLOGY IN MODERN PRODUCT DESIGN. In Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT) (pp. 1279-1284). Melbourne, Australia: IEEE.

López, C., Bautista, L., & Mantilla, C. (2020). A NOVEL APPROACH TO LEARNING VIRTUAL ENGINEERING IN THE MEDICAL DEVICES PROCESS. EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES, 25(6), 5703–5729

Modelo pedagógico UIS (2021), tomado el 2 de junio de https://convocatorias.uis.edu.co/wp-content/uploads/2023/04/Acuerdo-233-de-agosto-10-de-2021-Modelo-Pedagogico-UIS21.pdf

Sánchez-Torres, J. D., & Barragán-Vidal, C. A. (2014). IMPACTO DE LOS SENSORES EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS: MEJORA DE LA EXPERIENCIA DEL USUARIO Y ACEPTACIÓN EN EL MERCADO. En J. López-Moreno, J. L. Casteleiro-Roca, A. C. Domínguez-Mayo, & J. M. Sánchez-Pérez (Eds.), Actas de la XIV Reunión Española sobre Criptología y Seguridad de la Información (RECSI 2014) (pp. 63- 68). Madrid, España: Universidad Carlos III de Madrid.

Samili, A. (2018). THE ESSENTIAL ROLE OF PROTOTYPING IN VALIDATING AND REFINING COMPLEX MECHATRONIC SYSTEM DESIGNS. Journal of Mechatronics Engineering, 12(3), 45-57.

Sundar, S. S., & Marathe, S. S. (2010). PERSONALIZED FUN THEORY: HARNESSING PERSONALITY TO IMPROVE USER ENGAGEMENT. In Proceedings of the 28th International Conference on HumanFactors in Computing Systems (pp. 2673-2682). New York, NY: ACM.

Sylvester, D.(Ed). (2018). Gamification in Education: Breakthroughs in Research and Practice. IGI Global. Tomado el 10 de octubre del 2023.

Ulrich, Karl T., y Steven D. Eppinger. 2013. *DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS*. Quinta edición.

Valderrama, J. C. & Agudelo, S. (2015). DISEÑO MECATRÓNICO: CONCEPTOS Y APLICACIONES EN LAINGENIERÍA. Tecnura, 18(40), 75-86. Consultado el 20 de abril del 2023 de https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/issue/download/592/97

Wyss, Natalie, y Christina Myers. 2022. *UNDERSTANDING THE POTENTIAL OF USING EDTECH TO MEASURE AND MITIGATE LEARNING LOSS*. EdTech Hub. doi: 10.53832/edtechhub.0110.

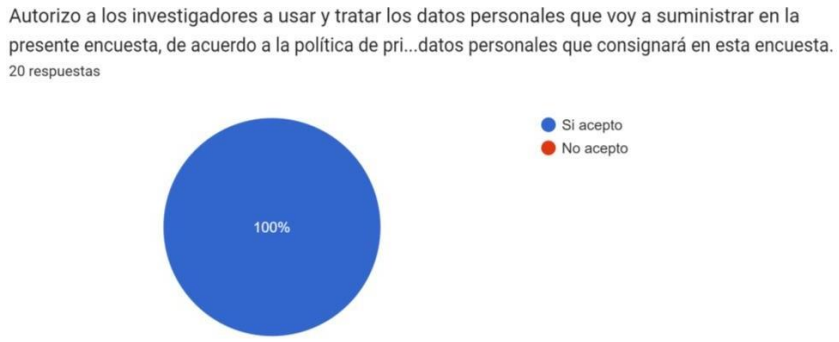
Zhang, J., Li, H., & Liu, Q. (2020). APPLICATION OF MECHATRONICS IN PRODUCT DESIGN. In D. Li (Ed.), Proceedings of the 2020 4th International Conference on Robotics, Control and Automation(ICRCA 2020) (pp. 231-235). New York, NY: Association for Computing Machinery.

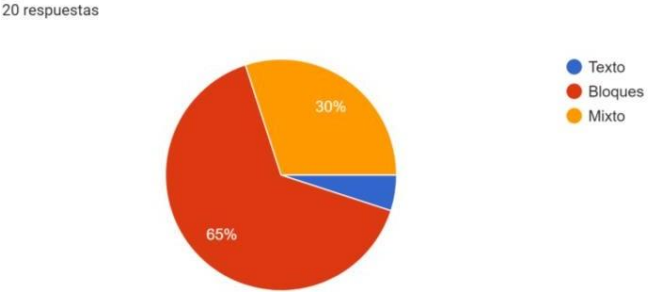
7. Apéndices

Apéndice 1: *Resultado de encuesta de estudiantes antiguos*.

Se realizo una encuesta a 20 estudiantes que ya vieron la asignatura a través de la plataforma de Google forms, donde se realizaron diversas preguntas de selección múltiple, y de respuesta abierta acerca de la asignatura y su percepción de esta.

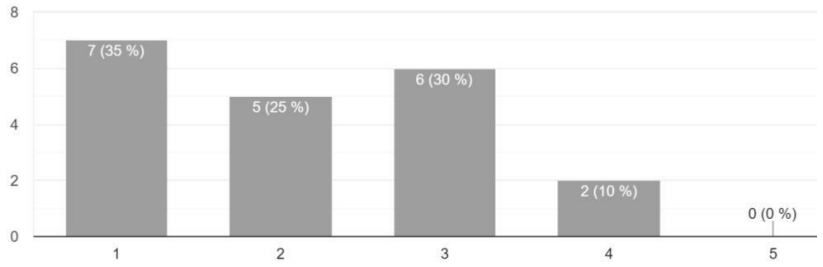
Enlace de la encuesta: https://forms.gle/Vphn9dndwscCvB9Y6





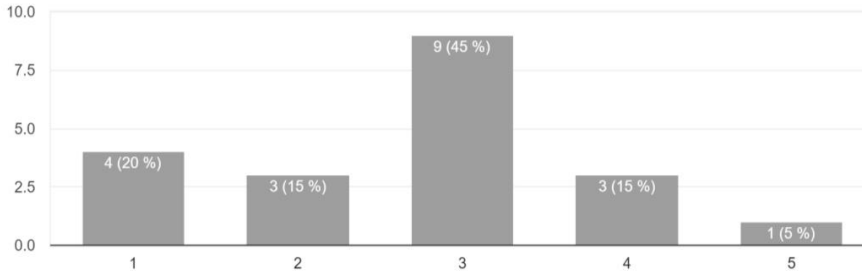
1. Cuando vió la materia de FDM ¿ Conocía previamente el funcionamiento de los Sensores y Motores para el desarrollo de su proyecto final?

20 respuestas



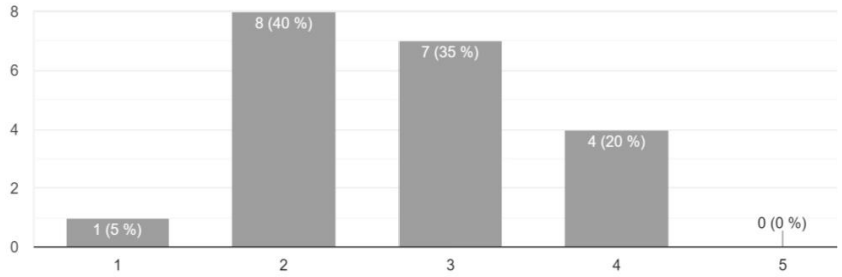
2. ¿Te resultó fácil o difícil codificar en Arduino para el proyecto final de la materia?

20 respuestas



3. ¿Cómo considera que fue la selección de los sensores y motores para el proyecto final de la materia ?

20 respuestas



4. ¿Cuáles fueron los principales desafíos que enfrentaste al trabajar con sensores y/o motores en el proyecto final de la materia?

20 respuestas

En mi caso, el proyecto final fue un dispensador de dulces el cual abría una compuerta si se realizaban 3 multiplicaciones acertadas, el servomotor iba demasiado rápido y encontré dificultad al configurarlo para que fuera más despacio y permitiera el paso del dulce, si iba rápido el usuario no podía tomar el dulce y de ir muy lento los dulces se atacaban en la puerta.

Supe del tipo de motor qué necesitaba usar, sin embargo, me costó entender como programarlo para que realizara lo que quería

No me quedo muy claro los conceptos en la práctica, siento que se pasó muy por encima y poco didáctico

El tiempo que se tuvo para aprender a codificar fue muy corto por lo que resulta difícil comprender bien la forma correcta de empezar a trabajar

conocer las diferentes piezas y elementos que se pueden encontrar en el mercado local y su respectivo modo de uso

Que necesitan una programación específica y hay que investigar mucho para que haga lo que uno quiere

saber cuales eran los mas adecuados para el proyecto.
Poder programarlos de la manera correcta para el proyecto.

Desconocer si serían capaz de producir los efectos que necesitabamos en el proyecto, llámese mover ciertos elementos, producir los sonidos adecuados, etc.

la programación mas que todo , puesto que buscábamos desarrollar un medidor de ruido el cual debía de marcar acorde al nivel de ruido

Por la virtualidad y situaciones de salud en la pandemia, la materia fue difícil de entender

Principalmente la codificación, pero también la implementación de los mismos en el proceso de diseño (modelado, maqueta, protótipado)

Entender el funcionamiento y programación

Saber que número de resistencia iba y la organización del diagrama en general

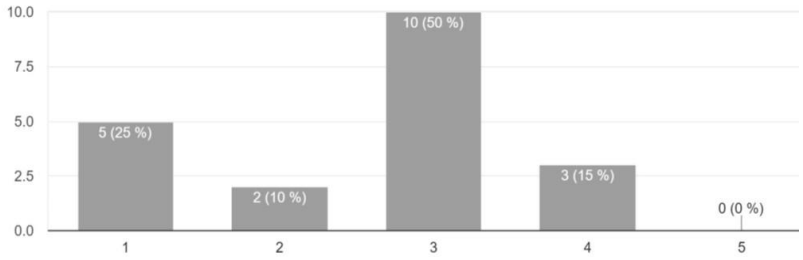
Acoplar el funcionamiento de cada sensor para la función deseada con los parametros establecidos del diseño y que la disposición de los mismos no eatuvieran "escondidos" sino que estuvieran integrados realmente. Además de los componentes mecánicos para el accionamiento deseado del movimiento del producto.

Diseñar los circuitos

Pues como tal desafío fue enteder como se trabaja los sensores y/o motores ya que vi la materia virtual

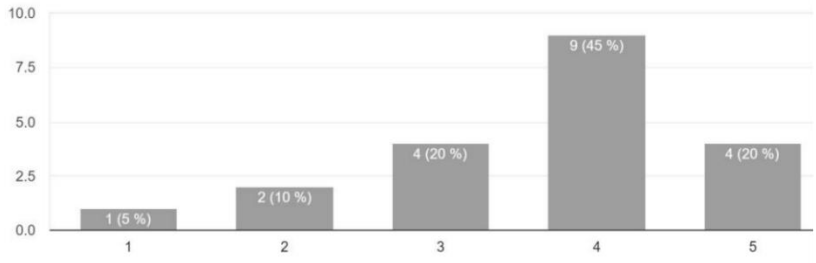
1. A partir de lo visto en la materia ¿ Consideras que tienes la confianza suficiente en tus capacidades para desarrollar prototipos funcionales que involucren sensores, actuadores, y control?

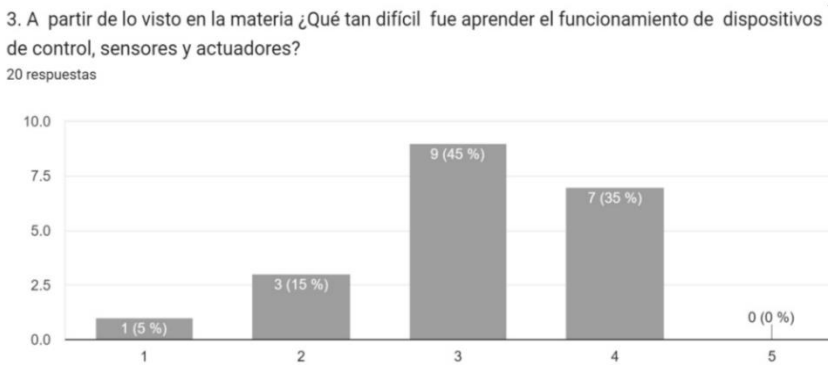
20 respuestas

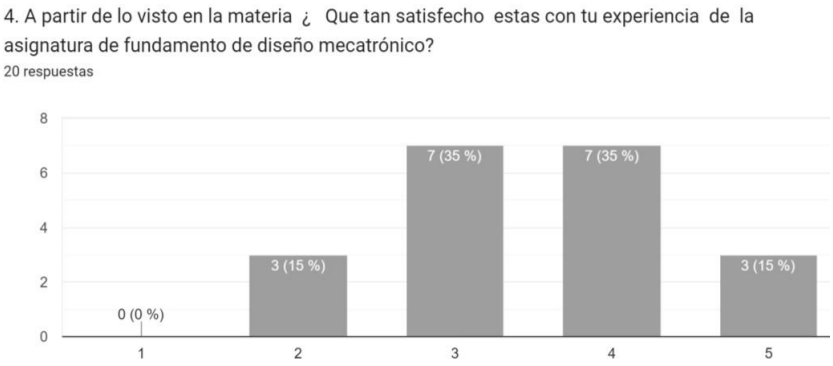


2. A partir de lo visto en la materia ¿Qué tan útil fue para ti desarrollar prototipos funcionales que involucren sensores, actuadores, y control?

20 respuestas







Apéndice 2: *Cronograma de atividades semestre 2023-1*

-	L	M	M	J	V	Fechas Calendario Academico - Acuerdo 162 de 2022	SEMANA	Clase 1	Clase 2
Marzo	13	14	15	16	17	Marzo 13 - Inicio de Clases	Sem-1	Presentacion Personal	Taller Lego Armado_Programación básica
	20	21	22	23	24		Sem-2	Taller Lego Programación_Armado Sumo	Taller Lego Programación_Armado Proyecto
	27	28	29	30	31		Sem-3	Taller Lego Programación Sumo_Muestra Proyecto	Información general sobre el proyecto -Componentes Básicos (resistencias, LED, Condensadores, etc) - Tipos de circuitos. Simbología y Esquemas de
Abril	3	4	5	6	7	SEMANA SANTA			
	10	11	12	13	14		Sem-4	Montaje Basico; Taller Arduino_Código_Leds;	Arduino_Fuente_componentes
	17	18	19	20	21	Abril -21 - 1era nota en sistema	Sem-5	Arduino_Fuente_componentes	Arduino_Fuente_componentes
	24	25	26	27	28		Sem-6	Arduino_Fuente_componentes	Entrega 1 (idea) -
Mayo	1	2	3	4	5		Sem-7	Arduino_Fuente_componentes	Revisión ejercicios - Arduino_Fuente_componentes
	8	9	10	11	12	Mayo - 12 - Último día para cancelaciones	Sem-8	Arduino_Fuente_componentes	Arduino_Fuente_componentes
	15	16	17	18	19	Mayo - 15 - Inicio Evaluación Docente	Sem-9	Clase Electronica - integrados	Entrega 2. Req y Para. Alternativas Mecanismos.
	22	23	24	25	26		Sem-10	Parcial 1. Electrónica	Clase Programación
	29	30	31	1	2		Sem-11	Clase Programación	Clase Programación
Junio	5	6	7	8	9		Sem-12	Clase Programación	Entrega 3. modelo funcional 1
	12	13	14	15	16		Sem-13	Parcial 2. Programacion	Clase Motores-sensores
	19	20	21	22	23		Sem-14	Clase Motores-sensores	Clase Motores-sensores
	26	27	28	29	30	Junio - 26 Inicio vacaciones			
Julio	3	4	5	6	7				
	10	11	12	13	14		Sem-15	Clase Motores-sensores	Entrega 4. Diagrama flujo final y Diagrama electrónico.
	17	18	19	20	21	**Julio 21** - Finalización de Clases - **Limite del Notebook**	Sem-16	Parcial 3. Motores y sensores	
	24	25	26	27	28	Julio 24 - Generación de Actas Finales	Sem-17	Entrega 5. Entrega final. 6 a 10 am Sala 303 CENTIC	
	31	28							

Apéndice 3: *Transcripción entrevista con el profesor Israel Garnica.*

¿Qué dificultad percibe en el aprendizaje de la asignatura?

La dificultad es muy similar a la de otra asignatura, he notado que hay diferentes grados de destreza y de compromiso, y que, en la mayoría de los casos, los estudiantes logran llegar a un modelo funcional, por las dificultades que implica la experimentación de los componentes

¿Qué valoración se da sobre lo que se debe aprender?

La valoración sobre lo que se debe aprender depende

¿Qué preconceptos deben tener los estudiantes y en qué nivel?

Los preconceptos que traen son muy mínimos, ya que lo estudiantes no tiene ninguna asignatura previa donde se les den unas bases, como lo son Física 2.

¿Cómo son los estudiantes en cuanto a toma de decisiones en el desarrollo de sus proyectos?

En cuanto a toma de decisiones de diseño, el estudiante busca solucionar el problema que plantea a partir de las prácticas que ha realizado en clase, pero duda al exponerse a componentes no abarcados en el contenido del programa. Esto implica, poco análisis en los componentes que se podrían usar, y falta de integración con las piezas que cubren los componentes electrónicos

Apéndice 4: *Transcripción entrevista con el profesor Jhon Faber Archila.*

¿Qué dificultad percibe en el aprendizaje de la asignatura?

La dificultad es muy similar a la de otra asignatura del ciclo básico de ingeniería del pensum de diseño.

¿Qué valoración se da sobre lo que se debe aprender?

La valoración sobre lo que se debe aprender depende mucho de cada estudiante y más que la madures del área de interés de cada uno.

¿Qué preconceptos deben tener los estudiantes y en qué nivel?

Los preconceptos que traen son solo de mecánica, en electrónica y programación prácticamente son cero, ya q ello no ven asignaturas com lo son electromagnetismo.

¿Cómo son los estudiantes en cuanto a toma de decisiones en el desarrollo de sus proyectos?

En cuanto a toma de decisiones de diseño, conmigo aprenden QFD, ahora no se…

Apéndice 5: *Diagnóstico previo por Sergio García, estudiante.*

La Escuela de Diseño de la Universidad Industrial de Santander, presenta Fundamentos de diseño mecatrónico en su plan de estudios en el sexto nivel de la carrera, siendo una asignatura de 4 créditos, con una intensidad horaria semanal de 4 horas de trabajo asistido por docente y propone 8 horas de trabajo independiente. Está es una de las asignaturas complejas y con temas nuevos para los estudiantes de diseño industrial, debido a que los estudiantes no están familiarizados con este ambiente en el desarrollo de sus proyectos

| La asignatura se compone de tres bloques fundamentales: el primero aborda la electrónica básica, el segundo se enfoca en la programación básica, y el tercero se centra en sensores y motores. Además, a lo largo del semestre, los estudiantes deben llevar a cabo un proyecto integrador en el cual aplican los conocimientos adquiridos.

Al inicio del semestre, los estudiantes participan en un curso de LEGO Education, donde se dedican al desarrollo de proyectos básicos. Durante esta fase, se busca fomentar la motivación de los estudiantes, inspirándolos a observar las posibilidades que se pueden alcanzar al incorporar la electrónica en el proceso de creación de un producto. Posteriormente, se les presenta el desafío de resolver una problemática, implementando la teoría de la felicidad, pero se debe contener componentes electrónicos, por lo cual los estudiantes proponen diversas ideas, algunas de ellas ambiciosas.

Tras la conclusión de la etapa anterior, se inicia la primera fase, la cual abarca el contenido fundamental de la asignatura. En este bloque, se abordan temas relacionados con componentes electrónicos, sumergiendo a los estudiantes en el ámbito de la electricidad y la electrónica. Esta fase, que abarca aproximadamente 24 horas de clase, incluye la exploración de conceptos que van desde la generación de circuitos y leyes básicas hasta tipos de circuitos, componentes básicos e introducción a Arduino

Sin embargo, la complejidad de este contenido genera una disminución en la motivación de

los estudiantes. Se enfrentan a la dificultad de comprender qué información estudiar y cómo prepararse para los exámenes. Este desafío se refleja en las estadísticas de los últimos 8 semestres, donde de los 222 estudiantes que tomaron el curso, 112 no superaron el primer parcial, representando aproximadamente el 52% de los participantes. Esta tendencia revela una deficiencia en la retención de información por parte de los estudiantes, a pesar de sus esfuerzos en buscar diversas opciones de estudio, lo que finalmente resulta en un rendimiento

Después de completar la fase anterior, se inicia la segunda etapa temática, centrada en el contenido relacionado con la programación. En esta fase, los estudiantes adquieren habilidades para crear diagramas de flujos, diagramas de bloques y comienzan a familiarizarse con la codificación por texto para su aplicación en dispositivos electrónicos. Esta etapa, que abarca 8 horas de clase, busca proporcionar a los estudiantes una comprensión más profunda de la lógica en los procesos de programación.

Aunque los estudiantes experimentan una mejora en su motivación al entender cómo funciona la lógica en un proceso, la complejidad de este contenido genera ciertas dificultades. Los estudiantes perciben que el tiempo asignado no es suficiente y expresan la necesidad de realizar más actividades de aprendizaje. Este desafío se refleja en las estadísticas de los últimos 8 semestres, donde de los 222 estudiantes que tomaron el curso, 27 no logran superar este examen, representando aproximadamente el 12% de los participantes. Esta tendencia indica una deficiencia en la retención y aplicación de la información por parte de los estudiantes, quienes buscan realizar más ejercicios de pensamiento lógico para desarrollar diagramas o programas que resuelvan problemas específicos.

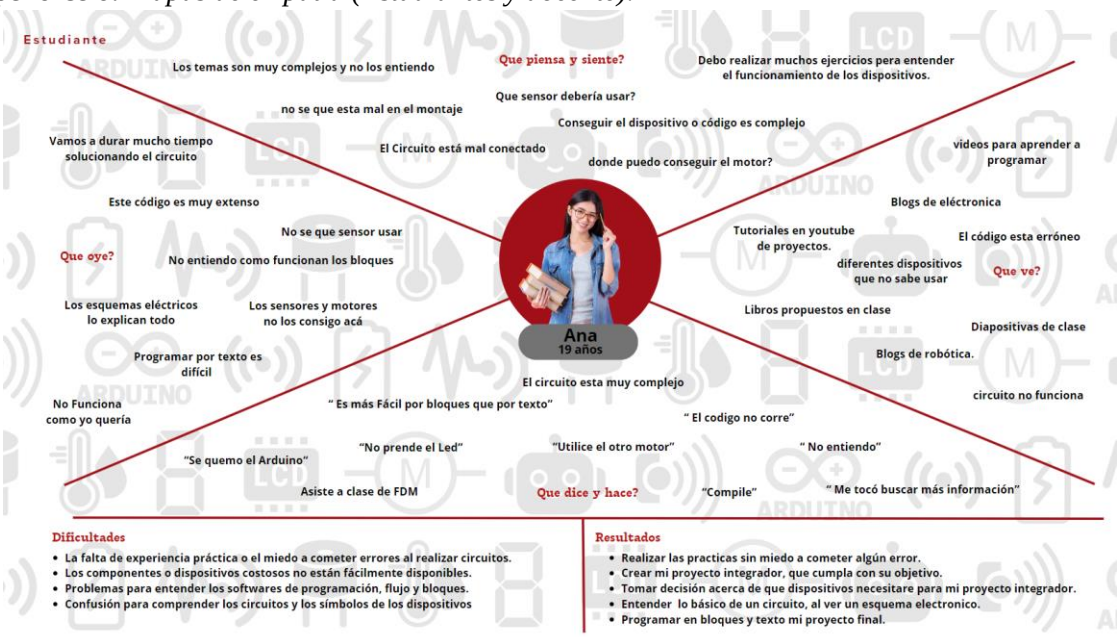
Finalmente, se ingresa a la tercera etapa, focalizada en el contenido vinculado a sensores y motores. Durante este periodo, los estudiantes adquieren conocimientos sobre el funcionamiento de dispositivos específicos, como un servomotor, un motor, un sensor ultrasónico y un sensor infrarrojo. Esta fase, que abarca 8 horas de clase, tiene como objetivo brindar a los estudiantes las bases tanto físicas como de programación básica de estos dispositivos.

En este bloque, el contenido es extenso, dado que la variedad de motores (hasta 5) y la

diversidad de sensores y actuadores (más de 30) hacen que sea un tema complejo. Los estudiantes deben tener conocimientos previos para seleccionar los dispositivos que utilizarán en su proyecto integrado. Sin embargo, este proceso de selección se realiza antes de que los estudiantes hayan adquirido el conocimiento necesario. Este desafío representa una considerable dificultad para los estudiantes y se refleja en las estadísticas de los últimos 8 semestres, donde de los 222 que tomaron el curso, 74 estudiantes no superan este examen, representando el 33% de los participantes. Esta tendencia sugiere una deficiencia en la presentación de los contenidos y, por ende, en la retención de estos por parte de los estudiantes. Estos buscan comprender el funcionamiento de dispositivos no abordados en clase y realizar ejercicios adicionales, ya que el tiempo asignado es insuficiente para el contenido tan extenso.

Con respecto al desarrollo de sus proyectos finales, algunos estudiantes no logran desarrollar a cabalidad su proyecto, puesto que el circuito no les funciona de la manera indicada o no funciona, esto se debe a las falencias encontradas en la presentación de los contenidos, la retención de información y el tiempo de trabajo independiente por parte de los estudiantes.

Apéndice 6: *Mapas de empatía (Estudiantes y docente).*

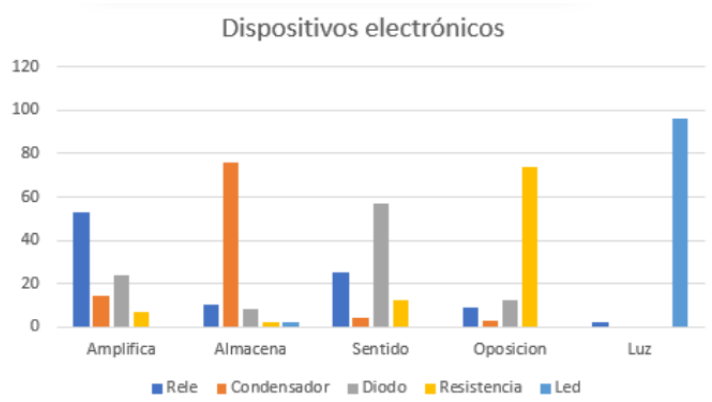


Apéndice 7: *Resultados de la encuesta realizada a estudiantes (2019-2021).*

Al inicio de cada semestre se realiza una encuesta preliminar para observar si los estudiantes poseen conocimientos previos acerca de la materia**.**

1. ***Relaciona los dispositivos con su funcionamiento (Relé, condensador, diodo, resistencia y led) y (Amplificar, Almacenar, sentido de corriente, oponerse e iluminar)***

Dispositivo / Función	**Relé**	**Condensador**	**Diodo**	**Resistencia**	**Led**
Amplifica	53	14	24	7	0
Almacena	10	76	8	2	2
Sentido	25	4	57	12	0
Oponerse	9	3	12	74	0
Iluminar	2	0	0	0	96



Función / Dispositivo	Amplificar	Almacenar	Sentido	Oponerse	Iluminación
Relé	**54,1%**	10,2%	25,5%	9,18%	2,04%
Condensador	14,2%	**77,5%**	44,44%	3,06%	0%
Diodo	24,4%	8,16%	**58,16%**	12,2%	0%
Resistencia	7,12%	2,04%	12,2%	**75,5%**	0%
Led	0%	2,04%	0%	0%	**97,9%**

Se puede observar 53 estudiantes de 98 (54,1%), lograron identificar que un **relé** es un dispositivo que **Amplifica la señal recibida por una señal débil.**

También que 76 estudiante de 98 (77,5%), lograron identificar que un **capacitor** es un dispositivo que **Almacena energía para el arranque.**

Además, que 57 estudiantes de 98 (58,16%) lograron identificar que un **Diodo** es un dispositivo que **Permite la circulación eléctrica en solo un sentido.**

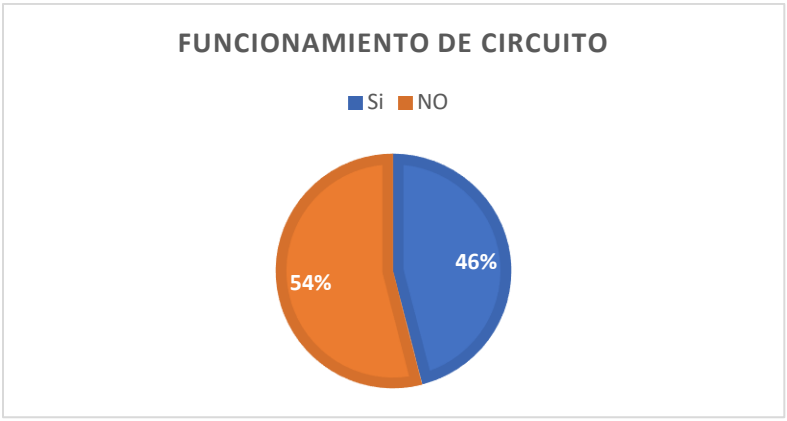
También que 74 estudiantes de 98 (75,5%) lograron identificar que una **resistencia** es un dispositivo que se **Opone al paso de la electricidad.**

Finalmente, que 96 estudiantes de 98 (97,7%) lograron identificar que un **LED** es un dispositivo que **Emite luz cuando la electricidad pasa del ánodo (+) al cátodo (-).**

Se puede decir que la mayoría de los estudiantes logran identificar con facilidad la función del capacitor, la resistencia y el led, pero les cuesta identificar la función del relé y el diodo.

2. ¿Entiende el funcionamiento de un circuito eléctrico?

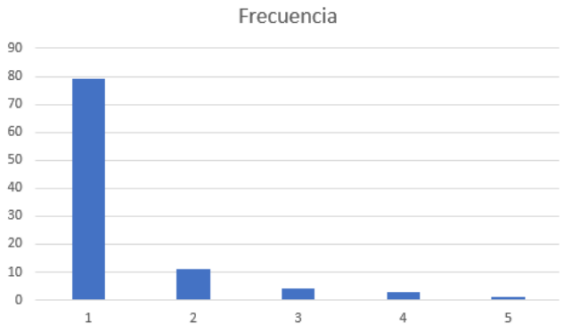
	Si	**No**
Funcionamiento de circuito	45	53



45 estudiantes de 98 (46%) entienden el funcionamiento de un circuito eléctrico.

3. ¿Con que frecuencia ha realizado el montaje de un circuito en una protoboard?

	1 vez	**2 veces**	**3 veces**	**4 veces**	**Más**
Frecuencia	79	11	4	3	1



Se puede observar que 79 estudiantes de 98 (80.6%) No han realizado o tienen muy poca experiencia en el montaje de circuitos eléctricos. también que 11 de 98 estudiantes (11,22%) tienen una leve experiencia con montaje de circuitos, también que 4 estudiantes de 98 (4,08%) han tenido una mediana experiencia en el montaje de circuitos eléctricos, posteriormente 3 estudiantes de 98 (3.06%) han tenido experiencia con el montaje de circuitos eléctricos y únicamente un estudiante (1,02%) tiene una gran experiencia en el montaje de circuitos eléctricos.

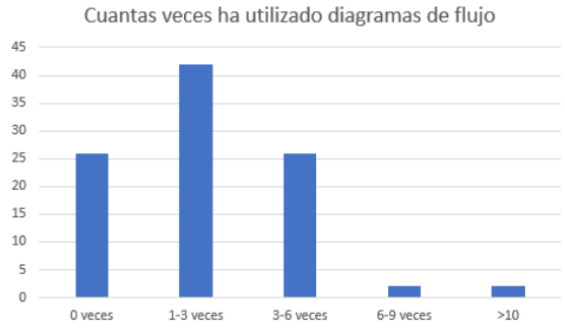
4. ¿Entiende el concepto de un diagrama de flujo?

	Si	***No***
Entiende diagramas de flujo	***57***	***41***

Se puede observar que 57 estudiantes de 98 (58,16%) si entienden el concepto de diagrama de flujo y 41 estudiantes de 98 (41,83%) no entienden el concepto de diagrama de flujo.

5. ¿Cuántas veces ha utilizado diagramas de flujo para describir una secuencia de pasos?

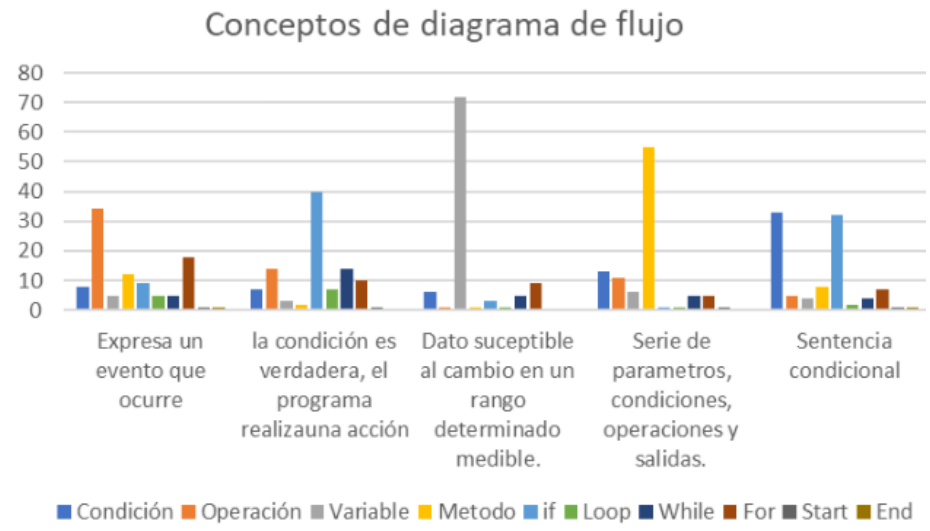
	0 veces	***1-3 veces***	***3-6 veces***	***6-9 veces***	***>10***
Cuantas veces ha realizado diagrama de flujos	***26***	***42***	***26***	***2***	***2***

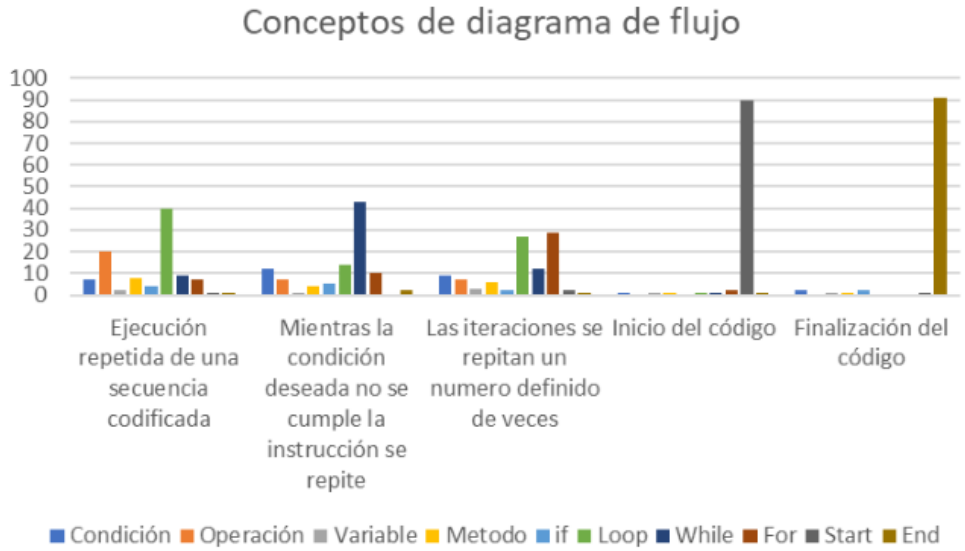


Se puede observar que 26 estudiantes de 98 (26,53%) no han utilizado diagramas de flujo para describir una secuencia de pasos. también que 42 de 98 estudiantes (42,85%) han utilizado entre 1-3 veces el diagrama de flujo para describir una secuencia de pasos, también que 26 estudiantes de 98 (26,53%) han utilizado entre 3-6 veces el diagrama de uso para describir una secuencia de pasos, posteriormente 2 estudiantes de 98 (2,04%) han utilizado entre 6-9 veces el diagrama de flujo para describir una secuencia de pasos y únicamente 2 estudiantes (2,04%) han utilizado más de 10 veces el diagrama de flujo para describir una secuencia de pasos.

6. Relaciona conceptos del diagrama de flujo con su descripción.

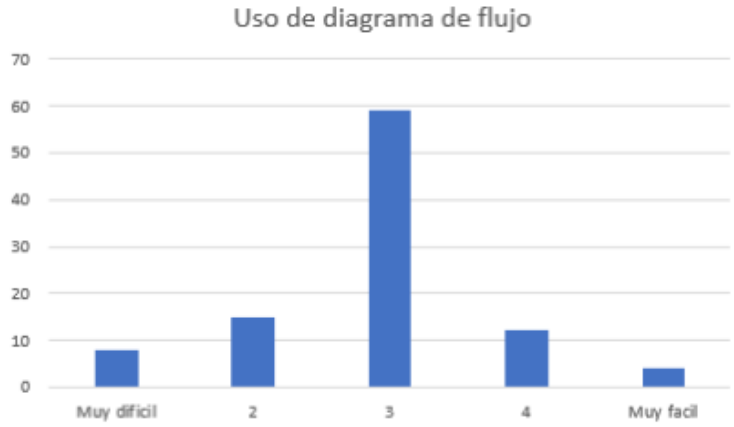
	Condición	Operación	Variable	Metodo	if	Loop	While	For	Start	End
Expresa un evento que ocurre	8	34	5	12	9	5	5	18	1	1
la condición es verdadera, el programa realizauna acción	7	14	3	2	40	7	14	10	1	0
Dato suceptible al cambio en un rango determinado medible.	6	1	72	1	3	1	5	9	0	0
Serie de parametros, condiciones, operaciones y salidas.	13	11	6	55	1	1	5	5	1	0
Sentencia condicional	33	5	4	8	32	2	4	7	1	1
Ejecución repetida de una secuencia codificada	7	20	2	8	4	40	9	7	1	1
Mientras la condición deseada no se cumple la instrucción se repite	12	7	1	4	5	14	43	10	0	2
Las iteraciones se repitan un numero definido de veces	9	7	3	6	2	27	12	29	2	1
Inicio del código	1	0	1	1	0	1	1	2	90	1
Finalización del código	2	0	1	1	2	0	0	0	1	91





7. ¿El uso de los diagramas de flujo le parece? muy difícil o fácil?

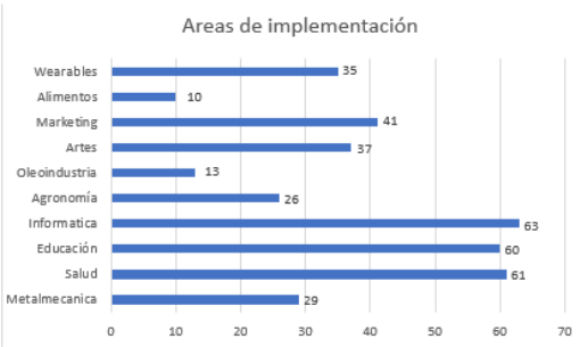
	Muy Difícil	***Difícil***	***Normal***	***Fácil***	***Muy Fácil***
Uso del diagrama de flujo	***8***	***15***	***59***	***12***	***4***



Se puede observar que 8 estudiantes de 98 (8,16%) consideran el uso de diagramas de flujo les parece muy difícil. también que 15 de 98 estudiantes (15,30%) dicen que el uso de diagramas de flujo es difícil, también que 59 estudiantes de 98 (60,20%) consideran que el uso de diagramas de flujo es normal, posteriormente 12 estudiantes de 98 (12,24%) consideran que el uso de diagramas de flujo es fácil y únicamente 4 estudiantes (4,08cosideran que el uso de diagramas de flujo es muyfacil.

8. ¿En qué áreas esperaría implementar el conocimiento en diseño mecatrónico para su futuro profesional?

Areas de implementación	
Metalmecanica	29
Salud	61
Educación	60
Informatica	63
Agronomía	26
Oleoindustria	13
Artes	37
Marketing	41
Alimentos	10
Wearables	35

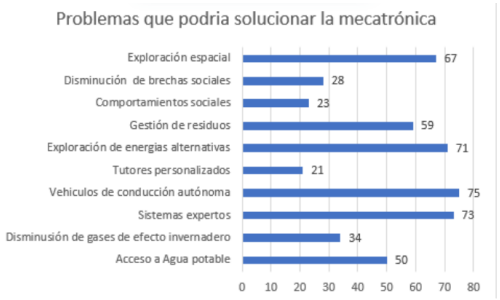


9. ¿Por qué considera que un Diseñador Industrial necesita este conocimiento?

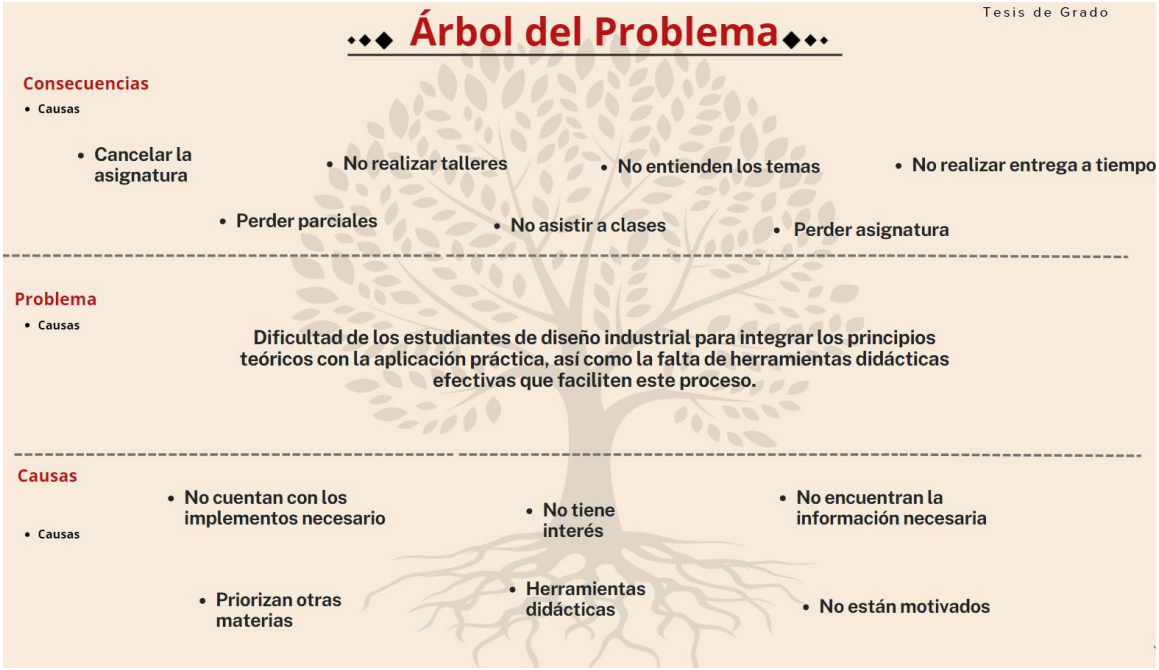
Necesidad de este conocimiento	
Comprender cómo solucionar requerimientos complejos	64
Interpretar las necesidades Técnicas de un sistema	67
Ofrecer soluciones radicales e innovadoras	66
Trabajar en equiposmultidisciplinario	72
Ayudar al usuario a simplificar eincluso disfrutar su interacción	63

10. ¿Qué problemas podría solucionar la intervención de la mecánica, la electrónica y el control?

Problemas que podria solucionar lamecatronica	
Acceso a Agua potable	50
Disminusión de gases de efecto invernadero	34
Sistemas expertos	73
Vehiculos de conducción autónoma	75
Tutores personalizados	21
Exploración de energias alternativas	71
Gestión de residuos	59
Comportamientos sociales	23
Disminución de brechas sociales	28
Exploración espacial	67



Apéndice 8: *Árbol del problema.*



Apéndice 9: *lista de proyectos integrados (2019-2023).*

Proyectos	Semestre	Grupo	Hombre	Mujer	Proyecto	**Problema**	Nivel desarrollo
1	2019-1	Alba-Diego	1	1	Packman + tapas	Reciclaje	Prototipo
2	2019-1	Camilo-Angela	1	1	Golpeador-contador	Estres	Modelo Funcional
3	2019-1	Daniela-Anderson-Diana-Hector	2	2	Eco-garra	Reciclaje	Modelo formal
4	2019-1	Diana-Daniel	1	1	Barney	Alcoholismo	Modelo Funcional
5	2019-1	Dayana-Diego	1	1	Cerdo DICE	Reciclaje	Modelo formal
6	2019-1	Brenedi-Jenifer	1	1	Packman - hojas	Reciclaje	Diseño conceptual
7	2019-1	Keyla-Silvia		2	Disfunción Erectil-Colillas	Tabaquismo	Modelo Funcional
8	2019-1	Ma-Paula-Ximena		2	La lechuza	Ruido	Modelo Funcional
9	2019-1	Andrea-natalia		2	Botellero-caneca	Reciclaje	Diseño conceptual
10	2019-2	Silvia-Karen		2	Cabina feliz	Estres	Diseño conceptual
11	2019-2	Oscar-Jorge	2		Rana	Autocuidado	Modelo Funcional
12	2019-2	Lady-Natalia		2	Masaje-cuello	Estres	Diseño conceptual
13	2019-2	Geraldine-Leonardo	1	1	Recolector colillas	Tabaquismo	Modelo formal
14	2019-2	Santiago-Mauricio	2		Recolector heces	Mascotas	Diseño conceptual
15	2019-2	Juliana-Kehily		2	Simón	Juguete educativo	Modelo Funcional
16	2019-2	Ma-Paula-Manuel	1	1	Tinto+futbol	Reciclaje	Diseño conceptual
17	2019-2	Carlos-Jessica	1	1	Alimentador mascotas	Mascotas	Modelo formal
18	2019-2	Valentina-Felipe	1	1	Candado ciclas	Cuidado vial	Diseño conceptual
19	2019-2	Irania-Angie		2	Triturador hojas	Reciclaje	Modelo formal
20	2019-2	Ma fernanda - Diana		2	Ruido	Ruido	Diseño conceptual
21	2019-2	Laura - Fabian	1	1	Silla Masaje	Estres	Diseño conceptual
22	2019-2	Ma Alejandra - Jhon	1	1	Tabaquismo	Tabaquismo	Diseño conceptual

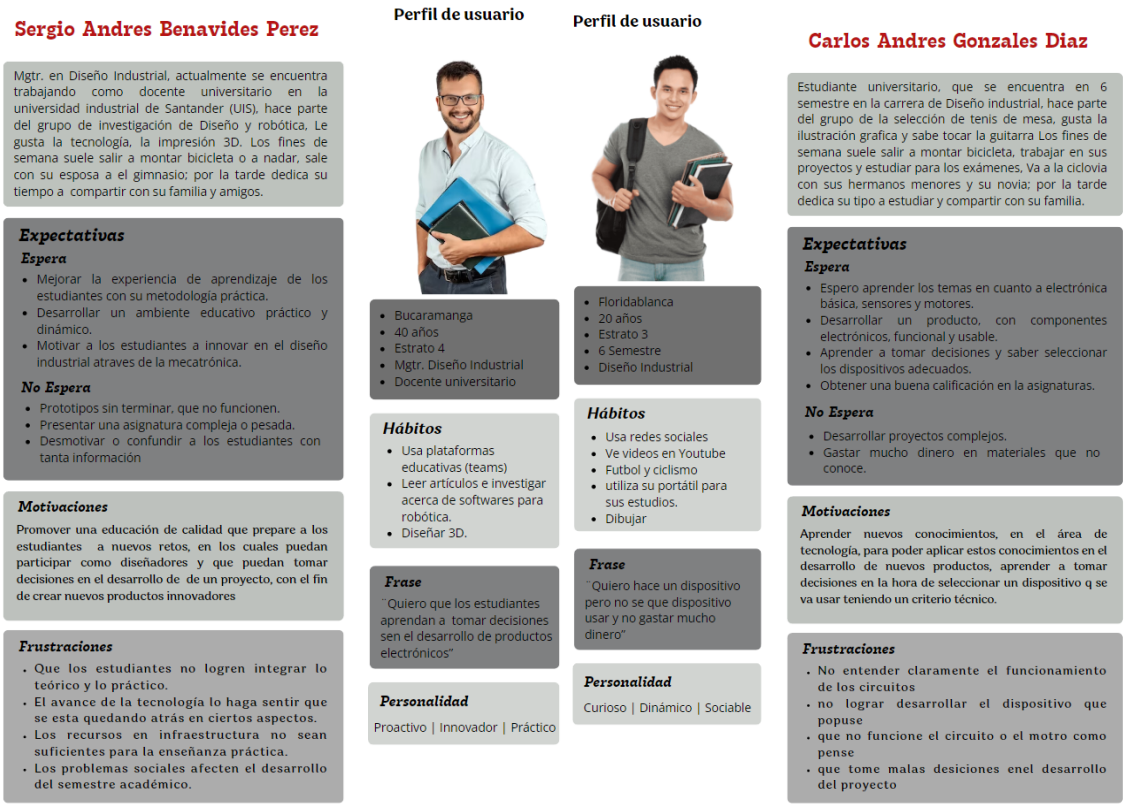
23	2019-2	Alexandra - Camilo	1	1	Contenedor celular	Distracción	Diseño conceptual
24	2019-2	Jessenia-Ricardo	1	1	Dispensador jabón	Autocuidado	Diseño conceptual
25	2020-1	Bryan-Ma Paula	1	1	Palanca estres	Estres	Modelo formal
26	2020-1	Sergio	1		Dispensador tapabocas	Autocuidado	Modelo Funcional
27	2020-1	Mario	1		Hidra-Agua	Autocuidado	Modelo Funcional
28	2020-1	Jhoan - Diego	2		Pausas activas	Autocuidado	Diseño conceptual
29	2020-1	Maira - Diana		2	Multiplicar niños	Juguete educativo	Modelo Funcional
30	2020-1	Laura - Jesus	1	1	Golpeador estres	Estres	Modelo formal
31	2020-1	Silvia-Luz-Claudia		3	Despertador-Baskets	Organización tiempo	Prototipo
32	2020-1	Ma fernanda - Andrea		2	Dispensador gel	Autocuidado	Diseño conceptual
33	2020-1	Alejandra		1	Lavarse las manos	Autocuidado	Diseño conceptual
34	2020-2	Laura-Andres-Sebastian	2	1	Chaquetas ciclistas	Cuidado vial	Modelo formal
35	2020-2	Silvia-Cristian	1	1	Dispensador gel	Autocuidado	Modelo Funcional
36	2020-2	Julissa - Sergio	1	1	Carro Bluetooth	Ocio	Modelo Funcional
37	2020-2	Marbelle		1	Reciclaje	Reciclaje	Diseño conceptual
38	2020-2	Yaira-Angela-Antonio	1	2	Reciclaje	Reciclaje	Modelo Funcional
39	2020-2	Daniela - Natalia		3	Sensor Baby	Cuidado niños	Modelo Funcional
40	2020-2	Laura - Diego	1	1	Pomodoro	Organización tiempo	Prototipo
41	2020-2	JOse - Valeria	1	1	Riego Plantas	Cuidado plantas	Modelo Funcional
42	2020-2	Angie - Sharon		2	Organización tareas hogar	Cuidado hogar	Modelo formal
43	2020-2	Genny - Ma Alejandra		2	Ahorro	Ahorro	Diseño conceptual
44	2020-2	Jenny - Laura - Mafe		3	Casco Daf Punk	Ocio	Modelo formal
45	2020-2	Erika - Darlin		2	Simón	Juguete educativo	Modelo Funcional
46	2020-2	Ana Ma - Camilo	1	1	Alimentadog	Mascotas	Prototipo

47	2020-2	Dannyela		1	Estres trabajo	Estres	Prototipo
48	2021-1	Geimy - Pablo	1	1	Bebedero gatos	Mascotas	Modelo Funcional
49	2021-1	Carmen - Daniela		2	Sensor cajones	Cuidado niños	Modelo Funcional
50	2021-1	Laura - Gimena		2	Juguete ovni matemática	Juguete educativo	Prototipo
51	2021-1	Darly - Alejandra		2	Cuidado plantas	Cuidado plantas	Prototipo
52	2021-1	Laura - Estefanía		2	Vocably	Juguete educativo	Prototipo
53	2021-1	Gerardo -Julian	2		Contador personas	Autocuidado	Modelo Funcional
54	2021-1	Astrid - Silvia-Andrea		3	Ajedrez	Ocio	Prototipo
55	2021-1	Andres-Axel	2		Alarma - herramienta	Autocuidado	Modelo Funcional
56	2021-1	Daniel - Luis Carlos	2		Señalética silla ruedas	Cuidado vial	Modelo Funcional
57	2021-1	Miguel-Diego-Silvia-María	2	2	Pomodoro cargador	Organización tiempo	Prototipo
58	2021-1	Ma cecilia - Angie Yurley		2	Distanciamiento niños	Cuidado niños	Modelo Funcional
59	2021-2	Fabian - Lina	1	1	Soporte glucómetro	Autocuidado	Prototipo
60	2021-2	Natalia - Jefred - Karen - Ana	1	3	Higiene sueño	Organización tiempo	Modelo Funcional
61	2021-2	Jharyts - Ana Camila		2	Fatiga visual	Autocuidado	Modelo Funcional
62	2021-2	Claudeth - Jorge	1	1	LLaves extraviadas	Cuidado hogar	Diseño conceptual
63	2021-2	Juan - Robinson - Ana	2	1	Pildoras Ancianos	Discapacitados	Modelo Funcional
64	2021-2	Liz - Nixon	1	1	Mascotas app comida	Mascotas	Diseño conceptual
65	2021-2	Ma Luisa - Nelson - Nicolás	1	2	Entrada mascotas	Mascotas	Modelo Funcional
66	2021-2	Angel - Julio	2		Reciclaje panel solar	Reciclaje	Prototipo
67	2021-2	Daniela - Esteban	1	1	Espichar botella	Reciclaje	Diseño conceptual
68	2021-2	Esteban joven - Jesus	2		Luces Bicicleta	Cuidado vial	Prototipo
69	2021-2	Miguel	1		Vaporizador canabis	Tabaquismo	Modelo Funcional
70	2021-2	Jesus - Karen	1	1	Dispensador agua	Autocuidado	Diseño conceptual
71	2021-2	Sergio	1		Alcancía Mario	Ahorro	Prototipo

72	2021-2	Stephanie		1	Tabaquismo	Tabaquismo	Modelo Funcional
73	2022-1	Margie - Paula - Luis	1	2	Despertador	Organización tiempo	Prototipo
74	2022-1	Jesus - Diego	2		Casco vibrador	Cuidado vial	Prototipo
75	2022-1	Jhan - Laura - Viviana	1	2	Tirador bolas mascotas	Mascotas	Modelo Funcional
76	2022-1	Estefanía		1	Comedor mascotas	Mascotas	Modelo formal
77	2022-1	Luis	1		Llavero antipérdida	Cuidado hogar	Diseño conceptual
78	2022-1	Jesus - Catalina	1	1	Ahorro Dice	Ahorro	Prototipo
79	2022-1	Nikol	1		Ahorro papel higiénico	Cuidado hogar	Modelo Funcional
80	2022-1	Stefany - Slendy		2	Dispensadores dulces + matemáticas	Juguete educativo	Prototipo
81	2022-1	Jennifer - Sergio	1	1	Corrección posturas	Autocuidado	Modelo Funcional
82	2022-1	Andres-Angelica	1	1	Dejar llaves peso	Cuidado hogar	Modelo Funcional
83	2022-1	Salvador - Daniela	1	1	Matera movil por luz	Cuidado plantas	Prototipo
84	2022-1	Ma Paula - Miguel	1	1	Agua hogar	Autocuidado	Modelo Funcional
85	2022-1	Silvia - Johan	1	1	Juego Preguntas Diseño	Reciclaje	Diseño conceptual
86	2022-1	Lizbeth - Michel	1	1	CNC alambre	Producción artesanal	Modelo Funcional
87	2022-2	Mariana		1	Carro Bluetooth + cámara	Exploración	Prototipo
88	2022-2	Ma Alejandra - Rossana		2	Tono Cantantes coro	Afinación	Modelo Funcional
89	2022-2	Mora - Darling - Jonathan	2	1	Laberinto	Estres	Modelo Funcional
90	2022-2	Jose-Natalia-Maria	2	1	Celurar	Distracción	Diseño conceptual
91	2022-2	Beatriz - Marcela		2	Bebedero mascotas	Mascotas	Diseño conceptual
92	2022-2	María Alejandra - Karen		2	Miniinvernadero	Cuidado plantas	Diseño conceptual
93	2022-2	Samuel - Marlon - Juan Pablo	3		Ruido	Ruido	Diseño conceptual
94	2022-2	Camila - Andrea		2	Asistencia Ciegos	Discapacitados	Prototipo
95	2022-2	Karen - David - Duvan	2	1	Asistencia socialización	Socialización	Diseño conceptual

96	2022-2	Esmeralda-Camilo-Ma Alejandra	1	2	Mapa UIS	Exploración	Diseño conceptual
97	2023-1	Daniela - David	1	1	Ahorro	Ahorro	Modelo Funcional
98	2023-1	Laura - Thalia		2	Aprendizaje francés	Juguete educativo	Diseño conceptual
99	2023-1	Luis - Nube	1	1	Juguete lavar dientes	Juguete educativo	Modelo formal
100	2023-1	Santiago - Paula - María	1	2	Habito Lectura niños	Juguete educativo	Diseño conceptual
101	2023-1	Valería - Laura		2	Organizar juguetes	Juguete educativo	Modelo formal
102	2023-1	Hernan-Esteban	2		Ventilador hortalizas	Cuidado plantas	Modelo Funcional
103	2023-1	Silvia - Edgar - Jennifer	1	2	Reductor estres ratón	Estres	Modelo formal
104	2023-1	Kevin - Natalia	1	1	Pausas activas	Organización tiempo	Diseño conceptual
105	2023-1	Laura - Andrés	1	1	Aplastar Topo salas espera	Ocio	Modelo formal
106	2023-1	Luna - Lina		2	Estres mediante color y sonido	Estres	Prototipo
107	2023-2	Andrea-Diego	1	1	Ruido biblioteca	Ruido	Diseño conceptual
108	2023-2	Camilo-Miguel	2		Comida Mascotas	Mascotas	Modelo Funcional
109	2023-2	Jhonier - Alexandre	2		Mala copa	Alcoholismo	Modelo Funcional
110	2023-2	Paula - Gabriela		2	Despertador chistes	Organización tiempo	Modelo Funcional
111	2023-2	Victor - Dubian	2		Despertador corredor	Organización tiempo	Prototipo

Apéndice 10: *Usuarios Arquetipo.*



Apéndice 11: *Manual de construcción de estación meteorológica.*

Se puede revisar el manual aquí: Documentos Tesis\Cartilla - Estación Meteorológica.pdf

Apéndice 12: *Manual de construcción de Brazo robótico.*

Se puede revisar el manual aquí: Documentos Tesis\Cartilla - Brazo Robótico.pdf

Apéndice 13: *Manual teórico del banco de sensores y motores.*

Se puede revisar el manual aquí Documentos Tesis\(Teoría) Cartilla - DEV MAS.pdf

Apéndice 14: *Manual práctico del banco de sensores y motores.*

Se puede revisar el manual aquí:

Apéndice 15: *Archivo de los tres empaques desarrollados.*

Se pueden revisar los archivos aquí: Documentos Tesis\Desarrollo caja grande.pdf.pdf

Se pueden revisar los archivos aquí: Documentos Tesis\Desarrollo caja estación y brazo.pdf

Apéndice 16: *Archivo en tamaño real de piezas de estación meteorológica, barco robótico y banco de sensores motores y actuadores.*

Se pueden revisar los archivos aquí:

Documentos Tesis\Piezas corte banco de sensores.pdf

Documentos Tesis\Piezas corte de Brazo robótico.pdf

Documentos Tesis\Piezas corte de Estacion Meteorologica.pdf

Apéndice 17. *Consentimiento informado.*

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
FUNDAMENTOS DE DISEÑO MECATRÓNICO

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL FOCUS G EN TORNO AL TRABAJO DE GRADO : DISEÑO Y DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DIDÁCTICAS PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE DE ESTUDIANTES DE DISEÑO INDUSTRIAL EN LA MATERIA FUNDAMENTOS DE DISEÑO MECATRÓNICO.

Yo, _____. Mayor de edad identificado con C.C. _____ por medio del presente escrito de manera libre, consiente y voluntaria **AUTORIZO** al estudiante de **DISEÑO INDUSTRIAL** de la Universidad Industrial de Santander **SERGIO FABIAN GARCIA BENAVIDES** identificado con C.C. 1098781456; la toma de datos, fotografías y registros de voz respecto a mi participación en la etapa de validación y recolección de datos derivados del focus group, con fines académicos e investigativos para el **TRABAJO DE GRADO** del mencionado estudiante.

Una vez explicados los procedimientos y los objetivos de la actividad a realizar y de las etapas de mi participación de forma verbal y escrita, se me dio el espacio para formular preguntas e inquietudes las cuales han sido resueltas de manera completa y satisfactoria. Declaro que se me ha informado detalladamente sobre los posibles beneficios de mi participación en el proyecto; así como que no presentaré riesgos derivados de esta intervención y que se me ha asegurado la protección de mi información personal, dejando en anonimato para garantizar la confidencialidad.

El estudiante responsable del focus group, se compromete a responder cualquier pregunta que me surja en todo momento de las validaciones, dándome total libertad para rehusarme a realizar una acción que no sea de mi agrado y de abandonar la actividad si así lo deseo.

Se me informó que mi participación en las pruebas no tendrá costo alguno. Así mismo, para estudios o pruebas futuras, autorizo dar mi numero de contacto para establecer comunicación y poder confirmar o denegar mi participación en futuras investigaciones; así como recibir actualizaciones del desarrollo de la presente investigación que se derivan de mi participación el día de hoy.

De esta forma, he leído el presente documento de consentimiento y acepto participar en esta actividad, con fines investigativos, según con las condiciones establecidas anteriormente.

Firma _____
C.C. _____
Cel: _____
Fecha: _____

Apéndice 18. *Encuesta SUS de la estación meteorológica*

Se puede revisar el documento aquí: Documentos Tesis\Encuesta SUS Estación Meteorológica.pdf

Apéndice 19. *Resultados encuesta SUS de la estación meteorológica.*

Encuesta SUS estación meteorológica		Grupos					
		1	2	3	4	5	6
Preguntas	1	4	3	5	4	5	4
	2	3	2	1	1	1	1
	3	5	4	4	4	5	5
	4	1	4	1	2	1	2
	5	4	4	5	4	5	5
	6	2	3	1	2	1	2
	7	5	3	5	4	4	5
	8	1	2	1	2	1	2
	9	4	4	5	4	5	5
	10	2	2	1	1	1	2

Conversión SUS estación meteorológica		Grupos					
		1	2	3	4	5	6
Preguntas	1	3	2	4	3	4	3
	2	2	3	4	4	4	4
	3	4	3	3	3	4	4
	4	4	1	4	3	4	3
	5	3	3	4	3	4	4
	6	3	2	4	2	4	3
	7	4	2	4	3	3	4
	8	4	3	4	3	4	3
	9	3	3	4	3	4	4
	10	3	3	4	4	4	3
Total		33	25	39	31	39	35
Total x 2.5		82,5	62,5	97,5	77,5	97,5	87,5
Promedio		84,17					

Apéndice 20. *Encuesta SUS del brazo robótico.*

Se puede revisar el documento aquí: Documentos Tesis\Encuesta SUS Brazo robótico.pdf

Apéndice 21. *Resultados encuesta SUS del brazo robótico.*

Encuesta SUS Brazo Rootico		Grupos					
		1	2	3	4	5	6
Preguntas	1	4	5	4	5	4	4
	2	2	2	1	1	1	2
	3	4	5	5	4	5	5
	4	3	2	2	1	1	1
	5	4	5	5	5	5	5
	6	1	1	1	1	1	1
	7	4	5	5	4	5	4
	8	2	2	1	2	1	2
	9	3	4	5	4	5	5
	10	2	2	2	1	1	2

Conversión SUS Brazo robótico		Grupos					
		1	2	3	4	5	6
Preguntas	1	3	4	3	4	3	3
	2	3	3	4	4	4	3
	3	3	4	4	3	4	4
	4	2	3	3	4	4	4
	5	3	4	4	4	4	4
	6	4	4	4	4	4	4
	7	3	4	4	3	4	3
	8	3	3	4	3	4	3
	9	2	3	4	3	4	4
	10	3	3	3	4	4	3
Total		29	35	37	36	39	35
Total x 2.5		72,5	87,5	92,5	90	97,5	87,5
Promedio		87,92					

Apéndice 22. *Encuesta SUS del banco DEVMAS.*

Se puede revisar el documento aquí: Documentos Tesis\Encuesta SUS Banco DEV MAS.pdf

Apéndice 23. *Resultados encuesta SUS del banco DEVMAS.*

Encuesta SUS Banco de sensores, motores y		Estudiante									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Preguntas	1	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5
	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
	3	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5
	4	1	2	1	1	2	4	2	1	2	2
	5	5	4	5	4	4	3	4	4	4	5
	6	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1
	7	3	5	5	5	4	4	4	5	5	4
	8	2	2	1	1	2	3	1	1	2	1
	9	5	4	5	5	3	3	5	5	5	5
	10	1	2	1	1	2	3	2	1	1	1

Conversion SUS Banco de sensores, motores y		Estudiante									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Preguntas	1	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4
	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4
	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4
	4	4	3	4	4	3	3	3	4	3	3
	5	4	3	4	3	3	2	3	3	3	4
	6	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4
	7	2	4	4	4	3	3	3	4	4	3
	8	3	3	4	4	3	2	4	4	3	4
	9	4	3	4	4	2	1	4	4	4	4
	10	4	3	4	4	3	2	3	4	4	4
Total		36	33	40	38	30	28	36	37	37	38
Total x 2,5		90	82,5	100	95	75	70	90	92,5	92,5	95
Promedio		88,25									

Apéndice 24. *Protocolos de validación.*

INDICACIONES PARA LOS PARTICIPANTES DE LA PRUEBA 1
USO DE HERRAMIENTA DIDACTICA DEV MAS PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE DE ESTUDIANTES DE DISEÑO INDUSTRIAL EN LA MATERIA FUNDAMENTOS DE DISEÑO MECATRÓNICO

1. Objetivo

Evaluar la funcionalidad didáctica de un dispositivo que incluye sensores, motores y actuadores, desde la perspectiva docente, Se busca determinar si el dispositivo es una herramienta de enseñanza efectiva para el área de fundamentos de diseño mecatrónico.

2. Seleccion de participantes

Criterios de selección:

- Personas mayores de 18 años, hombres y mujeres que vivan en el área metropolitana de Bucaramanga y sus alrededores.
- Docentes de la universidad industrial de Santander, de la facultad de ingeniería físico - mecánicas.
- Los participantes deben tener experiencia y conocimientos sólidos en diseño industrial y electrónica, idealmente con experiencia en la enseñanza de estas disciplinas.
- Manejar diferentes enfoques pedagógicos y experiencias con distintas herramientas de enseñanza.
- los participantes estén disponibles para la fecha y el tiempo del focus group.

3. Información para la prueba

El estudio consiste en una serie de preguntas diseñadas para generar una discusión sobre la funcionalidad del dispositivo DEV MAS como herramienta de enseñanza. Los docentes deberán responder a las preguntas en un tiempo determinado, contando para ello con el dispositivo DEV MAS, cartillas con contenido teórico y práctico, y un computador con acceso al software de Arduino.

Antes de comenzar el focus group, se les explicará a los docentes el objetivo de la actividad y el contexto de la aplicación. También responderán preguntas introductorias, como: **¿Qué métodos de enseñanza utilizan en sus clases? ¿Han usado dispositivos para enseñar estos temas antes?** Además, se les proporcionará información sobre el consentimiento informado, que deberán firmar antes de iniciar el focus group

4. Preparación

Prepara el dispositivo DEV MAS, las cartillas, el computador con acceso a internet; Tener listo el espacio para el focus group, asegurando que sea cómodo y adecuado para la discusión y contar con los materiales necesarios para registrar las respuestas (grabadora, anotaciones).

5. Moderador

- El moderador debe dirigir la conversación de manera neutral, permitiendo que todos los participantes expresen sus opiniones.
- Estar atento a los temas recurrentes y profundizar cuando sea necesario.
- Asegurarse de que todos los participantes tengan la oportunidad de hablar y se sientan escuchados.

6. Desarrollo

Parte 1 - Introducción y presentación.

- Dar la bienvenida a los participantes y agradecer su participación.
- Explicar el propósito del focus group.
- Presentar el dispositivo y su funcionalidad didáctica.
- Informar a los participantes que sus opiniones son importantes y serán confidenciales

Parte 2 - Discusión

Después de que los docentes vean la funcionalidad del dispositivo y se realice la explicación, tendrán unos segundos para interactuar con el, posterior a ello, se le realizaran varias preguntas abiertas y enfocadas en la funcionalidad didáctica del dispositivo:

Sobre la Usabilidad del Dispositivo:

1. ¿Qué tan intuitivo les parece el uso del dispositivo DEV MAS?
2. ¿Qué desafíos enfrentaron al usar el dispositivo por primera vez?
3. ¿El dispositivo incluye características que faciliten la enseñanza y el aprendizaje?

Sobre la Efectividad Didáctica:

1. ¿Cómo se integra el dispositivo DEV MAS en su plan de estudios actual?
2. ¿Qué tipo de actividades de enseñanza creen que se beneficiarían más de este dispositivo?
3. ¿Cómo impacta el uso de este dispositivo en la participación y motivación de los estudiantes?

Sobre el Contenido Teórico y Práctico:

1. ¿Las cartillas con contenido teórico y práctico son claras y comprensibles?
2. ¿El contenido cubre los conceptos clave necesarios para la enseñanza de los sensores, motores y actuadores?
3. ¿Sienten que el contenido es adecuado para diferentes niveles de estudiantes?

Sobre la Adaptación y Personalización:

1. ¿El dispositivo es flexible para adaptarse a diferentes niveles de habilidad de los estudiantes?
2. ¿Qué tipo de ajustes o personalizaciones creen que serían útiles para mejorar el uso del dispositivo?

Sobre la Comparación con Otros Recursos Didácticos:

1. ¿Cómo comparan el dispositivo DEV MAS con otros recursos didácticos similares?
2. ¿Qué ventajas y desventajas ven en el dispositivo en comparación con otros métodos de enseñanza?

Sobre Sugerencias para Mejorar:

1. ¿Qué mejoras sugieren para aumentar la eficacia del dispositivo como herramienta de enseñanza?
2. ¿Qué funciones adicionales creen que serían útiles para incluir en el dispositivo?

7. Cierre

- Agradecer a los participantes por su tiempo y opiniones.
- Hacer un resumen de las ideas clave discutidas durante el focus group.

Luego de la conversación, se dará fin al estudio y se le entregará una compensación a modo de refrigerio, en gratitud por su participación.

INDICACIONES PARA LOS PARTICIPANTES DE LA PRUEBA 2

USO DE HERRAMIENTA DIDACTICA DEV MAS PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE DE ESTUDIANTES DE DISEÑO INDUSTRIAL EN LA MATERIA FUNDAMENTOS DE DISEÑO MECATRÓNICO

1. Objetivo

Validar la presencia de ganancia de Aprendizaje lograda con la implementación de las herramientas en un entorno educativo, evaluando su impacto en los estudiantes con Kits didácticos, por medio de herramientas de observación y auto reportes.

2. Seleccion de participantes

Criterios de selección:

- Personas mayores de 18 años, hombres y mujeres que vivan en el área metropolitana de Bucaramanga y sus alrededores.
- Estudiantes de la universidad industrial de Santander, de la facultad de ingeniería físico - mecánicas. de preferencia de la escuela de Diseño Industrial.
- Los participantes deben tener experiencia y conocimientos sólidos en diseño industrial y electrónica, con experiencia de desarrollo de proyectos preferiblemente con aplicación de electrónica.
- los participantes estén disponibles para la fecha y el tiempo de la actividad

3. Información para la prueba

El estudio consiste en el desarrollo de un robot, utilizando componentes físicos y electrónicos. Los pasos a seguir están expuestos en una cartilla física o en contenido virtual en Genially, los cuales el estudiante deberá desarrollar en un tiempo determinado. Para ello, los estudiantes contarán con un kit de robot (ya sea una estación meteorológica o un brazo robótico), una cartilla con contenido teórico y práctico, y un computador con acceso al software de ArduinoBlocks.

Antes de iniciar la prueba, se le explicará el objetivo de esta y el contexto de la aplicación, respondiendo preguntas como: ¿Ya ha utilizado dispositivos electrónicos?¿ha construido robots de enseñanza didácticos? Además, se le proporcionarán todos los pasos a seguir para construir cada robot, se le solicita que en cada etapa, llame al estudiante encargado para verificar el cumplimiento de la etapa , así como una explicación detallada sobre el consentimiento informado y su firma.

4. Preparación

Prepara los kit didácticos (estación meteorológica o brazo robótico), sus respectivas cartillas, el computador con acceso a internet; Tener listo el espacio para las actividades, asegurando que sea cómodo y adecuado para su desarrollo y contar con los materiales necesarios para registrar las respuestas (grabadora, cronometro, anotaciones y encuestas).

5. Desarrollo

Parte 1 - Introducción y presentación.

- Dar la bienvenida a los participantes y agradecer su participación.
- Explicar el propósito de la actividad.
- Presentar los kits didácticos y su funcionalidad didáctica.
- Informar a los participantes que sus opiniones son importantes y serán confidenciales

Parte 2 Con el Kit didáctico

Después de la explicación inicial, se entregará a los estudiantes un kit que consta de dos componentes. El primer componente es una cartilla, que contiene toda la información teórica y los pasos para construir el circuito, programar el robot y ensamblar la estructura.

El segundo componente incluye los elementos físicos, que comprenden componentes electrónicos y piezas estructurales del robot. Los estudiantes usarán estos materiales para completar el proyecto.

Se dará a los estudiantes tiempo para familiarizarse con el kit y hacer preguntas sobre su funcionamiento si las tienen. A continuación, se les pedirá que construyan el robot siguiendo las instrucciones de la cartilla.

Los estudiantes deberán seguir tres pasos:

- Construir el circuito.
- Programar el robot.
- Construir la estructura.

Se registrará el tiempo que tarda cada estudiante en completar la construcción y programación del robot, así como el número de errores cometidos durante el proceso. Además, se evaluará si el circuito funciona correctamente al final. Los estudiantes deberán notificar a los instructores cada vez que completen una etapa del proyecto..

Parte 3 - Entrevista posterior a su uso

Al finalizar los ejercicios, se le presentará al estudiante una encuesta de satisfacción para conocer su experiencia con el dispositivo, el objetivo es conversar con el evaluador, acerca de su experiencia. Esta sección de la prueba será registrada por grabación de audio y toma de fotografías como evidencia.

6. Cierre

- Agradecer a los participantes por su tiempo y opiniones.
- Hacer un resumen de la experiencia al usar el dispositivo.

Luego de la conversación, se dará fin al estudio y se le entregará una compensación a modo de refrigerio, en gratitud por su participación.

Apéndice 25. *Cuestionario de evaluación (Banco).*

Universidad Indutrial de Santander
Escuela de Diseño Industrial
Fundamentos de Diseño Mecatrónico
Trabajo de Grado

Nombre: Código: Fecha:

¡Hola estudiantes!

Bienvenidos al quiz sobre sensores, motores y actuadores. El objetivo de este breve cuestionario es conocer qué conocimientos previos tienen ustedes sobre estos componentes esenciales en el mundo de la Mecatrónica. consta de 3 partes, responda de manera consiente cada pregunta.

I En esta sección, verán imágenes de diferentes sensores. Su tarea es asociar cada imagen con el nombre correcto del sensor.

A. Motor Paso a Paso

B. Sensor de Fuego

C. Sensor PIR

D. Buzzer

E. Modulo de Reloj

F. Relé

G. Sensor Nivel de agua

H. Motorreductor

i. Sensor de Sonido

J. Sensor humedad y Temperatura

1._____

2._____

3._____

4._____

5._____

6._____

7._____

8._____

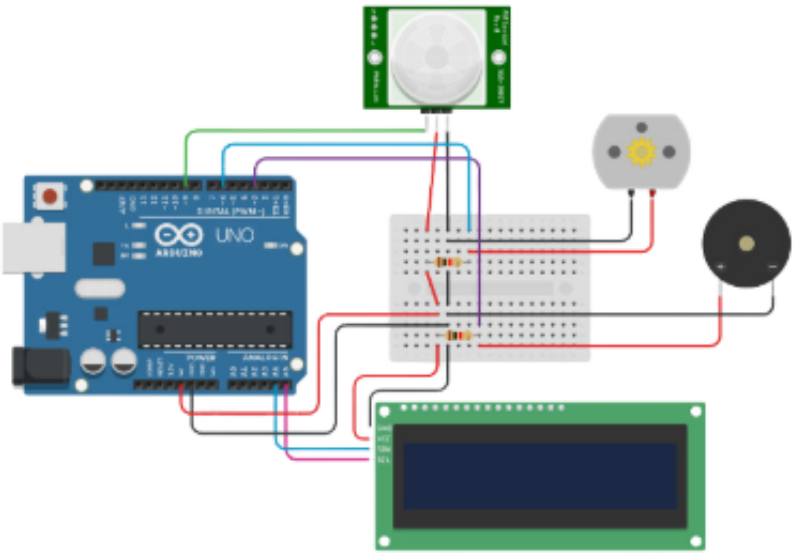
9._____

10._____

2 **En esta sección, se presentarán afirmaciones sobre dispositivos, ya sea un sensor, motor o actuador. Su tarea será determinar si cada afirmación es verdadera o falsa**

Afirmaciones	F o V
Una minimotobomba de 9V es capaz de bombear líquidos a alta presión y caudal de manera eficiente	
El sensor tactil utiliza tecnología capacitiva para detectar la proximidad o el contacto del dedo humano.	
La biblioteca LiquidCrystal_I2C.h es comúnmente utilizada para controlar una pantalla LCD 16x2 que utiliza I2C en Arduino.	
el servo MG995 suele tener una velocidad de rotación más alta que el SG90.	
El sensor de gas MQ7 es capaz de detectar gases como el dióxido de carbono (CO2) y el dióxido de azufre (SO2)	
El sensor de humedad de suelo es adecuado para diferentes tipos de suelo, como arcilla, arena y tierra vegetal.	

3 **Dibuje el diagrama electronico del siguiente circuito**



Buona Fortuna!

Apéndice 26. *Cuestionario de evaluación estación meteorológica.*

Universidad Indutrial de Santander
Escuela de Diseño Industrial
Fundamentos de Diseño Mecatrónico
Trabajo de Grado

Nombre: Código: Fecha:

Cuestionario sobre la Estación meteorológica.

1. **La estación meteorologica me ayudó a comprender los conceptos teóricos de manera práctica.**

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

2. Considero que los componentes de la estación son relevantes para mi aprendizaje en el área.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

3. La estación es útil para desarrollar habilidades aplicables al campo profesional.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

4.La estación presenta una complejidad adecuada para mi nivel de conocimiento.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

5. Las instrucciones proporcionadas para usar la estación fueron claras y suficientes.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

6. Tuve dificultades técnicas para utilizar los componentes de la estación.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

7.Me siento satisfecho con la experiencia de aprendizaje utilizando la estación.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

8.La organización y diseño de la estación facilitaron mi interacción con los componentes.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

9.La experiencia con la estación cumplió mis expectativas iniciales.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

10.Me siento preparado para aplicar los conocimientos adquiridos en proyectos futuros.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

11. La estación me ayudó a ganar confianza en el uso de sensores, motores y actuadores.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

12. Estoy seguro de poder explicar el funcionamiento de la estación a otros.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

Muchas Gracias por participar!!

Apéndice 27. *Cuestionario de evaluación brazo robótico.*

Universidad Indutrial de Santander
Escuela de Diseño Industrial
Fundamentos de Diseño Mecatrónico
Trabajo de Grado

Nombre: Código: Fecha:

Cuestionario sobre el Brazo robótico.

1. **El brazo robótico me ayudó a comprender los conceptos teóricos de manera práctica.**

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

2. **El uso del brazo robótico me ayudó a mejorar mis habilidades prácticas**

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

3. **Considero que el brazo robótico es relevante para mi formación profesional.**

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

4. **Las guías e instrucciones para construir el brazo robótico fueron claras.**

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

5. No encontré dificultades técnicas o funcionales durante el uso del brazo robótico.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

6. El brazo presenta una complejidad adecuada para mi nivel de conocimiento.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

7. Estoy satisfecho con la experiencia de aprendizaje al usar el brazo robótico.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

8. La interacción con el brazo robótico cumplió mis expectativas

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

9.El diseño y la funcionalidad del brazo robótico fueron adecuados para mis necesidades de aprendizaje.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

10.Me siento preparado para aplicar los conocimientos adquiridos en proyectos futuros.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

11. Utilizar el brazo robótico aumentó mi confianza en trabajar con dispositivos similares.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

12. Estoy seguro de poder explicar el funcionamiento de el brazo a otros.

1.Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Neutral | 4. Deacuerdo | 5.Totalmente desacuerdo

Muchas Gracias por participar!!

Apéndice 28. *Cuestionario Focus Group*

Después de que los docentes vean la funcionalidad del dispositivo y se realice la explicación, tendrán unos segundos para interactuar con el, posterior a ello, se le realizaran varias preguntas abiertas y enfocadas en la funcionalidad didáctica del dispositivo:

Sobre la Usabilidad del Dispositivo:

1. ¿Qué tan intuitivo les parece el uso del dispositivo DEV MAS?
2. ¿Qué desafíos enfrentaron al usar el dispositivo por primera vez?
3. ¿El dispositivo incluye características que faciliten la enseñanza y el aprendizaje?

Sobre la Efectividad Didáctica:

1. ¿Cómo se integra el dispositivo DEV MAS en su plan de estudios actual?
2. ¿Qué tipo de actividades de enseñanza creen que se beneficiarían más de este dispositivo?
3. ¿Cómo impacta el uso de este dispositivo en la participación y motivación de los estudiantes?

Sobre el Contenido Teórico y Práctico:

1. ¿Las cartillas con contenido teórico y práctico son claras y comprensibles?
2. ¿El contenido cubre los conceptos clave necesarios para la enseñanza de los sensores, motores y actuadores?
3. ¿Sienten que el contenido es adecuado para diferentes niveles de estudiantes?

Sobre la Adaptación y Personalización:

1. ¿El dispositivo es flexible para adaptarse a diferentes niveles de habilidad de los estudiantes?
2. ¿Qué tipo de ajustes o personalizaciones creen que serían útiles para mejorar el uso del dispositivo?

Sobre la Comparación con Otros Recursos Didácticos:

1. ¿Cómo comparan el dispositivo DEV MAS con otros recursos didácticos similares?
2. ¿Qué ventajas y desventajas ven en el dispositivo en comparación con otros métodos de enseñanza?

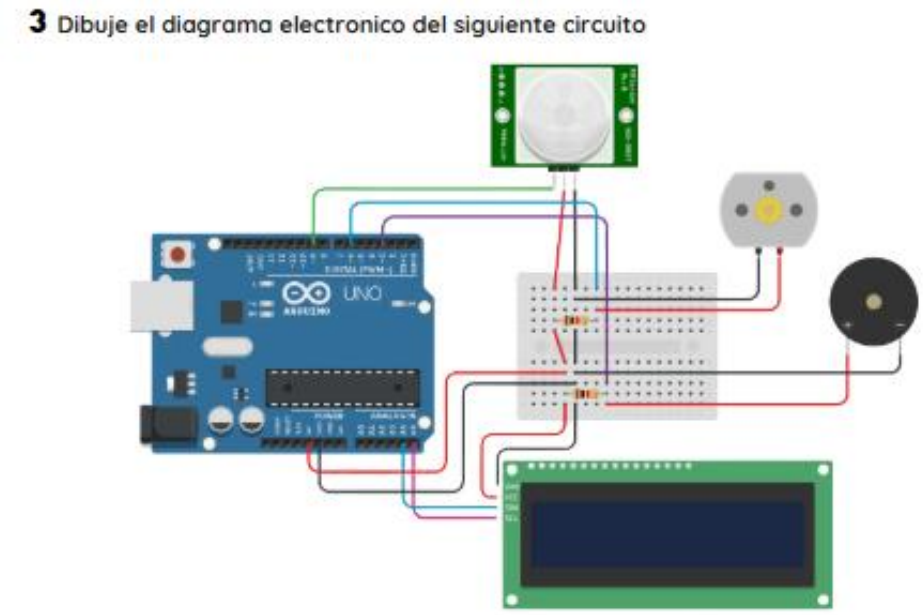
Sobre Sugerencias para Mejorar:

1. ¿Qué mejoras sugieren para aumentar la eficacia del dispositivo como herramienta de enseñanza?
2. ¿Qué funciones adicionales creen que serían útiles para incluir en el dispositivo?

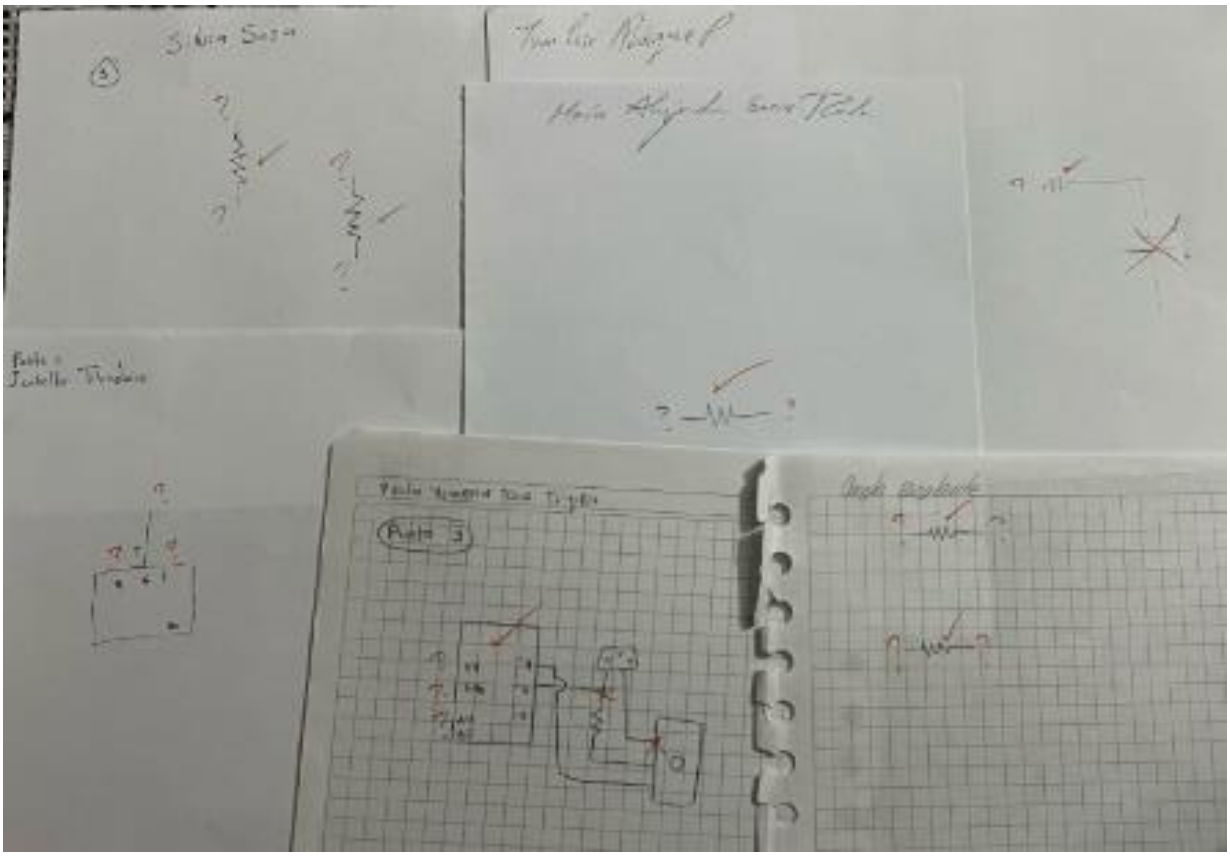
Apéndice 29. *Resultados de validaciones*.

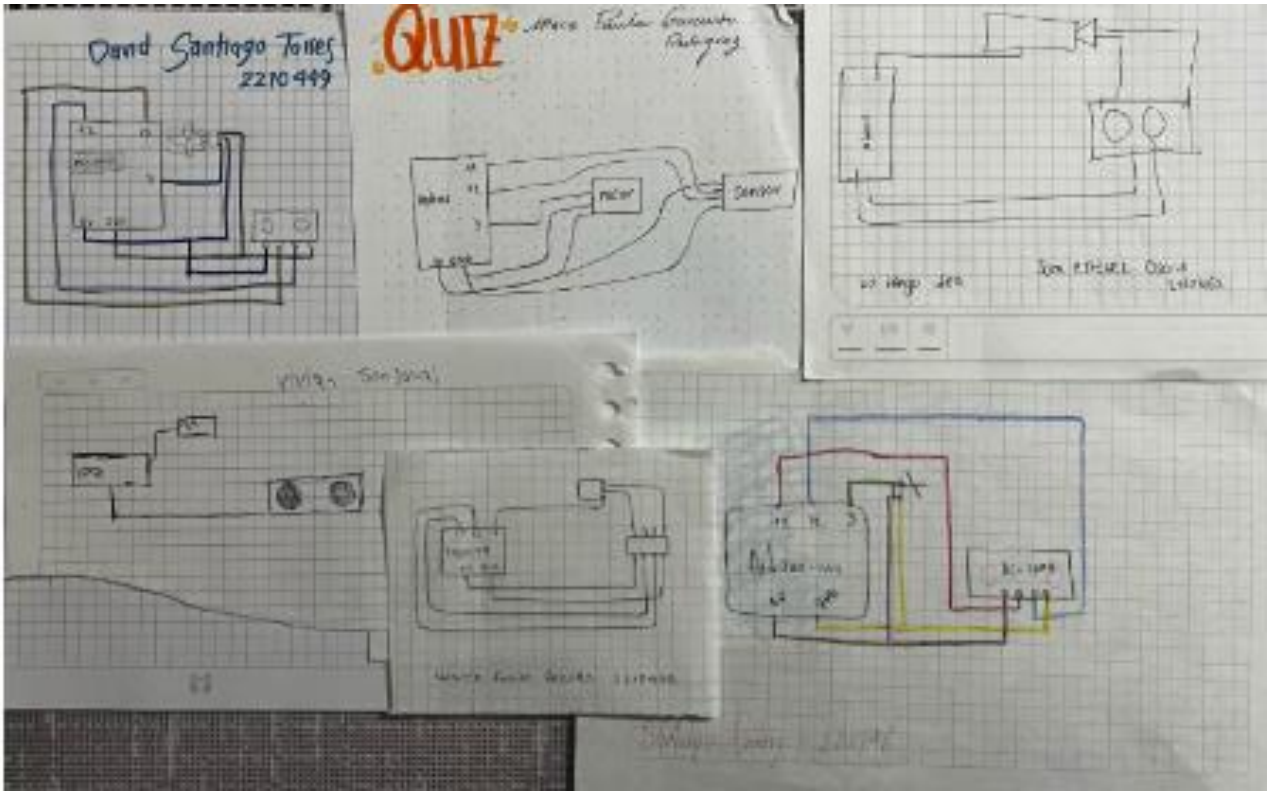
Se pueden revisar los resultados aquí: Documentos Tesis\Análisis de resultados.xlsx

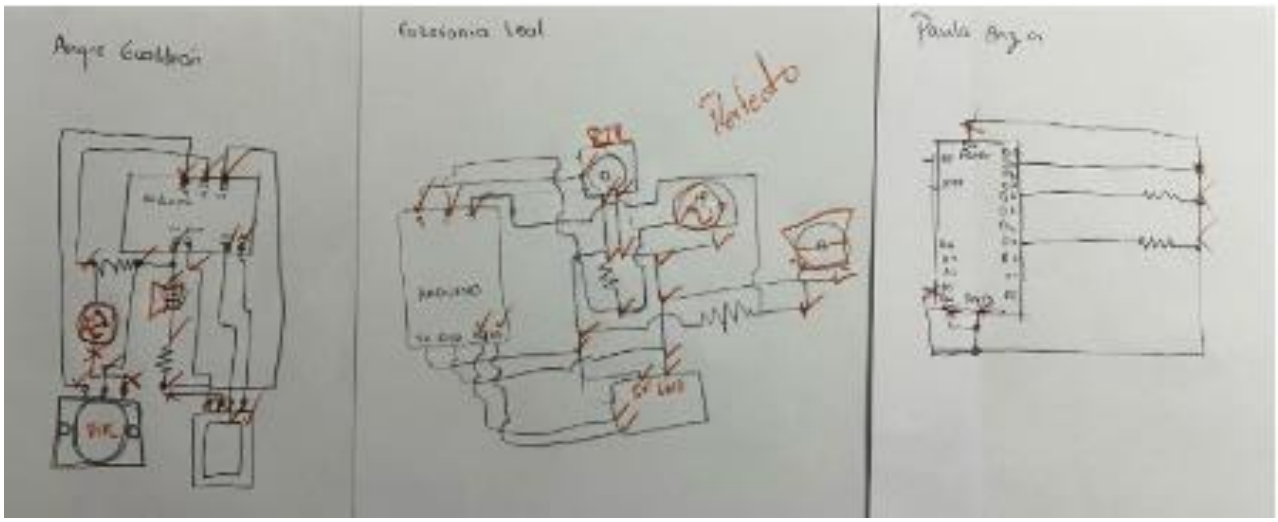
Apéndice 30. *Circuito propuesto en cuestionario de conocimiento previo.*



Apéndice 31. *Esquemas desarrollados por los estudiantes en la validación.*




David Santiago Torres
2210449
QUIZ


Angie Castiblanco
Catalina Leal
Paula Anzola

Apéndice 32. *Comentarios y opiniones de las herramientas*

análisis herramientas (Estación meteorológica y brazo robótico y banco)			
Participante	Comentario	frases o palabras claves	categorías
Estudiante	"El brazo no tiene mucha fuerza como lo esperaba para mover objetos"	como lo esperaba	satisfacción
Docente	" Yo le pongo el trabajo al estudiante, aquí está todo. Yo digo, pues esta como conectarlo, como programarlo, pues ya no necesita la guía (Docente)"	Ya no necesita la guía	satisfacción
Estudiante	"Me confundí con los dos servomotores al armarlo porque no sabemos que cada uno tenía un funcionamiento diferente"	Me confundí, por no saber funcionamiento	Dificultad de aprendizaje
Estudiante	"Armar la garra fue compleja por los tornillos, pero ver la funcionar fue divertido"	fue compleja, fue divertido	Dificultad de aprendizaje
Estudiante	"La programación fue sencilla y rápida, estaban claros los pasos que tenía el librito"	Fue sencilla y rápida, pasos claros	satisfacción
Estudiante	"El software que usamos no lo conocía y me gustó mucho que puedo programar en bloques y de una vez puedo ejecutar el Código, sin tener que usar texto y pararlo a la IDE de Arduino"	Me gustó mucho programar en bloques, sin usar IDE	satisfacción
Estudiante	"Es más fácil entender el circuito en Tiinkercad que con el diagrama, aveces no entiendo los dibujos de cada elemento"	más fácil entender en Tikercad que diagrama	Dificultad de aprendizaje
Docente	"El docente va a decir, bueno, yo que rol cumplo, cuál va a ser la formación para el docente, ¿para que complemente ese aprendizaje?"	¿Yo que rol cumplo?	Utilidad
Estudiante	"Me encanto ver funcionar la estación, como se ve la información en la pantalla y saber cómo ponerla"	Me encanto como funciona y saberlo	satisfacción
Estudiante	"Cuando se movió el brazo, fue muy genial, ¡me encanto que me iba acercando al sensor y de una vez se movió!"	fue muy genial, me encanto funcionalidad	satisfacción
Docente	"El problema puede ser, no que ellos lo entiendan mal, sino que usted está comunicando mal. Ósea, el proceso de comunicación que usted está haciendo es, si yo cometo un error, el problema es suyo, no es mío, ósea, hay un problema en la comunicación ahí que no está bien.	se está comunicando mal, hay problemas de comunicación	Dificultad de aprendizaje

Estudiante	" cometimos un erro pequeño en el circuito por conectar mal el cable, pero fue fácil de solucionar, solamente revisamos el circuito y lo conectamos bien"	cometimos pequeño error, fácil de solucionar, conectamos bien	confianza en desarrollo de proyectos a futuro
Estudiante	"organizarnos para hacer cada parte fue algo que no sabemos cómo hacer, pero al comenzar e ir armando las partes, empezamos a delegarnos cargos"	organización y delegar cargos	confianza en desarrollo de proyectos a futuro
Docente	"Mientras menos palabras usted ponga dentro del proceso, muchísimo mejor."	menos palabras, mucho mejor	Utilidad
Estudiante	"El contenido estaba claro, seguimos todos los pasos del librito y lo armamos, y no sabíamos usar Arduinoblocks, pero nos gustó q era más directo y con bloques"	contenido claro, seguir pasos, nos gustó funcionalidad software	utilidad
Docente	"Muchos van a comenzar a ver los gráficos y se van a saltar de grafico en gráfico, ahí es cuando dicen "Ay yo no entendí" y le toco devolverse y repasar"	le toco devolverse y repasar, yo no entendí	Dificultad de aprendizaje
Estudiante	"las actividades fueron muy divertidas, deberían hacer más actividades así, ya que uno interactúa con los sensores y los motores"	actividades divertidas, hacer más actividades, interactuar con dispositivos	satisfacción
Estudiante	"me hubiera gustado poder hacer otros tipos de robot o elemento con el mismo kit"	me gustaría más variedad	utilidad
Docente	"De pronto puede disminuir la cantidad de información que tengo que absorber, cual es la cantidad de información que realmente necesito dentro del proceso.	disminuir cantidad de información, información q realmente necesito	utilidad
Docente	"yo pondría elementos pedagógicos que realmente integren un poco más al docente"	elementos pedagógicos, integrar docente	utilidad