



**Diseño y fabricación de un robot asistente para aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años**

Toapanta Cando, Edgar Segundo

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Ing. Constante Prócel, Patricia Nataly

26 de febrero del 2024

Latacunga



## Plagiarism and AI Content Detection Report

Edgar Toapanta Robot educativo v2.p...

### Scan details

Scan time: February 26th, 2024 at 16:43 UTC      Total Pages: 88      Total Words: 21753

### Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	2% 431
Minor Changes	0.5% 102
Paraphrased	0.9% 191
Omitted Words	7.5% 1637

### AI Content Detection

Text coverage	Words
AI text	4.8% 1042
Human text	95.2% 19074

[Learn more](#)

### Alerts: (1)

#### Cross Language: Same Document Language

Submitted language and cross-language text are the same language. No credits were used.

2/5 Severity

### Plagiarism Results: (52)

**Copyleaks Internal Database** 1%  
 DIEGO JAVIER NACEVILLA GOMEZ  
 Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

**Diseño y Construcción de Un Banco de Pruebas Genérico para Diagnóstic...** 0.8%  
<https://pdfcoffee.com/translate-goog/diseo-y-construccion-de-un-banco-de-pruebas-generico-para-diagnostico...>  
 Guest  
 Email: [email protected] Login Register ...

**Copyleaks Internal Database** 0.8%  
 Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Firma:

Ing. Constanze Prócel, Patricia Nataly

Director



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecatrónica

### Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **“Diseño y fabricación de un robot asistente para aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años.”** fue realizado por el señor **Toapanta Cando, Edgar Segundo** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 26 de febrero del 2024

Firma:

Ing. Constante Prócel, Patricia Nataly

C. C 0503354029



## Departamento de Ciencias la de Energía y Mecánica

### Carrera de Mecatrónica

### Responsabilidad de Autoría

Yo, **Toapanta Cando, Edgar Segundo** con cédula de ciudadanía N° 0504154584, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad integración curricular: **“Diseño y fabricación de un robot asistente para aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 26 de febrero del 2024

Firma

**Toapanta Cando, Edgar Segundo**

C.C.: 0504154584



## **Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

### **Carrera de Mecatrónica**

### **Autorización de Publicación**

Yo, **Toapanta Cando, Edgar Segundo** con cédula de ciudadanía N° 0504154584, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Diseño y fabricación de un robot asistente para aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 26 de febrero del 2024**

Firma

**Toapanta Cando, Edgar Segundo**

C.C.: 0504154584

## Dedicatoria

*Este trabajo va dedicado con todo mi amor a aquellas personas que siempre confiaron en mí, a aquellas personas que siempre me brindaron su apoyo incondicional, a aquellas personas que me motivaron a no rendirme en los momentos difíciles, a aquellas personas que económica o moralmente se hicieron presente en esta etapa universitaria. Para ustedes familia y amigos, este logro también es suyo.*

## Agradecimiento

*Agradezco a Dios por brindarme la voluntad y la fuerza para cumplir con este objetivo de vida, por darme una gran familia y por poner en mi camino grandes amigos como Fernando, Juan, Daniel y Jairo con quienes compartimos grandes momentos en este trajinar de la vida universitaria.*

*Un agradecimiento total a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga por acogerme en sus instalaciones educativas, por contar con docentes capacitados para mi mejor formación académica y personal, un agradecimiento especial a la Ingeniera Patricia Nataly Constante Prócel por ser parte fundamental en la consecución de este proyecto.*

*Finalmente, un agradecimiento a todo el personal del MIES Latacunga y a los niños y niñas de la Comuna Jurídica de Patután que colaboraron activamente en la retroalimentación de información y mejoramiento del prototipo de robot educativo, de manera especial a todos quienes fueron participes en el “Taller STEAM de robótica educativa”.*

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

Carátula .....	1
Reporte de verificación de contenido .....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenido .....	8
índice de tablas.....	13
Índice de figuras .....	15
Resumen .....	19
Abstract.....	20
Capítulo I Fundamentación Teórica .....	21
Introducción .....	21
Objetivos.....	22
<i>Objetivo General</i> .....	22
<i>Objetivos específicos</i> .....	22
Hipótesis.....	23
Variable de la investigación .....	23
<i>Variable independiente</i> .....	23
<i>Variable dependiente</i> .....	23



<b>Fundamentación teórica.....</b>	<b>23</b>
<i>Robot asistente.....</i>	<i>23</i>
<i>Morfología de robots.....</i>	<i>24</i>
<i>Robots para asistencia educativa.....</i>	<i>28</i>
<i>Protocolos de comunicación.....</i>	<i>31</i>
<i>Asistentes de programación robótica Open Source .....</i>	<i>33</i>
<i>Aprendizaje de niños .....</i>	<i>34</i>
Metodologías de enseñanza en niños. ....	34
Áreas de desarrollo.....	36
<b>Capítulo II Diseño Mecatrónico .....</b>	<b>38</b>
<b>Diseño de concepto .....</b>	<b>38</b>
<i>Necesidades del cliente .....</i>	<i>38</i>
<i>Lista de Métricas .....</i>	<i>39</i>
<i>Matriz de necesidades – métricas.....</i>	<i>40</i>
<i>Generación de conceptos.....</i>	<i>41</i>
<i>Selección y evaluación de conceptos .....</i>	<i>42</i>
<i>Especificación del Robot.....</i>	<i>42</i>
<i>Selección de componentes electrónicos.....</i>	<i>44</i>
Selección del controlador.....	45
Selección de visualizador.....	47
Selección del elemento audible. ....	49

Selección del motor DC. ....	51
Selección del controlador para el motor. ....	54
Selección de los sensores.....	55
Sensor ultrasónico.....	55
Selección del sensor capacitivo. ....	57
Sensor luminoso. ....	59
Batería. ....	61
Cálculo de la batería.....	62
<i>Selección de componentes mecánicos</i> .....	63
Material para la estructura del robot.....	63
<i>Selección de plataforma de programación</i> .....	66
Esquema general del Robot .....	67
<i>Cuerpo del Robot</i> .....	68
<i>Base</i> .....	70
<i>Cabeza</i> .....	70
<i>Diseños accesorios</i> .....	71
Análisis de la estructura.....	73
<i>Análisis de tensiones</i> .....	74
<i>Análisis de deformación</i> .....	75
<i>Análisis de factor de seguridad</i> .....	75
Diseño electrónico .....	76

<i>Circuito esquemático</i> .....	78
<i>Regulador de voltaje</i> .....	78
<i>Conexión de pines GPIO de las ESP32</i> .....	78
<i>Conexión del driver motor</i> .....	79
<i>Conexión de sensores</i> .....	81
<i>Conexión de actuadores</i> .....	81
<i>Botones para control del robot</i> .....	82
<i>Diseño de la placa PCB</i> .....	83
<b>Capítulo III Construcción e implementación</b> .....	<b>85</b>
<b>Desarrollo de la programación del robot</b> .....	<b>85</b>
<i>Matriz LED</i> .....	<b>85</b>
<i>Buzzer</i> .....	<b>85</b>
<i>Motores</i> .....	<b>86</b>
<i>Sensores</i> .....	<b>87</b>
<i>Botones</i> .....	<b>88</b>
<b>Desarrollo de la interfaz de usuario</b> .....	<b>89</b>
<i>Menú “Yo Aprendo”</i> .....	<b>90</b>
<i>Menú “Yo Juego”</i> .....	<b>91</b>
<i>Menú “Yo Controlo”</i> .....	<b>94</b>
<b>Desarrollo del sistema de comunicación</b> .....	<b>96</b>
<b>Ensamble del robot</b> .....	<b>97</b>

<b>Especificaciones del robot.....</b>	<b>100</b>
<b>Capítulo IV Pruebas y resultados .....</b>	<b>102</b>
<b>Pruebas de funcionamiento .....</b>	<b>102</b>
<i>Fase de inducción .....</i>	<i>104</i>
<i>Fase de interacción .....</i>	<i>105</i>
<i>Fase de programación .....</i>	<i>108</i>
<i>Fase de artes .....</i>	<i>109</i>
<i>Fase de resultados .....</i>	<i>111</i>
<i>Fase de validación.....</i>	<i>116</i>
<b>Capítulo VI Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>121</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>121</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>123</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>124</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>133</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Necesidades e importancia del cliente .....	38
<b>Tabla 2</b> <i>Lista de métricas</i> .....	39
<b>Tabla 3</b> <i>Matriz de necesidades-métricas</i> .....	40
<b>Tabla 4</b> <i>Ponderación para la selección del robot</i> .....	43
<b>Tabla 5</b> <i>Comparativa de tipos robots</i> .....	44
<b>Tabla 6</b> <i>Características de los procesadores</i> .....	45
<b>Tabla 7</b> <i>Criterios para la selección del procesador</i> .....	46
<b>Tabla 8</b> <i>Calificación de alternativas del controlador</i> .....	46
<b>Tabla 9</b> <i>Características de diferentes elementos para mostrar emociones</i> .....	47
<b>Tabla 10</b> <i>Criterio de selección de elemento visual</i> .....	48
<b>Tabla 11</b> <i>Ponderación de alternativas de solución para elemento visual</i> .....	48
<b>Tabla 12</b> <i>Características de elemento audible</i> .....	49
<b>Tabla 13</b> <i>Criterio de selección del elemento audible</i> .....	50
<b>Tabla 14</b> <i>Ponderación de los diferentes elementos audibles</i> .....	50
<b>Tabla 15</b> <i>Características de motores de corriente directa</i> .....	52
<b>Tabla 16</b> <i>Criterios para selección de motor de corriente continua</i> .....	52
<b>Tabla 17</b> <i>Ponderación de las alternativas de motores de corriente continua</i> .....	53
<b>Tabla 18</b> <i>Características de los drivers disponibles en el mercado</i> .....	54
<b>Tabla 19</b> <i>Criterios para selección del driver motor</i> .....	54
<b>Tabla 20</b> <i>Ponderación de las alternativas de drivers para motor dc</i> .....	55
<b>Tabla 21</b> <i>Características de los diferentes sensores digitales</i> .....	56
<b>Tabla 22</b> <i>Criterios de selección del sensor ultrasónico</i> .....	56
<b>Tabla 23</b> <i>Calificación del sensor ultrasónico</i> .....	57
<b>Tabla 24</b> <i>Características de sensores capacitivos</i> .....	58
<b>Tabla 25</b> <i>Calificación del sensor capacitivo</i> .....	58

<b>Tabla 26</b>	<i>Calificación del sensor capacitivo</i> .....	59
<b>Tabla 27</b>	<i>Características de sensores luminosos</i> .....	60
<b>Tabla 28</b>	<i>Criterios de selección del sensor luminoso</i> .....	60
<b>Tabla 29</b>	<i>Calificación del sensor luminoso</i> .....	61
<b>Tabla 30</b>	<i>Características de los diferentes materiales para la estructura del robot</i> .....	64
<b>Tabla 31</b>	<i>Criterios de selección de materiales para la estructura del robot</i> .....	64
<b>Tabla 32</b>	<i>Calificación de materiales para la estructura del robot</i> .....	65
<b>Tabla 33</b>	<i>Criterios de selección de la plataforma de programación</i> .....	66
<b>Tabla 34</b>	<i>Calificación la plataforma de programación</i> .....	66
<b>Tabla 35</b>	<i>Configuración para el giro de motores</i> .....	80
<b>Tabla 36</b>	<i>Especificaciones del Robot</i> .....	100
<b>Tabla 37</b>	<i>Verificación de funcionamiento</i> .....	103
<b>Tabla 38</b>	<i>Resultados de cuestionarios aplicados a niños entre 4 y 6 años</i> .....	112
<b>Tabla 39</b>	<i>Resultados de cuestionarios aplicados a niños de 6 a 8 años</i> .....	112
<b>Tabla 40</b>	<i>Resultados de promedios obtenidos en los cuestionarios aplicados</i> .....	117
<b>Tabla 41</b>	<i>Parámetros de cálculo prueba T-Student</i> .....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Robot humanoide educativo</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Robot educativo con ruedas</i> .....	25
<b>Figura 3</b> <i>Robotdog educativo</i> .....	26
<b>Figura 4</b> <i>Robot enjambre</i> .....	26
<b>Figura 5</b> <i>Joy Robot de tipo social</i> .....	27
<b>Figura 6</b> <i>Robot de tutoría</i> .....	28
<b>Figura 7</b> <i>Robot de aprendizaje por programación</i> .....	29
<b>Figura 8</b> <i>Robot STEM</i> .....	30
<b>Figura 9</b> <i>Partes de un robot social de tipo humanoide</i> .....	31
<b>Figura 10</b> <i>Interfaz de ROS</i> .....	32
<b>Figura 11</b> <i>Interfaz de Blockly</i> .....	32
<b>Figura 12</b> <i>Robot con conexión bluetooth</i> .....	33
<b>Figura 13</b> <i>Caja negra del sistema</i> .....	41
<b>Figura 14</b> <i>Subfunciones del sistema</i> .....	41
<b>Figura 15</b> <i>Niveles del sistema mecatrónico</i> .....	42
<b>Figura 16</b> <i>Robots Open Source</i> .....	43
<b>Figura 17</b> <i>Ponderación del tipo de robot</i> .....	44
<b>Figura 18</b> <i>Ponderación del controlador</i> .....	47
<b>Figura 19</b> <i>Porcentaje de alternativas de solución para elemento visual</i> .....	49
<b>Figura 20</b> <i>Porcentaje de alternativas de solución para elemento audible</i> .....	51
<b>Figura 21</b> <i>Porcentaje para la selección de motor</i> .....	53
<b>Figura 22</b> <i>Porcentaje para la selección de driver motor dc</i> .....	55
<b>Figura 23</b> <i>Porcentaje del sensor ultrasónico</i> .....	57
<b>Figura 24</b> <i>Porcentaje del sensor capacitivo</i> .....	59
<b>Figura 25</b> <i>Porcentaje del sensor luminoso</i> .....	61

<b>Figura 26</b>	<i>Porcentaje de materiales para la estructura del robot</i> .....	65
<b>Figura 27</b>	<i>Plataforma de programación</i> .....	67
<b>Figura 28</b>	<i>Idea de prototipo de Robot</i> .....	68
<b>Figura 29</b>	<i>Prototipo inicial de robot</i> .....	69
<b>Figura 30</b>	<i>Cuerpo del robot</i> .....	69
<b>Figura 31</b>	<i>Base del robot</i> .....	70
<b>Figura 32</b>	<i>Cabeza del robot</i> .....	70
<b>Figura 33</b>	<i>Casco para el robot</i> .....	71
<b>Figura 34</b>	<i>Accesorios de casco</i> .....	71
<b>Figura 35</b>	<i>Soporte interno para identificativos</i> .....	72
<b>Figura 36</b>	<i>Soporte exterior para identificativo</i> .....	72
<b>Figura 37</b>	<i>Ejemplos de identificativos</i> .....	73
<b>Figura 38</b>	<i>Características mecánicas del PLA</i> .....	73
<b>Figura 39</b>	<i>Fuerzas y mallado</i> .....	74
<b>Figura 40</b>	<i>Tensión de Von Misses</i> .....	74
<b>Figura 41</b>	<i>Análisis de deformación</i> .....	75
<b>Figura 42</b>	<i>Factor de seguridad en la base</i> .....	75
<b>Figura 43</b>	<i>Puertos GPIO del ESP32</i> .....	76
<b>Figura 44</b>	<i>Regulador de voltaje</i> .....	78
<b>Figura 45</b>	<i>Conexión de todos los elementos con el microcontrolador ESP32</i> .....	79
<b>Figura 46</b>	<i>Conexiones del driver motor</i> .....	80
<b>Figura 47</b>	<i>Conexión de los sensores</i> .....	81
<b>Figura 48</b>	<i>Conexión de actuadores</i> .....	82
<b>Figura 49</b>	<i>Conexión de pantalla y motores</i> .....	82
<b>Figura 50</b>	<i>Pulsadores para el movimiento del robot</i> .....	83
<b>Figura 51</b>	<i>Diagrama del circuito PCB para el robot</i> .....	83



<b>Figura 52</b>	<i>Vista 3D de la PCB</i> .....	84
<b>Figura 53</b>	<i>Matriz LED para mostrar expresiones</i> .....	85
<b>Figura 54</b>	<i>Sonidos para el buzzer</i> .....	86
<b>Figura 55</b>	<i>Programación para el control de motores</i> .....	87
<b>Figura 56</b>	<i>Programación del sensor ultrasónico</i> .....	87
<b>Figura 57</b>	<i>Programación para lectura de los sensores capacitivo y lumínico</i> .....	88
<b>Figura 58</b>	<i>Programación de los botones para el movimiento sin teléfono celular</i> .....	89
<b>Figura 59</b>	<i>Diagrama base de inicio para aplicación</i> .....	89
<b>Figura 60</b>	<i>Interfaz menú principal</i> .....	90
<b>Figura 61</b>	<i>Diagrama para el menú “Yo aprendo”</i> .....	91
<b>Figura 62</b>	<i>Interfaz menú “Yo Aprendo”</i> .....	91
<b>Figura 63</b>	<i>Niveles 1 y 2 de menú “Yo Juego”</i> .....	92
<b>Figura 64</b>	<i>Diagrama para el menú “Yo Juego”</i> .....	93
<b>Figura 65</b>	<i>Iconos de minijuegos del nivel 1</i> .....	94
<b>Figura 66</b>	<i>Interfaz programación por iconos</i> .....	95
<b>Figura 67</b>	<i>Interfaz programación por bloques</i> .....	95
<b>Figura 68</b>	<i>Definición del nombre del robot para la conexión bluetooth</i> .....	96
<b>Figura 69</b>	<i>Ventana de conexión bluetooth</i> .....	96
<b>Figura 70</b>	<i>Laminado de las piezas para impresión 3D</i> .....	97
<b>Figura 71</b>	<i>Ensamble de la parte mecánica con algunos componentes electrónicos</i> .....	98
<b>Figura 72</b>	<i>Elaboración de la placa PCB</i> .....	99
<b>Figura 73</b>	<i>Conexión de los elementos electrónico la placa PCB</i> .....	99
<b>Figura 74</b>	<i>AndinoBot</i> .....	101
<b>Figura 75</b>	<i>Dirección del lugar empelado en la investigación</i> .....	103
<b>Figura 76</b>	<i>Inducción general del robot y su aplicativo</i> .....	105
<b>Figura 77</b>	<i>Interacción desde el menú “Yo aprendo”</i> .....	106

<b>Figura 78</b> <i>Interacción desde el menú “Yo juego”</i> .....	106
<b>Figura 79</b> <i>Interacción desde el menú “Yo controlo”</i> .....	107
<b>Figura 80</b> <i>Programación en equipos</i> .....	108
<b>Figura 81</b> <i>AndinoBot con soportes decorativos</i> .....	109
<b>Figura 82</b> <i>AndinoBot decoración casco</i> .....	110
<b>Figura 83</b> <i>Finalización del Taller STEAM de robótica educativa</i> .....	111
<b>Figura 84</b> <i>Resultados de encuesta de satisfacción</i> .....	113
<b>Figura 85</b> <i>Tabla de cuantiles de la distribución T-Student</i> .....	119

## Resumen

El proyecto desarrollado parte de la necesidad de integrar a los niños y niñas de 4 años a 8 años de edad dentro del constante avance tecnológico a fin de contribuir a mejorar el aprendizaje en los mismos. Aportando una herramienta STEAM que dinamice los métodos de enseñanza aprendizaje y permita generar ambientes de educación más lúdicos, mediante la generación de expresiones en el rostro del robot, interacción con sensores de tipo luminoso, de sonido y de distancia, control de movimientos de forma manual y por aplicativo móvil, además incluye accesorios que permiten modificar la apariencia del robot, el cual fue adaptado del modelo Open Source Joy Robot. Es así que AndinoBot, el robot fabricado consta de un aplicativo móvil desarrollado en el motor de videojuegos multiplataforma Unity y compatible con el sistema operativo Android cuya vinculación con el robot se lo realiza mediante conexión bluetooth, la aplicación consta de tres menús destinados a la reproducción de contenidos educativos, juegos multinivel y control del robot respectivamente, siendo un gran particular del menú de control, los tipos de programación por iconos y por bloques lo cual brinda una gama de posibilidades para adquirir conocimientos de secuenciación y además mejorar nociones de matemáticas como el conteo, sumas y restas.

*Palabras Clave:* Robot, STEAM, programación robótica, sensores, aplicativo móvil.

### **Abstract**

The project developed is based on the need to integrate children from 4 to 8 years of age in the constant technological advancement in order to contribute to improve learning in them.

Providing a STEAM tool that dynamizes the teaching-learning methods and allows to generate more playful educational environments, by generating expressions on the robot's face, interaction with light, sound and distance sensors, movement control manually and by mobile application, also includes accessories that allow to modify the appearance of the robot, which was adapted from the Open Source Joy Robot model. Thus, AndinoBot, the manufactured robot consists of a mobile application developed in the Unity multiplatform video game engine and compatible with the Android operating system whose link with the robot is done through Bluetooth connection, the application consists of three menus for the reproduction of educational content, multilevel games and robot control respectively, being a great particular of the control menu, the types of programming by icons and blocks which provides a range of possibilities to acquire knowledge of sequencing and also improve notions of mathematics such as counting, addition and subtraction.

*Keywords:* Robot, STEAM, robotic programming, sensors, mobile application.

## Capítulo I

### Fundamentación Teórica

#### Introducción

Barker & Ansorge (2007) aseveran que, en los últimos años el interés por la robótica educativa ha crecido y evolucionado desde integraciones tradicionales que implicaban el desarrollo de conocimientos técnicos. Estos inician desde la construcción y la programación hasta posiciones más innovadoras en las que la robótica educativa se concibe como un sistema o contexto de aprendizaje que se apoya en el uso de robots para desarrollar habilidades y fomentar la adquisición de competencias en los estudiantes, no exclusivamente en áreas técnicas; sino también en otras como las matemáticas, ciencias sociales, naturales y experimentales; entre otras (Romero *et al.*, 2020).

Es importante mencionar que, dentro del sistema pedagógico, la robótica educativa se halla en plena transformación y en este cambio, esta ha surgido también como herramienta y asistente de aprendizaje colaborativo, para que el educador imparta eficientemente el conocimiento a sus educandos. La metodología STEAM es una metodología que nace en 2008 cuya idea base es convertir el proceso de enseñanza y aprendizaje en un proceso integrado y creativo apostando por trabajar las ciencias (S), la tecnología (T), la ingeniería (E), las artes (A) y las matemáticas (M) de manera interdisciplinar y transversa (Yakman , 2008).

La metodología STEAM combinada con la inteligencia artificial puede ser eficiente para motivar a niños y jóvenes en su uso y aplicación. Otro claro ejemplo es la realización de un juego interactivo como aplicación basada en la metodología STEAM dirigida a niños de primer año de educación básica y media en la ciudad de Esmeraldas. Esta aplicación desarrollada es un juego interactivo mediante la cual se fomenta en los niños el razonamiento matemático y espacial mientras juegan. Es más que obvio la pertinencia de la aplicación de robots inteligentes y su incidencia para el desarrollo de habilidades en infantes. Es de hecho que, una

de las características de la robótica educativa es que siempre se imparte a través de la gamificación. Es decir, se aprende a través del juego. Esto posibilita asimilar conceptos matemáticos, físicos, mecánicos o informáticos de una forma divertida y, consecuentemente, mejorar en la adquisición de competencias que forman parte de los currículos escolares (UNIR, 2022).

Por ende, la aplicabilidad de un modelo dentro de los estándares acotados es fundamental dentro del campo de la enseñanza y de la IA para que se puedan solventar las necesidades de los estudiantes. Por otro lado, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE mediante la Unidad de Gestión y Vinculación con la sociedad participa en la solución de las necesidades de actores sociales en zonas urbanas – marginales, rurales y de los grupos de atención prioritaria en el Ecuador. Un ejemplo de ello es el tema de vinculación aprobado y denominado como “Implementación de juegos educativos mediante metodología STEAM para fortalecer espacios de aprendizaje en las colonias vacacionales del MIES Dirección Distrital Latacunga”. Donde la construcción de un robot educativo será un aporte significativo para el desarrollo de estas colonias vacacionales, sin mencionar el hecho que aporta un gran valor agregado al campo de la ingeniería.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Diseñar y fabricar un robot asistente para aprendizaje de niñas y niños de 4 a 8 años.

### ***Objetivos específicos***

Diseñar los mecanismos para el movimiento del robot.

Programar el algoritmo de control del robot educativo.

Fabricar los sistemas del robot que permitan movilidad.

Implementar y verificar el robot asistente.

## **Hipótesis**

¿El diseño y fabricación de un robot asistente educativo contribuirá en el aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años?

## **Variable de la investigación**

### ***Variable independiente***

Robot asistente educativo

### ***Variable dependiente***

Aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años.

## **Fundamentación teórica**

### ***Robot asistente***

Un robot asistente es un tipo de máquina autónoma o semiautónoma diseñada para realizar diversas tareas y brindar asistencia o apoyo a los humanos. Combina robótica, inteligencia artificial y otras tecnologías para interactuar con los usuarios y realizar tareas específicas (Proven Robotics, 2022).

Strzdas, et al. (2021) en los aspectos funcionales de los robots asistentes. Desde esta perspectiva, un robot asistente se considera un dispositivo diseñado para ayudar a los humanos con tareas específicas. Puede realizar acciones físicas, manipular objetos, proporcionar información o recomendaciones y realizar comportamientos programados o aprendidos.

Otros autores pueden enfatizar los aspectos sociales de los robots de asistencia. Lo ven no solo como una herramienta funcional, sino también como un agente social capaz de participar en la interacción social con los humanos. Esta perspectiva a menudo tiene en cuenta la capacidad de los robots para sentir y responder a las emociones humanas (Korn, Bieber, & Fron, 2018).

## ***Morfología de robots***

La morfología del robot se refiere a la estructura física y el diseño del robot. Esto incluye el tamaño, la forma y la apariencia general del robot, así como el diseño y la funcionalidad de sus diversos componentes (Howard, Glette, & Cheney, 2022). La morfología de un robot puede variar mucho según su destino, su entorno y las tareas que realiza. A continuación, se detalla algunos tipos de morfologías de robots comunes.

Los robots humanoides están diseñados para parecerse a los humanos en tamaño y estructura corporal. A menudo tienen cabeza, torso, brazos y piernas, y están destinados a imitar los movimientos y comportamientos humanos. Los robots humanoides se utilizan a menudo en aplicaciones de investigación, entretenimiento y asistencia (Automate, 2023). Un ejemplo de este tipo de robot se aprecia en la Figura 1.

### **Figura 1**

*Robot humanoide educativo*



*Nota.* Figura tomada de (Automate, 2023).



Los robots con ruedas como su nombre indica está sostenido por ruedas o una combinación de ruedas y ruedecillas como muestra la Figura 2. Son muy adecuados para navegar en superficies planas y se usan comúnmente en aplicaciones como vigilancia, entrega y exploración en ambientes interiores o en terreno plano (Pico, 2022).

## Figura 2

*Robot educativo con ruedas*



*Nota.* Figura tomada de (Pico, 2022).

Robots con patas como lo dice su nombre, tienen piernas como su principal medio de locomoción. Pueden tener diferentes configuraciones de patas, como bípedo (dos patas), cuadrúpedo (cuatro patas), o incluso más. Los robots con patas son útiles para atravesar terrenos irregulares o difíciles, y encuentran aplicaciones en búsqueda y rescate, operaciones militares y exploración (Semini & Wieber, 2020). Robotdog educativo es uno de estos tipos de robots el cual se puede observar en la Figura 3.

**Figura 3**

*Robotdog educativo*



*Nota.* Figura tomada de (Semini & Wieber, 2020).

Los robots de enjambre es un grupo de robots individuales que trabajan colectivamente para lograr un objetivo común. Cada robot en un enjambre puede tener una morfología simple, como una pequeña unidad móvil o un módulo especializado como se observa en la Figura 4. Los robots de enjambre se utilizan a menudo en aplicaciones como la investigación de robótica de enjambre, el monitoreo ambiental o la detección distribuida (Leotronics, 2022).

**Figura 4**

*Robot enjambre*



*Nota.* Figura tomada de (Leotronics, 2022).

Los robots Open Source, son sistemas operativos flexibles y sólidos diseñados específicamente para robots. Se habla de flexibilidad porque estos robots pueden ser modificados sin mayor dificultad ya que su diseño está basado en ofrecer facilidad de construcción ofreciendo toda una variedad de bibliotecas y herramientas que permiten su creación, programación y posterior funcionamiento (Li & Mai, s.f.). En esencia, estos robots utilizan hardware, software y códigos de programación libres, dejando a disponibilidad planos, esquemas electrónicos, y código fuente del robot open source, la mayoría de estos robots requieren de una impresora 3D para la réplica (HISOUR, s.f.)

Joy Robot o Robot de la alegría es un ejemplo de estos tipos de robots y se muestra en la Figura 5. Este es un robot desarrollado con el fin de ayudar a las ONG a realizar labores solidarias en hospitales infantiles además de promover conocimientos sobre la ciencia y la tecnología (AUTODESK Instructables, 2018).

### **Figura 5**

*Joy Robot de tipo social*



*Nota.* Joy Robot , figura tomada de (AUTODESK Instructables, 2018)

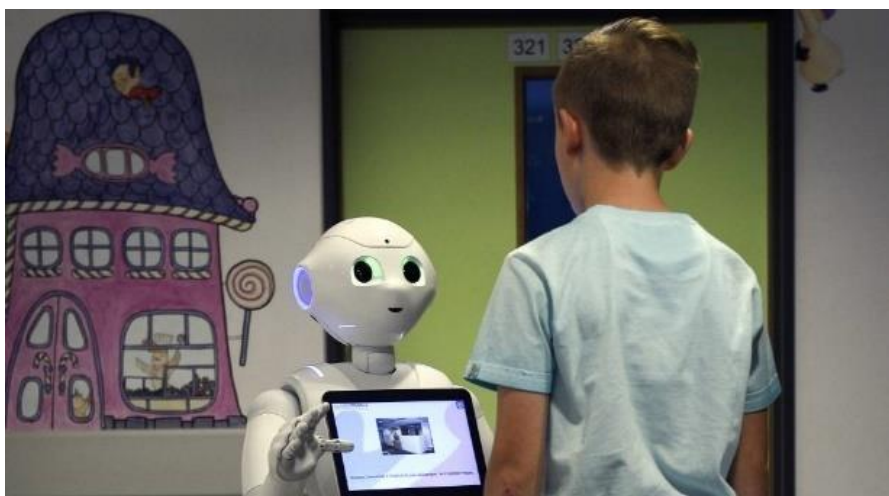
### ***Robots para asistencia educativa***

Los métodos de enseñanza y educación tradicional se encuentran a la vanguardia del constante avance tecnológico, posibilitando el acceso a herramientas tecnológicas educativas con el fin de que los estudiantes adquieran y diversifiquen sus conocimientos en cuanto a la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas (STEAM). Es así que el uso de robots de asistencia educativa permite apoyar y mejorar la experiencia de aprendizaje (Business School, 2022). Los robots de asistencia educativa posibilitan educación inclusiva de estudiantes con necesidades especiales, equilibrio de género, estados socioeconómico y diversidad cultural (Linda & D. Lyatras, 2019).

Los robots de tutoría permiten brindar atención personalizada a los estudiantes haciendo el entorno educativo más divertido y práctico (Dia, 2021) un ejemplo de esto es el robot PEPPER que se muestra en la Figura 6. Estos robots contienen una gran variedad de contenido y respuestas dependiendo de las especificaciones bajo la cual fue diseñado y en ambiente en el cual desempeñara sus funciones.

### **Figura 6**

*Robot de tutoría*



*Nota.* Figura tomada de (Dia, 2021).

Los robots de programación y codificación permiten desarrollar habilidades y mejorar sus capacidades en cuanto a la resolución de problemas, pues mejora su pensamiento crítico y permite a los estudiantes introducirse en el mundo de la programación y la codificación desde muy pequeñas edades. Para el caso de los niños estos robots cuentan con una interfaz gráfica fácil de usar que puede ir aumentando según los conocimientos y el dominio que se vaya obteniendo en el proceso de aprendizaje a través de juegos interactivos y líneas de código que controlan la acción del robot (TRT Español, 2022), tal es el robot MAZZY que se muestra en la Figura 7.

### Figura 7

*Robot de aprendizaje por programación*



*Nota.* Figura tomada de (XTREM BOTS, s.f.)

Robots didácticos STEM, estos aparecen para ofrecer a los estudiantes un ambiente de preparación atractivo y bajo la premisa de “aprender haciendo”, enfocándolos al uso de robots multifuncionales a manera de kits con el uso de recursos tecnológicos como computadores,

tablets o teléfonos inteligentes para su codificación, la resolución de retos y misiones lo cual posibilita el desarrollo educativo en áreas de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) (ROBOTIX, 2024), un ejemplo puede ser el robot Robobloq Qoopers STEM de la Figura 8.

### **Figura 8**

*Robot STEM*



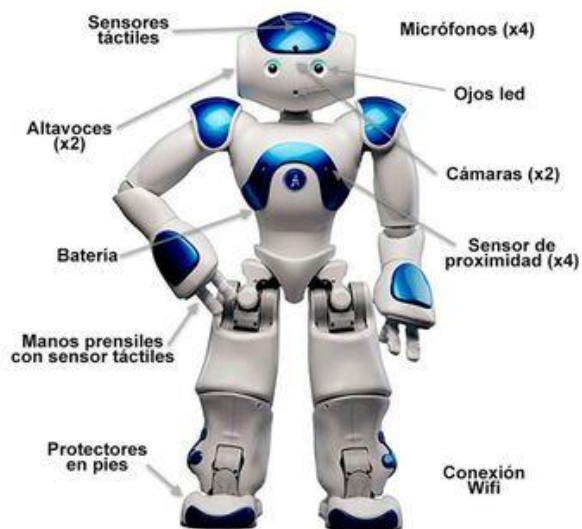
*Nota.* Figura tomada de (UniHobby, s.f.)

Robots sociales para educación especial, estos robots surgen de la necesidad de incluir y compensar las diferentes limitaciones que tienen algunos estudiantes los mimos que se ven reflejados en bajos rendimientos en cuanto a la educación tradicional. Es así que la mayoría de estos tipos de robots cuenta con múltiples características tales como la generación de emociones, asistentes con comando de voz, pantallas interactivas, entre otras. Todo con el fin de que estos estudiantes puedan sentirse cómodos y generen ambientes de empatía permitiendo reducir la ansiedad y el estrés a los cuales puedan estar sujetos y consecuentemente mejorar su rendimiento educativo y capacidad de interrelacionarse socialmente (Knowledge Hub, 2022). como se muestra en la Figura 9.



## Figura 9

*Partes de un robot social de tipo humanoide*



*Nota.* Figura tomada de (*Revista de Robots, 2023*)

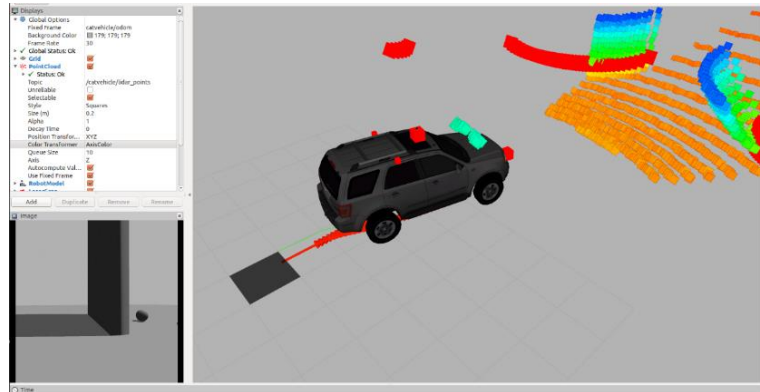
### **Protocolos de comunicación**

La comunicación es un elemento fundamental en la fabricación de robots educativos pues de esta depende el tiempo de respuesta y la correcta interacción entre robot, aplicativo y el usuario. Básicamente los protocolos de comunicación hacen referencia al envío y recepción de información y el medio por el cual se realiza este proceso (SDIndustrial, s.f.), a continuación se detallan algunos ejemplos de estos protocolos usualmente ocupados para el desarrollo de robots educativos.

ROS (Robot Operating System) es un entorno de trabajo (framework) de código abierto de tipo flexible con una colección de bibliotecas, librerías y herramientas para la creación de robots con software robusto. ROS usualmente utiliza sistemas operativos como Ubuntu o Debian y tiene una amplia aceptación por investigadores y empresas (AUTRACEN, s.f.). La Figura 10 muestra un ejemplo de esta interfaz de programación y control.

## Figura 10

### Interfaz de ROS

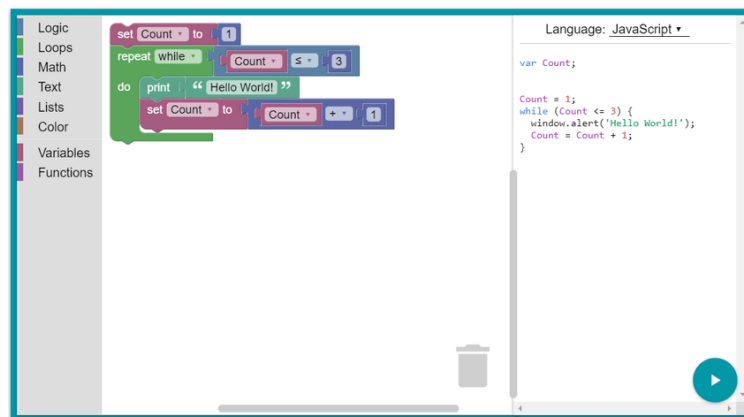


*Nota.* Figura tomada de (Geeksforgeeks, 2020)

Blockly es un lenguaje de programación visual desarrollado por Google cuyo modo de programación se basa en la visualización de bloques que están basados en líneas de programación los mismos que se pueden acoplar mediante las operaciones de arrastrar y soltar lo que lo hace idóneo para los estudiantes que inician en el mundo de la programación (Digital Guide Ionos, 2020). La interfaz de esta plataforma se aprecia en la Figura 11.

## Figura 11

### Interfaz de Blockly



*Nota.* Figura tomada de (Nguyen, 2020)



Bluetooth y Wi-Fi, la mayoría de robots educativos están equipados con capacidades de comunicación inalámbrica, como Bluetooth, Wi-Fi, etc., estas tecnologías inalámbricas posibilita la comunicación entre dispositivos electrónicos como son la placa electrónica del robot con dispositivos como ordenadores, videoconsolas, teléfonos móviles, etc., (Montesinos Berenguer, 2022) . Robobo es uno de los robots que está equipado con estos tipos de comunicación inalámbrica y se muestra en la Figura 12.

### **Figura 12**

*Robot con conexión bluetooth*



*Nota.* Figura tomada de (Lacalle, 2022)

### ***Asistentes de programación robótica Open Source***

Al igual que las personas aprenden bajo las experiencias y conocimientos que se imparten, los robots necesitan ser alimentados con la información necesaria para su funcionamiento, esto se logra gracias a la programación de su cerebro central o tarjetas de control, para ello existen múltiples plataformas de programación robótica, tanto de paga como libres, a continuación, se describen un conjunto de asistentes de programación robótica Open source.

ROS (Robot Operating System) es software libre bajo términos de licencia BSD con una lógica de intercambio de información entre aplicaciones (middleware). ROS permite la comunicación entre diferentes componentes del robot, proporciona abstracción de hardware y proporciona una serie de algoritmos y módulos de software preconstruidos para diversas tareas robóticas (Delgado, 2017).

PyRobot: es una biblioteca Python de código abierto desarrollada por Facebook AI Research (FAIR). Proporciona una interfaz de alto nivel para controlar y programar una variedad de plataformas robóticas. PyRobot abstrae los detalles de bajo nivel de varios sistemas robóticos, lo que facilita la escritura de aplicaciones robóticas y la realización de tareas como la percepción, la manipulación y la locomoción (Murali, y otros, 2019).

OpenRAVE: OpenRAVE (Open Robotics Automation Virtual Environment) es un entorno de código abierto para probar, desarrollar y simular sistemas robóticos. Proporciona un amplio conjunto de herramientas para la planificación del movimiento, la simulación física y el control. OpenRAVE admite una amplia gama de robots y proporciona interfaces con lenguajes de programación comunes como Python y C++ (Aguagallo & Cordova, 2016).

Sistema operativo robótico para la educación (ROSEdu): ROSEdu es una plataforma de código abierto para aprender y experimentar con la robótica. Está diseñado con fines educativos y proporciona una interfaz sencilla para programar robots. ROSEdu proporciona herramientas, documentación y tutoriales para ayudar a los principiantes a comenzar con la programación robótica (Machado, González, Rivera, & Vega, 2020).

### ***Aprendizaje de niños***

**Metodologías de enseñanza en niños.** Los métodos de enseñanza para niños, existen muchos enfoques y técnicas efectivas para promover el aprendizaje y la participación. Los métodos de enseñanza comúnmente utilizados para niños se detallan a continuación.

Aprendizaje a través del juego: Enfatiza la importancia de las actividades prácticas, la exploración y el juego imaginativo. El aprendizaje basado en juegos fomenta la creatividad, la resolución de problemas y el pensamiento crítico (Danniels, 2018).

Aprendizaje basado en la investigación: alienta a los niños a hacer preguntas, investigar y encontrar respuestas a través de la exploración activa. Su objetivo es fomentar la curiosidad, promover el pensamiento independiente y desarrollar habilidades de investigación. Los maestros facilitan el proceso de aprendizaje brindando orientación y recursos mientras permiten que los niños persigan sus intereses (Splash Learn, 2023).

Método Montessori: Se centra en un enfoque participativo en el niño que enfatiza el aprendizaje independiente, la instrucción individualizada y las clases para edades múltiples. Fomenta la exploración práctica, la independencia y el desarrollo de habilidades prácticas. Las aulas Montessori suelen estar equipadas con materiales especialmente diseñados para promover el aprendizaje sensorial y cognitivo (Additio, 2021).

Aprendizaje cooperativo: está basado en la interacción y trabajo en grupos reducidos de estudiantes, con lo cual se busca la diversificación y socialización entre todos sus integrantes. Esta metodología busca que cada integrante sea un elemento fundamental en el grupo y aporte sus cualidades en beneficio de los mismos, con esto los docentes pueden lograr generar en sus estudiantes cualidades como el respeto, la responsabilidad y el compromiso para alcanzar los objetivos planteados (Santander Universidades, 2022 ).

Aprendizaje basado en proyectos: también conocido como ABP por sus siglas, es una metodología de enseñanza basada en una serie de preguntas y retos acordes a la planificación académica, lo cual fomenta la participación y mejora habilidades como el pensamiento crítico (Guido, 2022).

Aprendizaje Experiencial: el aprender haciendo, es uno de los enfoques de esta metodología de aprendizaje, es así que la interacción continua con los elementos o entornos de aprendizaje dinámicos mejorar en aprendizaje profundo debido a la diversificación de actividades que conlleva el uso de nuevos métodos de aprendizaje . El aprendizaje experiencial fomenta la reflexión, la resolución de problemas y el compromiso (FutureLearn, 2021).

**Áreas de desarrollo.** El proceso de aprendizaje por el que pasa un niño a medida que crece y se convierte en adulto se llama desarrollo. Las habilidades se adquieren y luego se combinan para desarrollar funciones más complejas como caminar, hablar y jugar.

Desarrollo físico: envuelve el crecimiento y la maduración del cuerpo y las habilidades motoras de un niño. Esto incluye habilidades motoras gruesas, como gatear, caminar y correr, así como habilidades motoras finas, como agarrar objetos, escribir y atarse los cordones de los zapatos. El desarrollo físico también incluye la coordinación, el equilibrio y el estado físico general (Nadeau & Boyd, 2022 ).

Desarrollo cognitivo: se relaciona con el desarrollo intelectual, las habilidades de pensamiento y los procesos mentales de un niño. Incluye habilidades como la atención, la memoria, la resolución de problemas, el razonamiento lógico, el desarrollo del lenguaje y la adquisición de conocimientos. El desarrollo cognitivo incluye el desarrollo de conceptos, la comprensión de ideas abstractas y la capacidad de pensar críticamente (Cherry, 2022).

Desarrollo social y emocional: se enfoca en la capacidad del niño para comprender y manejar sus propias emociones, así como también para manejar las interacciones y relaciones sociales. Esto incluye el desarrollo de la autoconciencia, la empatía, la autorregulación y las habilidades sociales (Malik & Marwaha., 2022).

Desarrollo del lenguaje y la comunicación: involucra la adquisición de habilidades de comunicación verbal y no verbal. Esto incluye la comprensión y el uso del idioma, el desarrollo

del vocabulario, la gramática, la expresión y la fluidez. También incluye habilidades de comunicación no verbal, como el lenguaje corporal, los gestos y las expresiones faciales (Raisingchildren, 2021).

**Desarrollo moral y ético:** El desarrollo moral y ético implica el desarrollo de la comprensión del niño sobre el bien y el mal, el razonamiento moral y el sentido de la moralidad. Esto incluye el desarrollo de valores, empatía, compasión y la capacidad de tomar decisiones éticas. El desarrollo moral y ético está formado por influencias sociales y culturales, así como por experiencias personales (Mas, 2021).

**Desarrollo creativo y expresivo:** El desarrollo creativo y expresivo implica la capacidad del niño para expresarse en una variedad de formas, como el arte, la música, la danza y el juego imaginativo. Implica el desarrollo de la creatividad, la imaginación, la autoexpresión y la sensibilidad estética. El desarrollo creativo fomenta la capacidad de resolver problemas, la originalidad y pensar fuera de la caja (Nuevo, 2023).

## Capítulo II

### Diseño Mecatrónico

En este capítulo se detalla el diseño de los sistemas del robot, para cumplir este objetivo se efectuó un análisis de las necesidades de los niños y de personas a cargo de tutorías o actividades con niños los mismos, a fin de obtener las métricas que faciliten el diseño y selección de componentes electrónicos, mecánicos y recursos de programación. (Ulrich & Eppinger, 2019) será la metodología que servirá de guía para el desarrollo del presente proyecto.

#### Diseño de concepto

A continuación, se describen las diferentes especificaciones consideradas para el desarrollo del proyecto.

#### ***Necesidades del cliente***

Las necesidades del cliente son planteadas de acuerdo con los requerimientos emitidos mediante entrevista por el equipo de trabajo perteneciente al Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) de Latacunga cuyos participantes se evidencian en el ANEXO 1. Estas necesidades se presentan en la Tabla 1 con su respectivo grado de importancia para la implementación.

**Tabla 1**

*Necesidades e importancia del cliente*

N°	Necesidad	Importancia
1	Textura variable	1
2	Atractivo	4
3	Fomente el aprendizaje	5
4	Enseñe hábitos	2
5	Pueda reforzar emociones	4
6	Se pueda jugar	3

N°	Necesidad	Importancia
7	Baterías fáciles de recargar	4
8	Inalámbrico	4
9	Interactivo	5

*Nota.* Los grados de importancia se categorizan con valores de 1 al 5, siendo 1 el que corresponde a la menor importancia y 5 de mayor importancia.

### ***Lista de Métricas***

Una vez conocido los requerimientos y necesidades del cliente es decir una vez que se conoce la voz del usuario para la implementación del prototipo es necesario establecer una lista de métricas que permitan conocer la voz del ingeniero con las que se puedan satisfacer los requerimientos del prototipo. En la Tabla 2 se muestra la lista de métricas establecidas.

**Tabla 2**

#### *Lista de métricas*

N°	Métricas	Importancia	Unidades
1	Tipo de material	5	Plástico
2	Dimensiones	3	cm
3	Peso	3	Kg
4	Resistencia	4	Mpa
5	Tarjeta de control	5	Gb
6	Capacidad de batería	5	mA
7	Visualizador	3	Pixel
8	Sensores	4	Si/No
9	Conexión móvil	3	Mbps
10	Aplicación móvil	4	Android
11	Herramienta educativa	5	Si/No

*Nota.* Se muestra la lista de las métricas establecidas para el prototipo, los grados de importancia se categorizan con valores de 1 al 5, siendo 1 el que corresponde a la menor importancia y 5 de mayor importancia.

### **Matriz de necesidades – métricas**

Para la elaboración de la matriz de necesidades – métricas se utiliza la técnica gráfica propuesta en la metodología de (Ulrich, 2013). Esta matriz se presenta en la Tabla 3.

Esta matriz es elaborada con el fin de relacionar las necesidades expuestas por los niños y docentes de apoyo las cuales se les denomina “voz del usuario” con las posibles soluciones propuestas por el diseñador a la cual también se le denomina “voz del ingeniero”.

La mayor cantidad de relaciones entre estas dos voces permitirá avanzar con el desarrollo del proyecto para lograr obtener un resultado satisfactorio.

**Tabla 3**

*Matriz de necesidades-métricas*

<b>Necesidad</b>	<b>Métricas</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Peso</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Tarjeta de control</b>	<b>Capacidad de batería</b>	<b>Visualizador</b>	<b>Sensores</b>	<b>Conexión móvil</b>	<b>Aplicación móvil</b>	<b>Herramienta educativa</b>
Textura variable		•			•							
Atractivo		•	•	•								
Fomente el aprendizaje						•					•	•
Enseñe hábitos						•					•	•
Pueda reforzar emociones						•		•				
Se pueda jugar						•					•	
Baterías fáciles de recargar							•					
Inalámbrico										•		
Interactivo						•		•	•			

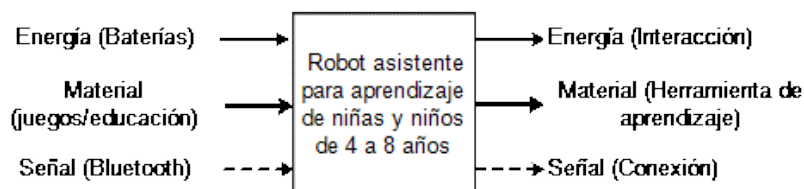


## Generación de conceptos

Luego de identificar las necesidades para el proyecto y se concretó las características que se quiere del robot, se debe elaborar un esquema que se aproximen a los sistemas que satisfacen las necesidades mencionadas. Según lo propuesto por (Ulrich & Eppinger, 2019), sugieren realizar una modelo de caja negra para representar los flujos de entrada y salida, separándolo por subfunciones sencillas como se muestra en la Figura 13.

**Figura 13**

### Caja negra del sistema

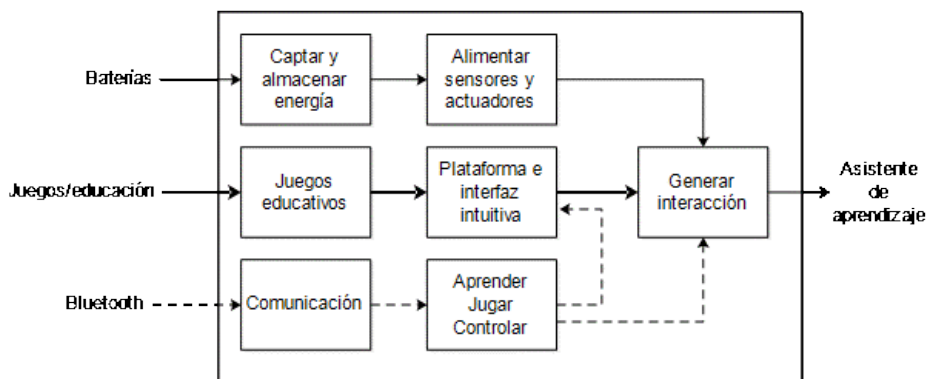


*Nota.* Se detalla el modelo de caja negra a utilizar

Partiendo del modelo de caja negra, se continua con la división de subfunciones para cumplir el objetivo, de manera general se describen las funciones con las que se debe contar como se detalla en la Figura 14, con la ayuda del diagrama se puede descomponer el problema en subproblemas que sean más fáciles de solucionar.

**Figura 14**

### Subfunciones del sistema

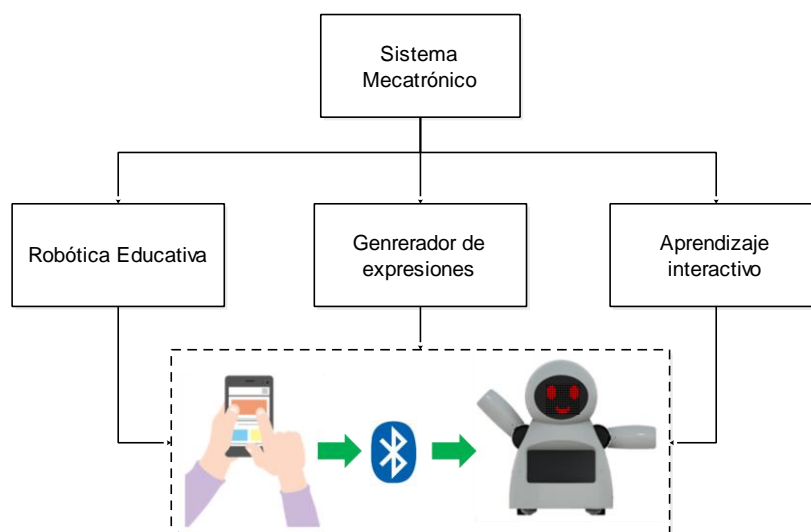


### **Selección y evaluación de conceptos**

Teniendo definido las necesidades, métricas, la caja negra y sus subfunciones, se procede con la evaluación de conceptos, definiendo conceptos esenciales que puedan ayudar a su comprensión como se especifica en la Figura 15.

**Figura 15**

*Niveles del sistema mecatrónico*



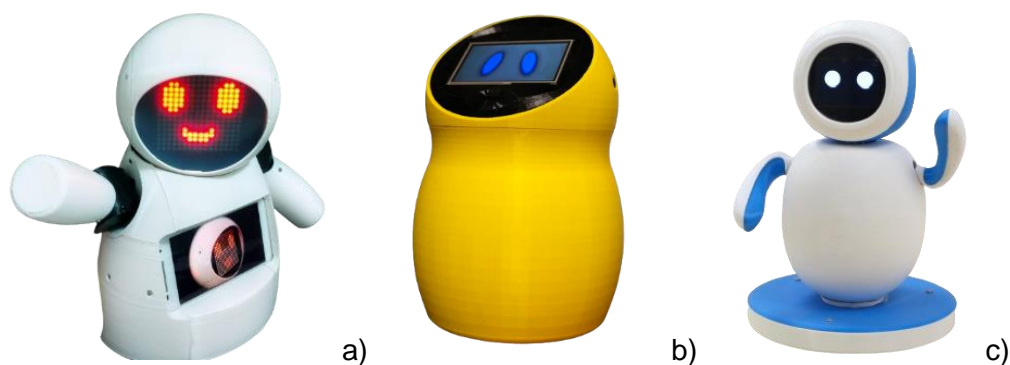
### **Especificación del Robot**

En este apartado se detallan los elementos mecánicos y electrónicos de los cuales estará compuesto el robot, es importante destacar que, con el fin de aprovechar la gran cantidad de recursos Open Source, se ha optado por partir de modelos ya diseñados, por ende las especificaciones se van a desarrollar de acuerdo con las métricas obtenidas y en base a lograr el mejor acoplamiento con los modelos Open Source, realizando un análisis de factibilidad y teniendo en cuenta las características antes descritas, además considerando los siguientes criterios de selección: precio, facilidad de programación, tamaño, operaciones que puede realizar, es importante detallar todos los beneficios y dificultades de la construcción del robot. La Tabla 4 muestra la ponderación de cada una de las características que debe poseer el robot.

**Tabla 4***Ponderación para la selección del robot*

<b>Criterio</b>	<b>Precio</b>	<b>Programación</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Operaciones</b>	$\sum_{+1}$	<b>Ponderación</b>
Precio	-	1	1	1	4	27%
Programación	1	-	1	1	4	27%
Tamaño	1	0	-	1	3	20%
Operaciones	1	1	1	-	4	26%
<b>Total</b>					<b>15</b>	<b>100%</b>

Conocidos los criterios de selección con mayor relevancia se procede a hacer una comparación entre tres alternativas de modelos de robots open source existentes. En la Figura 16 se muestran estos tipos de robots y en Tabla 5 se efectúa la comparativa de acuerdo a los criterios y grados de ponderación establecidos en la Tabla 4.

**Figura 16***Robots Open Source*

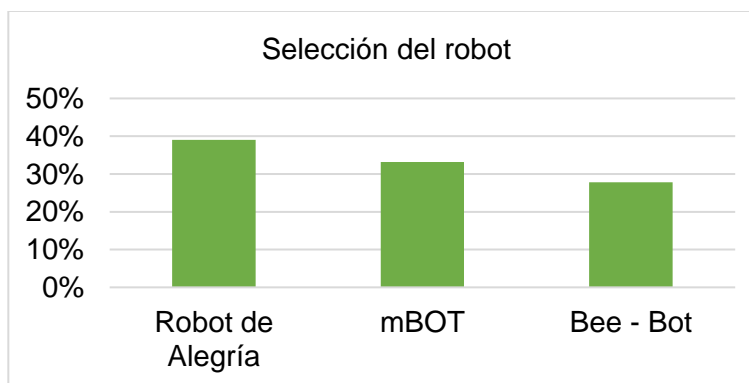
*Nota.* a) Joy Robot, b) Twinky el robot de Arduino, c) Emo – robot de bricolaje, figuras tomadas de (AUTODESK Instructables, 2018)

**Tabla 5***Comparativa de tipos robots*

Alternativa	Precio	Programación	Tamaño	Operaciones	% $\Sigma$ ponderada
Joy Robot	3	3	1	2	39%
Twinky	2	1	2	3	33%
Emo – Robot compañero	1	2	3	1	28%

*Nota.* Los valores establecidos corresponden a 3 para la mejor opción en cuanto al criterio y 1 opción menos favorable.

De acuerdo a la Figura 17, los tres robots comparados tienen una aproximación entre su ponderación, sin embargo, el Joy Robot es el seleccionado para el desarrollo del presente proyecto, ya que en el mismo se pueden acoplar los distintos componentes necesarios para que robot open source de tipo social se transforme en un robot de tipo educativo o de aprendizaje.

**Figura 17***Ponderación del tipo de robot****Selección de componentes electrónicos***

La característica principal para tener en cuenta para la selección de cada uno de los elementos será su robustez, aunque igual varían dependiendo el elemento.

A continuación, se enlistan los materiales necesarios y principales para la construcción del robot.

- Controlador
- Fuente de energía
- Elemento para la visualización de las expresiones
- Reproducción de sonidos
- Movimiento del robot

**Selección del controlador.** El controlador es uno de los elementos más fundamentales en el desarrollo y fabricación del robot, ya que esta actuará a modo de cerebro para que el robot pueda ejecutar diferentes acciones de acuerdo a la programación realizada. La Tabla 6 muestra las características de tres procesadores considerados para el desarrollo del robot.

**Tabla 6**

*Características de los procesadores*

<b>Criterio</b>	<b>Arduino Nano</b>	<b>ESP Wroom 32</b>	<b>Black pill</b>
Velocidad de procesamiento	16 MHz	240 Mhz	84 Mhz
Pines digitales	22	18 ADC 10 GPIOs	37
Pines analógicos	8	3SPI 3UART	10 ADC
Memoria Flash	1Kb	520Kb	128Kb
Tamaño	18x45mm	18x25mm	48x18mm
Voltaje	5V	3V-6V	3V
Conexión inalámbrica	Ninguna	Bluetooth, Wifi	Ninguno
Precio	\$8	\$15	\$11

Para la selección del controlador se tendrá en cuenta los parámetros de la Tabla 7, se representa con 1 y 0, teniendo la mayor ponderación el tamaño.

**Tabla 7***Criterios para la selección del procesador*

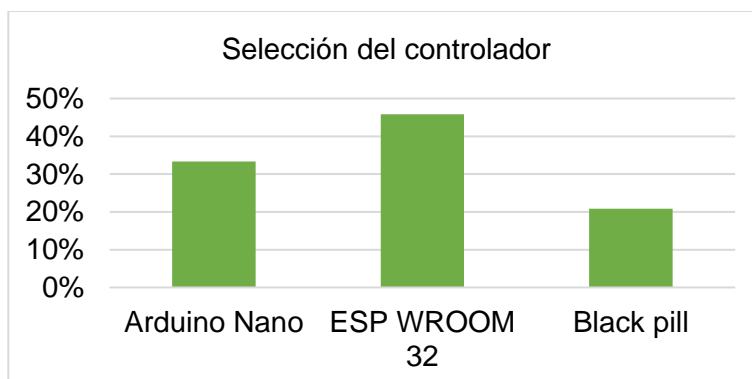
<b>Criterio</b>	<b>Velocidad de procesamiento</b>	<b>Programación</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Pines</b>	<b><math>\sum + 1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Velocidad de procesamiento	-	1	1	1	4	33%
Programación	1	-	0	1	3	25%
Tamaño	1	0	-	0	2	17%
Pines	1	1	0	-	3	25%
<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>100%</b>

Para seleccionar el controlador, se puntúa entre 1 y 3, siendo 1 el más bajo para calificar el elemento, se los seleccionara de acuerdo con la Tabla 8. La Figura 18 indica que existe un controlador que cumple con las características requeridas para este proyecto, en este caso se elige el ESP 32 WROOM, por tener mayor cantidad de pines y bluetooth ya incluido que facilita la conexión con el celular.

**Tabla 8***Calificación de alternativas del controlador*

<b>Alternativa</b>	<b>Velocidad de procesamiento</b>	<b>Programación</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Pines</b>	<b><math>\% \sum</math> ponderada</b>
Arduino Nano ESP	2	3	2	1	33,33%
WROOM 32	3	2	3	3	46%
Black pill	1	1	1	2	21%

*Nota.* Calificaciones de cada controlador siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

**Figura 18***Ponderación del controlador*

**Selección de visualizador.** Para la selección de este elemento visualizador de expresiones se debe tener en cuenta que él elemento sea compatible con el controlador y exista stock en nuestro país, las expresiones se manifestaran con ojos y boca, para realizar esto existen varias opciones que se pueden encontrar en el mercado como se detalla en la Tabla 9 con sus respectivas características.

**Tabla 9***Características de diferentes elementos para mostrar emociones*

<b>Criterio</b>	<b>Oled 128x64</b>	<b>TFT ILI9341</b>	<b>Matriz LED 8X8</b>
Entra Micro S-D	No	Si	No
Color	Monocromático	RGB	Monocromático
Consumo de energía	60mAh	90 mAh	120 uAh
Peso	8.5g	51g	60g
Tamaño	36x40 mm	85x55mm	50x50mm
Compatible	Si	Si	Si
Uso de pines	4	8	4
Precio	\$8	\$18	\$4

Este elemento es importante para el proyecto pues se relaciona de forma visual con los niños, pero también influye en el costo del robot, por ello se pondera en base a las 4 características detalladas en la Tabla 10, con los elementos descritos en la Tabla 9.

**Tabla 10**

*Criterio de selección de elemento visual*

Criterio	Entrada Micro SD	Precio	Tamaño	Uso de pines	$\Sigma+1$	Ponderación
Entra Micro SD	-	1	1	0	3	21%
Precio	1	-	1	1	4	29%
Tamaño	1	1	-	1	4	29%
Uso de pines	0	1	1	-	3	21%
<b>Total</b>					<b>14</b>	<b>100%</b>

Considerando las alternativas de solución, se puede seleccionar la Matriz 8x8 por el uso de pines del controlador para poder agregar otros elementos en el robot, como se puede ver en la Tabla 11 y con más detalle en la Figura 19.

**Tabla 11**

*Ponderación de alternativas de solución para elemento visual*

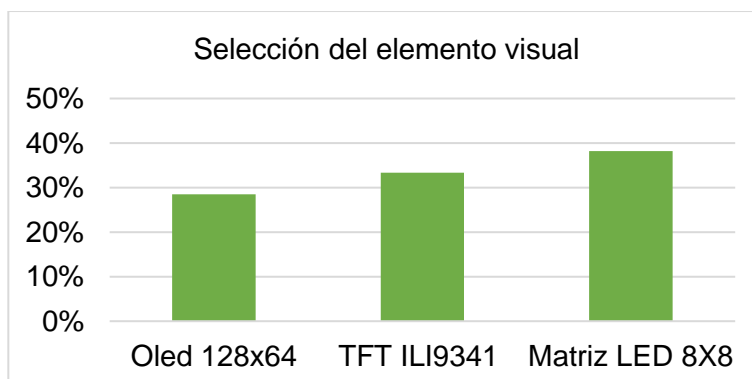
Alternativa	Entrada Micro SD	Precio	Tamaño	Consumo de energía	$\% \Sigma$ ponderada
Oled 128x64	1	2	1	3	28,5%
TFT ILI9341	3	1	3	1	33%
Matriz LED 8X8	2	3	2	2	38%

*Nota.* Calificaciones de cada elemento visual siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.



**Figura 19**

*Porcentaje de alternativas de solución para elemento visual*



**Selección del elemento audible.** La interacción entre el robot y los niños también se realizará por medio del sentido del audio, para esto se detalla en la Tabla 12, varios elementos que se pueden utilizar para cumplir este propósito.

**Tabla 12**

*Características de elemento audible*

<b>Criterio</b>	<b>LM398</b>	<b>Módulo Buzzer</b>	<b>Buzzer</b>
Potencia	1W	0.5W	0.5W
Voltaje	5V	5V	5V
Uso de Pines	4	3	2
Peso	5g	10g	10g
Tamaño	41x13mm	19x15mm	12x9.5mm
Compatible	Si	Si	Si
Precio	\$2 (No incluye parlante)	\$2	\$1

La interacción entre el robot y el niño se dará solo para indicar cuando haya realizado una tarea correctamente o al contrario por lo que solo se planea utilizar 2 sonidos, uno de aprobación y otro de desaprobación por lo que no es necesario incluir más sonidos, por lo cual se seleccionaron 4 características de la Tabla 12 y se genera la Tabla 13.

**Tabla 13***Criterio de selección del elemento audible*

<b>Criterio</b>	<b>Potencia</b>	<b>Uso de pines</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Precio</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Potencia	-	0	1	1	3	25%
Uso de pines	0	-	1	0	2	17%
Tamaño	0	1	-	1	3	25%
Precio	1	1	1	-	4	33%
<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>100%</b>

Realizado el criterio de selección para el elemento audible en la Tabla 14 con ponderación de 1 a 3 siendo 3 el más alto, el ganador fue el Buzzer cómo se puede observar en la Figura 20, teniendo en cuenta el uso de pines, características más importantes en el desarrollo del proyecto.

**Tabla 14***Ponderación de los diferentes elementos audibles*

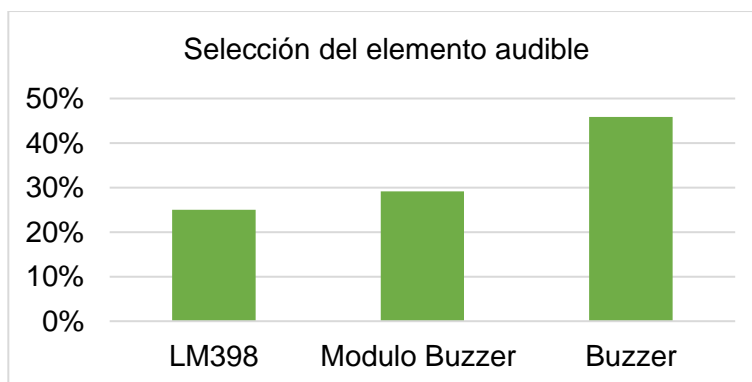
<b>Alternativa</b>	<b>Potencia</b>	<b>Uso de pines</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Precio</b>	<b><math>\% \Sigma</math> ponderada</b>
LM398	3	1	1	1	25%
Modulo Buzzer	1	2	2	2	29%
Buzzer	2	3	3	3	46%

*Nota.* Calificaciones de cada elemento audible siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

El elemento audible seleccionado es el Buzzer como se muestra en la Figura 20 es el elemento que mayor ponderación tuvo luego de los criterios aplicados.

**Figura 20**

*Porcentaje de alternativas de solución para elemento audible*



El movimiento del motor es una de las funciones más importante del robot, debido a que tendrá una interacción con la aplicación y los niños, para ello se debe incorporar varios elementos para su movimiento. Se inicia con la selección de motores, drivers y finalmente sensores que interactuaran con el medio físico en el que se encuentra el usuario, normalmente en este tipo de proyectos se utilizan motores DC con drivers compatibles con el controlador y los sensores que ayudaran a evitar obstáculos, teniendo en cuenta eso, se analizaran varios modelos de motores, drivers y sensores que se encuentran en el mercado local.

**Selección del motor DC.** El movimiento del motor es una de las funciones más importante del robot, debido a que tendrá una interacción con la aplicación y los niños, para ello se debe incorporar varios elementos para su movimiento. Se inicia con la selección de motores, drivers y finalmente sensores que interactuaran con el medio físico en el que se encuentra el usuario, normalmente en este tipo de proyectos se utilizan motores DC con drivers compatibles con el controlador y los sensores que ayudaran a evitar obstáculos, teniendo en cuenta eso, se analizaran varios modelos de motores, drivers y sensores que se encuentran en el mercado local. La Tabla 15 muestra algunos criterios de selección elegidos para la selección de motor.

**Tabla 15***Características de motores de corriente directa*

<b>Criterio</b>	<b>Motor reductor de eje doble</b>	<b>Motor polulu 37Dx68L</b>	<b>Micromotor con caja reductora</b>
RPM	200	1920	3000
Voltaje	3 a 5V	12V	6V
Consumo de corriente	150 mA	200mA	70ma
Peso	50g	216g	40g
Tamaño	65x23mm	16x6mm	10x12mm
Encoder	No	Si	No
Precio	\$3	\$35	\$15

Partiendo del modelo del Joy Robot se hace un análisis sobre el motor que se utiliza en el mismo y comparándolos con otros posibles remplazos ya que los motores son la parte más importante pues ellos generaran el movimiento de todo el robot, por eso se toma en cuenta su tamaño, consumo de energía y velocidad como se muestra en la Tabla 16, en base a la Tabla 15.

**Tabla 16***Criterios para selección de motor de corriente continua*

<b>Criterio</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Consumo de corriente</b>	<b>RPM</b>	<b>Tamaño</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Velocidad	-	1	1	0	3	25%
Consumo de corriente	1	-	1	0	3	25%
RPM	1	1	-	1	4	33%
Tamaño	0	0	1	-	2	17%
<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>100%</b>

Con los criterios de selección de motor DC establecidos, se pondera con un valor de 1 a 3, siendo 3 el valor más alto las características mencionadas, por lo que se tiene como ganador a un motor con caja reductora gracias a que la velocidad y consumo de corriente como se puede observar en la Tabla 17 y detalladamente en la Figura 21.

**Tabla 17**

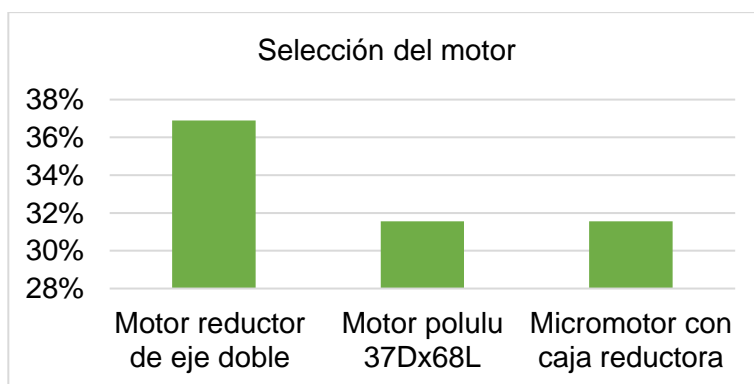
*Ponderación de las alternativas de motores de corriente continua*

Alternativa	Velocidad	Consumo de corriente	RPM	Tamaño	% $\Sigma$ ponderación
Motor reductor de eje doble	2	3	1	3	36,89%
Motor polulu 37Dx68L	3	1	2	2	32%
Micromotor con caja reductora	1	2	3	1	32%

La Figura 21, muestra el elemento ganador corresponde al motorreductor de eje doble por lo que se mantiene el motor del diseño original para el desarrollo del presente proyecto.

**Figura 21**

*Porcentaje para la selección de motor*



**Selección del controlador para el motor.** Ya seleccionado el motor es necesario un driver para poder controlar el movimiento del mismo, en la Tabla 18 se detallan las características de drivers que se pueden conseguir en el país.

**Tabla 18**

*Características de los drivers disponibles en el mercado*

<b>Criterio</b>	<b>Driver TB6612FG</b>	<b>Driver L293N</b>	<b>Driver A4988</b>
Canales	2	2	2
Voltaje	2.5 a 13.5V	4.5 a 12V	3.3 a 5V
Consumo de corriente	1.2 A	600 mA	2A
Protección térmica	Si	Si	Si
Protección frente a corto circuito	Si	Si	No
Control para PWM	Si	Si	Si
Precio	\$3	\$7	\$5

Se tomo como base la Tabla 19 para seleccionar a un driver entre sus características más importantes siendo 1 valor de importancia/relación y 0 lo contrario.

**Tabla 19**

*Criterios para selección del driver motor*

<b>Criterio</b>	<b>Protección frente a cortocircuitos</b>	<b>Protección térmica</b>	<b>Precio</b>	<b>Voltaje</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Protección frente a cortocircuitos	-	0	1	0	2	20%
Protección térmica	0	-	1	0	2	20%
Precio	1	1	-	1	4	40%
Voltaje	0	0	1	-	2	20%
<b>Total</b>					<b>10</b>	<b>100%</b>

En base a la Tabla 19 se calificó estos criterios en una escala de 1 a 3, siendo 1 el valor más bajo, dando como ganador al driver TB6612FG sus prestaciones parecidas a la competencia como se puede observar en la Figura 22 y detalladamente en la Tabla 20.

**Tabla 20**

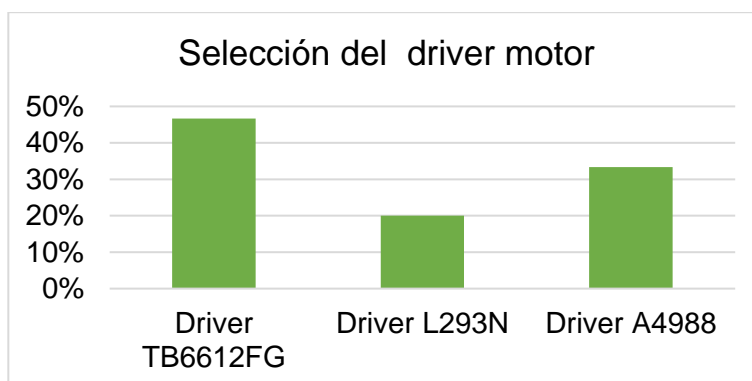
*Ponderación de las alternativas de drivers para motor dc*

Alternativa	Protección frente a cortocircuitos	Protección térmica	Precio	Voltaje	% $\Sigma$ ponderada
Driver TB6612FG	3	2	3	3	46,67%
Driver L293N	1	1	1	2	20%
Driver A4988	2	3	2	1	33%

*Nota.* Calificaciones de cada driver motor siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

**Figura 22**

*Porcentaje para la selección de driver motor dc*



**Selección de los sensores.** Los diferentes sensores que se van a utilizar en el proyecto sirven para que el robot interactúe con el entorno y el usuario, para ello se ha implementado 3 tipos de sensores: ultrasónico, capacitivo y luminoso. Los cuales se seleccionan a continuación.

**Sensor ultrasónico.** Este sensor permite que el robot no sufra alguna colisión al momento que está en movimiento, para esto se detalla en la Tabla 21 los tipos de sensores ultrasónicos que se encuentran en el mercado.

**Tabla 21***Características de los diferentes sensores digitales*

<b>Criterio</b>	<b>HC-SR04</b>	<b>RUS-04</b>	<b>QT50U</b>
Rango de medición	2 cm a 400 cm	5 cm a 500 cm	3 cm a 500 cm
Precisión	+/- 3 mm	+/- 1 mm	+/- 1 mm
Ángulo de detección	30 grados	15 grados	15 grados
Frecuencia de trabajo	40 kHz	40 kHz	40 kHz
Voltaje de operación	5 V	5 V	5 V
Consumo de corriente	15 mA	30 mA	15 mA
Precio	\$3	\$10	\$20
Salida de señal	Pulso digital	Pulso digital	Pulso digital

De igual forma se aplica un criterio de selección como indica la Tabla 22, para aplicar el mejor en el desarrollo del proyecto.

**Tabla 22***Criterios de selección del sensor ultrasónico*

<b>Criterio</b>	<b>Rango de medición</b>	<b>Voltaje de operación</b>	<b>Consumo de corriente</b>	<b>Frecuencia</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Rango de medición	-	0	0	1	2	17%
Voltaje de operación	0	-	1	1	3	25%
Consumo corriente	0	1	-	1	3	25%
Frecuencia	1	1	1	-	4	33%
<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>100%</b>

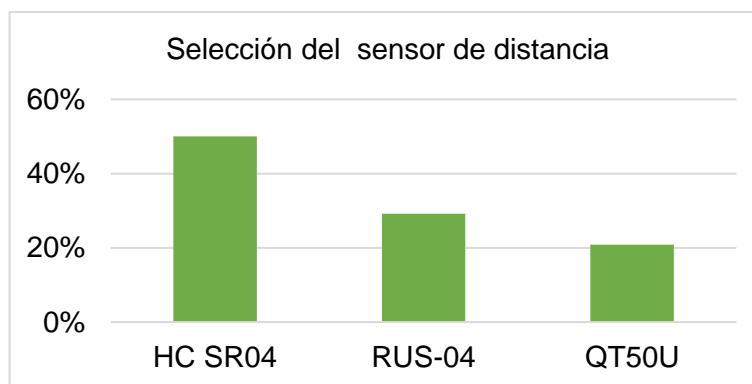
La opción ganadora es el sensor HC-SR04 como se muestra en la Tabla 23 y la Figura 23 con más detalle, esto se debe a su frecuencia y rango de medición.



**Tabla 23***Calificación del sensor ultrasónico*

Alternativa	Rango de medición	Voltaje de operación	Consumo de corriente	Frecuencia	% $\Sigma$ ponderada
HC SR04	3	3	3	3	50%
RUS-04	2	2	1	2	29%
QT50U	1	1	2	1	21%

*Nota.* Calificaciones de cada sensor ultrasónico siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

**Figura 23***Porcentaje del sensor ultrasónico*

**Selección del sensor capacitivo.** Este sensor servirá para que exista una interacción física con el usuario, cuando se manipule el sensor realizará la activación del robot. Se describen 3 tipos de sensores capacitivos y se aplica un criterio de selección como indica la Tabla 24 para emplear el mejor para el proyecto.

**Tabla 24***Características de sensores capacitivos*

<b>Criterio</b>	<b>TTP223B</b>	<b>TTP224</b>	<b>Mgsystem TTP223</b>
Canales de entrada	1	4	1
Tensión de operación	2.0V - 5.5V	2.4V - 5.5V	3.3 V -5V
Corriente de reposo	<1uA	<6uA	<5uA
Modos de salida	Alternante / Momentáneo	Alternante / Momentáneo	Alternante / Momentáneo
Dimensiones	11.5mm x 6mm	20mm x 24mm	25mm x 24mm
Precio	\$3	\$5	\$5

La Tabla 25 presentan la ponderación de los criterios más importantes para la selección del sensor capacitivo.

**Tabla 25***Calificación del sensor capacitivo*

<b>Criterio</b>	<b>Canales de entrada</b>	<b>Corriente de reposo</b>	<b>Precio</b>	<b>Dimensiones</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Canales de entrada	-	0	1	0	2	20%
Corriente de reposo	0	-	1	0	2	20%
Precio	1	1	-	1	4	40%
Dimensiones	1	0	0	-	2	20%
<b>Total</b>					<b>10</b>	<b>100%</b>

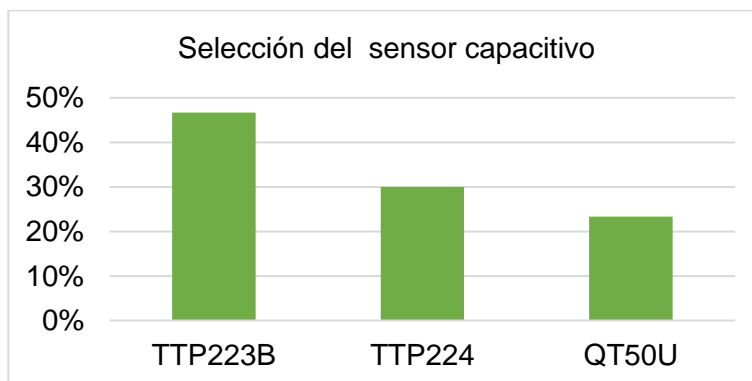
La Tabla 26 y la Figura 24 muestra como ganador al sensor TTP223B y este se utilizará en el proyecto por su costo accesible y consumo de corriente en reposo baja.

**Tabla 26***Calificación del sensor capacitivo*

Alternativa	Canales de entrada	Corriente de reposo	Precio	Dimensiones	% $\Sigma$ ponderada
TTP223B	2	3	3	3	46,67%
TTP224	3	2	1	2	30%
QT50U	1	1	2	1	23%

*Nota.* Calificaciones de cada sensor capacitivo siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

Los porcentajes de obtenidos por los tres sensores capacitivos se muestra en la Figura 24 en la cual se evidencia como la mejor opción al sensor TTP223B esto por tener mejores características y acoplarse de mejor manera al desarrollo del robot.

**Figura 24***Porcentaje del sensor capacitivo*

**Sensor luminoso.** El sensor luminoso interactúa con el entorno del robot determinado si existe algún tipo de cambio o variación en la luz, para esto se describe 3 tipos de sensores luminoso en la Tabla 27.

**Tabla 27***Características de sensores luminosos*

<b>Criterio</b>	<b>AR-PHOTOSENSOR</b>	<b>TEMT6000</b>	<b>LDR</b>
Rango de medición	0 lux a 120000 Lux	0 lux a 100000 Lux	0 lux a 80000 Lux
Sensibilidad	80 lux/mV	60 lux/mV	60 lux/mV
Tipo de salida	Analógica	Analógica	Analógica y digital
Tensión de operación	5V	3 V a 5 V	3 V a 5 V
Consumo de corriente	3 mA	1 mA	1 mA
Tiempo de respuesta	<10 ms	<20 ms	<20 ms
Precio	\$35	\$12	\$2

Los criterios para seleccionar el mejor sensor luminoso se realizan en base a la Tabla 28.

**Tabla 28***Criterios de selección del sensor luminoso*

<b>Criterio</b>	<b>Rango de medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Consumo de corriente</b>	<b>Tensión de operación</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Rango de medición	-	1	0	0	2	17%
Precio	1	-	1	1	4	33%
Consumo de corriente	0	1	-	1	3	25%
Tensión de operación	0	1	1	-	3	25%
<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>100%</b>

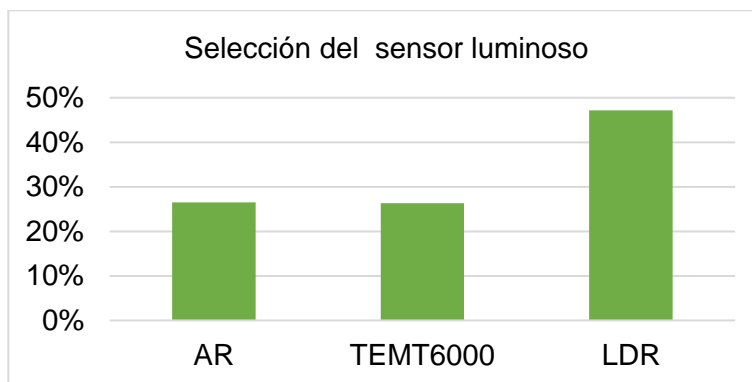
La opción ganadora es el sensor LDR como se muestra en la Tabla 29 y la Figura 23 con más detalle, esto se debe a la disponibilidad en el país.

**Tabla 29***Calificación del sensor luminoso*

Alternativa	Rango de medición	Precio	Consumo de corriente	Tensión de operación	% $\Sigma$ ponderada
AR-PHOTOSENSOR	3	1	1	2	26,5%
TEMT6000	1	2	2	1	26%
LDR	2	3	3	3	47%

*Nota.* Calificaciones de cada sensor luminoso siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

El LDR es el sensor que favorece mayormente al desarrollo del robot luego de todas sus características evaluadas como se observa en la Figura 25.

**Figura 25***Porcentaje del sensor luminoso*

**Batería.** Al igual que todos los componentes la batería es muy importante pues de esto dependerá la autonomía y horas de aprendizaje continuo de los niños por esa razón se realiza la selección con respecto a las necesidades detalladas anteriormente.

En el mercado existen múltiples robots educativos, es así que el tiempo de autonomía que tienen, varía según las condiciones de funcionamiento a las que son sometidas y la cantidad de elementos que los conformen, en este sentido se toma como referencias a 3 tipos de robots educativos. Edison es un robot de codificación con una batería AAA con una

autonomía de la batería de hasta 1 hora (Edison, 2024), Bee - Bot es otro robot educativo el cual tiene 2 horas y media de uso continuo aproximadamente (Aprender con robots, 2024) y Codi Oruga es un robot con pilas alcalinas que puede durar hasta 2 horas de uso continuo (Raquel & Daniel, 2022). En este sentido se establece un valor de tiempo de uso continuo de 3 horas para el robot a fabricar.

**Cálculo de la batería.** El requerimiento principal del robot es que dure aproximadamente 3 horas de uso continuo, con esto se puede seleccionar una batería que cumpla con esa especificación, otro valor que se conoce es valor de voltaje a suministrar, se necesita un voltaje de 5V.

Datos:

- Tiempo de duración =  $T_d = 3H$
- Voltaje de batería =  $V_d = 5V$
- Amperaje de la batería =  $A_b = ?$
- Voltaje del circuito =  $V_c = 5V$
- Amperaje del circuito =  $A_c = ?$

El tiempo de la duración de la batería se calcula con la siguiente formula:

$$T_d = \frac{W_b}{W_c}$$

Donde:

- $W_b$  = Potencia de la batería
- $W_c$  = Potencia del circuito

A su vez se puede determinar de la siguiente manera la fórmula antes descrita:

$$T_d = \frac{V_b * I_b}{V_c * I_c}$$

El voltaje de la batería y circuito ya están determinados, de igual manera el tiempo de duración de la batería, pero no se conoce la corriente del circuito ni de la batería.

Para calcular la corriente del circuito se procede a sumar las corrientes de todos los elementos que van a ir conectados.

$$I_c = I_{esp32} + I_{motor} + I_{ultrasonico} + I_{ldr} + I_{capacitivo} + I_{leds} + I_{buzzer} + I_{driver} + I_{matrizled}$$

$$I_c = 20mA + 2 * 500mA + 15mA + 1mA + 10mA + 2 * 20mA + 100mA + 1.2mA + 4 * 120mA$$

$$I_c = 3965 \text{ mA/h}$$

El circuito consume 3965mA, con este dato ya se puede calcular la corriente de la batería que se necesita utilizar para que dure 3 horas continuas.

$$I_b = \frac{T_d * V_c * I_c}{V_b}$$

$$I_b = \frac{3h * 5V * 3965mA/h}{5V}$$

$$I_b = 11895mA \approx 12000mA$$

Para que la batería dure las 3 horas se sugiere que tenga 12000mA con entre de voltaje de 5V.

### **Selección de componentes mecánicos**

**Material para la estructura del robot.** Para este proyecto se han considerado 3 materiales que están disponibles en nuestro país y que de igual manera se ha utilizado para la construcción de varios robots educativo, estos son: impresión 3D con PLA, impresión 3D por resina y madera MDF que se puede cortar por medio de láser. En la Tabla 30 se detalla las características más importantes de cada material, en base a eso se seleccionará un material basándose en los criterios de la Tabla 30.

**Tabla 30***Características de los diferentes materiales para la estructura del robot*

<b>Característica</b>	<b>MDF</b>	<b>PLA</b>	<b>Resina</b>
Resistencia mecánica	Buena	Moderada	Excelente
Peso	Pesado	Ligero	Ligero
Rigidez	Alta	Moderada	Alta
Resistencia a la humedad	Baja	Baja	Baja
Resistencia a la temperatura	Buena	Baja	Excelente
Facilidad de mecanizado	Fácil	Fácil	Difícil
Sostenibilidad	Baja	Alta	Variable
Costo	Moderado	Moderado	Alto
Acabado superficial	Bueno	Bueno	Excelente
Toxicidad	Baja	Baja	Variable
Conductividad térmica	Baja	Baja	Baja
Disponibilidad	Amplia	Amplia	Limitada

Entre los principales criterios a ser analizados se destacan el peso del material, el peso, la facilidad de mecanizado y sobre todo el nivel de toxicidad ya que el robot va estar en contacto directo con los niños, la respectiva ponderación de los mismos se evidencia en la Tabla 31.

**Tabla 31***Criterios de selección de materiales para la estructura del robot*

<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>Precio</b>	<b>Facilidad de mecanizado</b>	<b>Toxicidad</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
Peso	-	1	1	0	3	27%
Precio	1	-	1	1	4	36%
Facilidad de mecanizado	0	1	-	0	2	18%
Toxicidad	0	1	0	-	2	18%
<b>Total</b>					<b>11</b>	<b>100%</b>



La Tabla 32 da como ganador al material PLA teniendo en cuenta que sus características son las mejores en comparación a las 3, además de que la impresión 3D FDM es ya muy común en el país y es más asequible en comparación a los otros materiales mencionados.

**Tabla 32**

*Calificación de materiales para la estructura del robot*

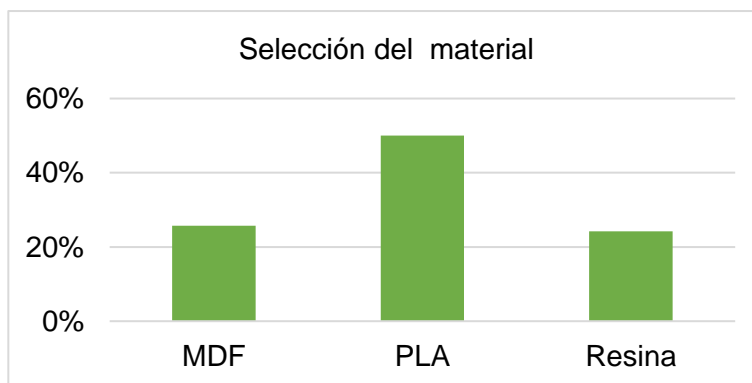
Alternativa	Peso	Precio	Facilidad de mecanizado	Toxicidad	% $\Sigma$ ponderada
MDF	1	2	1	2	25,75%
PLA	3	3	3	3	50%
Resina	2	1	2	1	24%

*Nota.* Calificaciones de cada material siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

El PLA es el material con el cual estará fabricado los elementos del robot, la muestra el porcentaje con el cual fue seleccionado de acuerdo a la ponderación y análisis de las alternativas. La Figura 26 muestra el porcentaje con el cual fue seleccionado de acuerdo a la ponderación y análisis de las alternativas.

**Figura 26**

*Porcentaje de materiales para la estructura del robot*



### Selección de plataforma de programación

Se tuvo como idea realizar una aplicación que sea compatible con la mayoría de los teléfonos en el país, el sistema operativo para teléfonos más utilizado en Ecuador es Android, por lo que se planteó 3 programas en los que se puede crear la app para este sistema operativo los cuales son: Unity, Android Studio y App Inventor. En la Tabla 33 se muestra los criterios principales para poder elegir la mejor para la implementación del proyecto.

**Tabla 33**

*Criterios de selección de la plataforma de programación*

Criterio	Software libre	Nivel de programación	Multiplataforma	Precio	$\Sigma+1$	Ponderación
Software libre	-	0	1	1	3	25%
Nivel de programación	0	-	1	0	2	17%
Compatible con Android	1	1	-	1	4	33%
Precio	1	0	1	-	3	25%
<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>100%</b>

Como se puede ver en la Tabla 34 la opción ganadora es el software Unity por ser software libre, tener varios complementos en internet que son gratuitos y se pueden incluir en la aplicación, la Figura 27 muestra con más detalle los resultados del ganador.

**Tabla 34**

*Calificación la plataforma de programación*

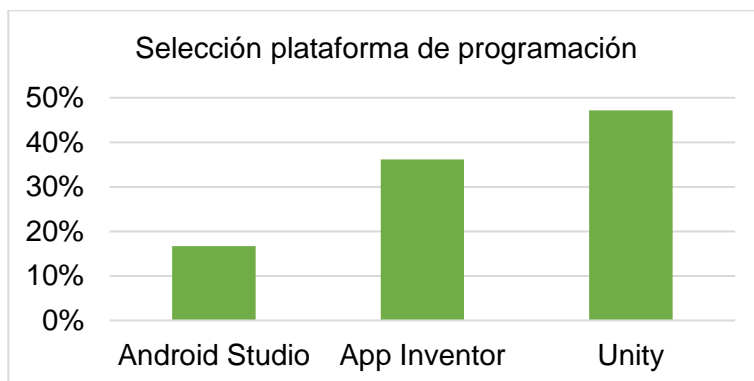
Alternativa	Software libre	Nivel de programación	Multiplataforma	Precio	$\% \Sigma$ ponderación
Android Studio	1	1	1	1	16,67%
App Inventor	2	3	2	2	36%
Unity	3	2	3	3	47%

*Nota.* Calificaciones de cada software siendo 3 el más alto y 1 el más bajo.

Unity es el motor de desarrollo que ha salido seleccionado para el diseño de la aplicación el mismo que consiste en un motor gráfico open source el cual facilitará el diseño de la aplicación debido a su amplia aceptación en el mercado de la programación. Además el mismo permite la exportación del aplicativo a sistemas Android y IOS haciéndolo idóneo para todos los dispositivos. Para el presente proyecto se efectuará las pruebas de funcionalidad con el sistema Android.

### Figura 27

*Plataforma de programación*

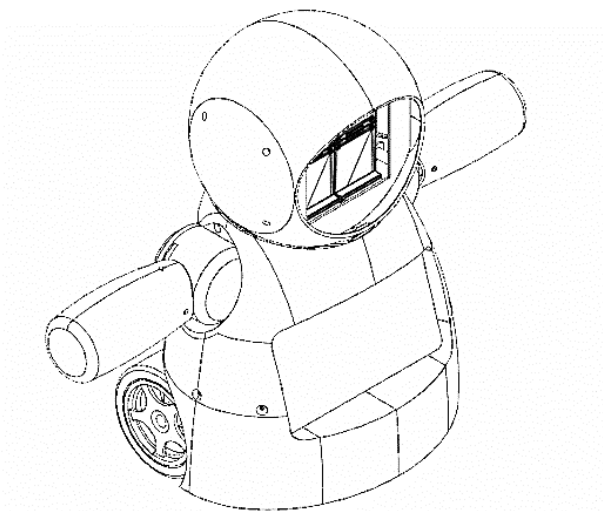


### Esquema general del Robot

Conocidos los requerimientos de los usuarios y la lista de elementos electrónicos a incorporarse en el robot se ha optado por aprovechar el recurso Open Source del "Joy Robot (Robot de alegría)" de la Figura 28 descrito en el capítulo I, manteniendo la esencia del robot, modificando y adaptando ciertos elementos o partes a fin de transformar al robot de tipo social en un robot de tipo educativo o de aprendizaje.

## Figura 28

*Idea de prototipo de Robot*



*Nota.* Joy Robot (Robot de alegría), figura tomada de (AUTODESK Instructables, 2018).

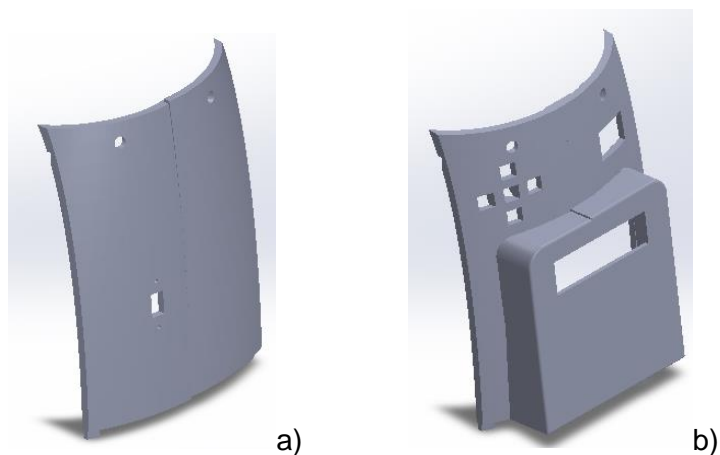
### ***Cuerpo del Robot***

El armazón del robot consta de varias partes esenciales para un buen funcionamiento e interactividad con los niños, se debe tener en cuenta el lugar donde se van a ubicar los elementos electrónicos con el fin de que exista el espacio adecuado para el cableado. Por lo se enfoca principalmente el lugar en el cual irán colocados los botones en caso de no tener un teléfono móvil para su control y se procede a modificar la parte posterior del robot considerando la posible modificación de la batería también se desarrolla una caja de protección para la misma.

Luego de tener una idea de cómo va a ser la estructura del robot se procede a replicar y modificar en un software CAD cada parte del robot, para tener un primer prototipo. La Figura 29 muestra la adaptación y modificación de la parte posterior del cuerpo del robot a fin de incluir un juego de pulsadores para el control manual, un área de carga y un espacio de almacenamiento de energía.

## Figura 29

### Prototipo inicial de robot

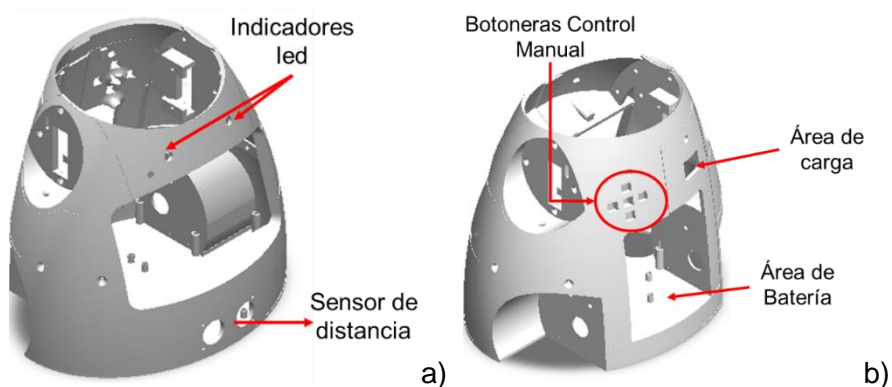


*Nota.* Parte posterior del robot, a) modelo original, b) modelo modificado.

La Figura 30 muestra con más detalles las modificaciones hechas al diseño original con el fin de integrar todos los elementos preseleccionados, esto es cortes en la estructura para la colocación de pulsadores de control manual, espacios de carga, localización de sensor de distancia, ubicación de leds y área para batería.

## Figura 30

### Cuerpo del robot



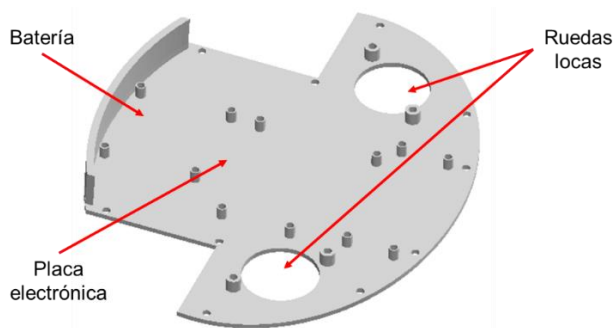
*Nota.* Cuerpo del robot, a) vista isométrica frontal, b) vista isométrica posterior.

## Base

En la Figura 31 muestra la base modificada del diseño original y en esta estarán colocadas las placa electrónica y ruedas locas que ayudaran a realizar los giros del robot además de los motores y la batería, se agregó unas pequeñas protuberancias donde se sujetaran con tornillos los elementos mencionados.

## Figura 31

*Base del robot*

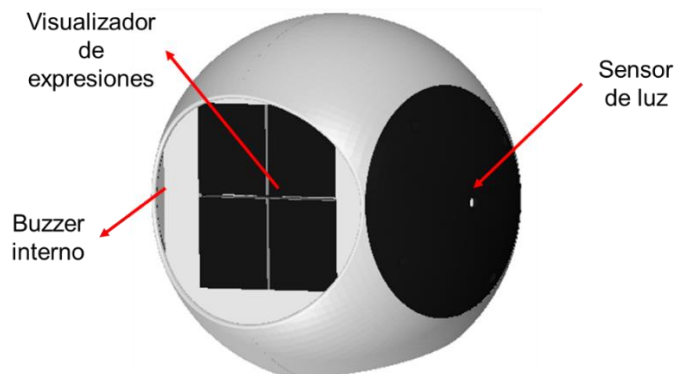


## Cabeza

La cabeza lleva 3 elementos que son: el sensor de luz, buzzer y el visualizador de expresiones como se puede observar con más detalle en la Figura 32, este mantiene el diseño original, sin embargo, se acopla un sensor de luz en la parte izquierda de la cabeza del robot.

## Figura 32

*Cabeza del robot*

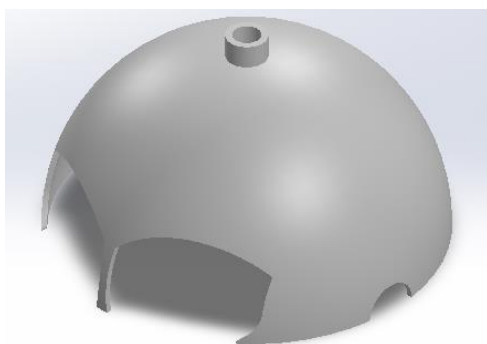


### ***Diseños accesorios***

Con el propósito de que la apariencia del robot pueda ser modificada se diseña un casco como muestra la Figura 33, esta permitirá colocar elementos adicionales sobre la cabeza del robot.

### **Figura 33**

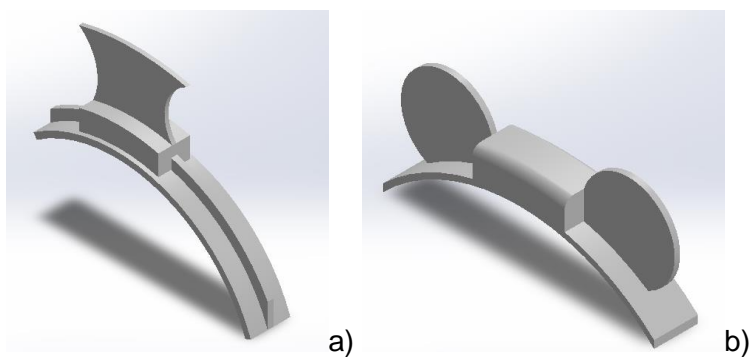
*Casco para el robot*



El casco contiene una protuberancia en la parte superior la cual servirá para modificar la apariencia mediante el acoplamiento de otros elementos diseñados, como se muestra en la .

### **Figura 34**

*Accesorios de casco*



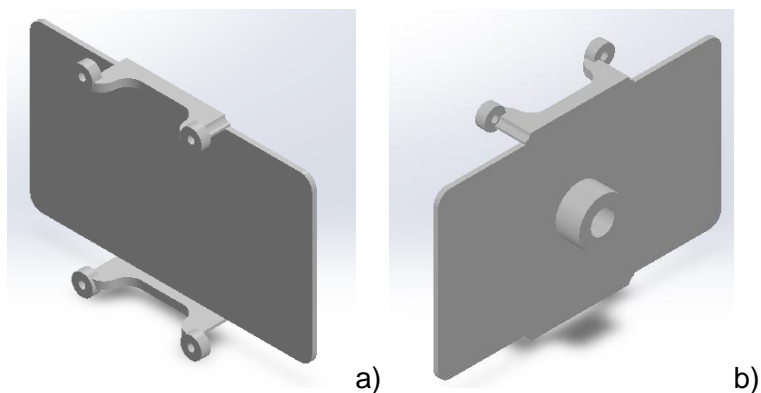
*Nota.* Accesorios del robot, a) accesorio masculino, b) accesorio femenino.

Para la parte frontal de cuerpo del robot se ha diseñado un soporte interno con el fin de que en la misma se puedan colocar elementos identificativos, en la parte posterior de la

misma se coloca una protuberancia sobre la cual se colocará un imán para acoplarse a el soporte externo como se evidencia en la Figura 35.

### Figura 35

*Soporte interno para identificativos*

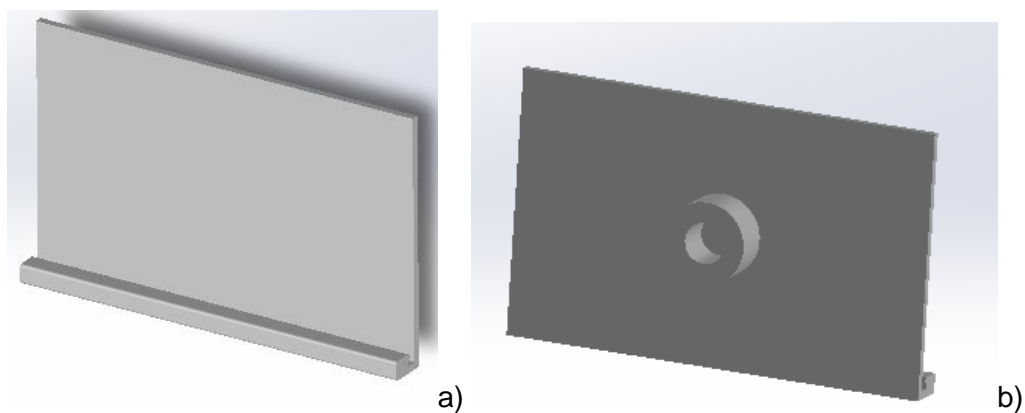


*Nota.* Soporte para identificativos, a) vista frontal, b) vista posterior.

La figura 36, muestra el soporte exterior para los identificativos que podrán ser colocados por los usuarios del robot, también consta de una protuberancia en la parte exterior para la colocación de un imán y pueda acoplarse al soporte interno.

### Figura 36

*Soporte exterior para identificativo*



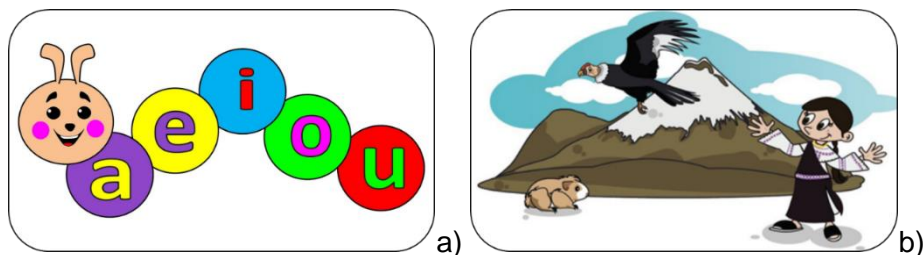
*Nota.* Soporte exterior para identificativo, a) vista frontal, b) vista posterior.



Los identificativos podrán ser colocados en láminas, cortes MDF o acrílico de hasta 3 mm, en la Figura 37 se muestra unos esquemas de ejemplo sobre los identificativos.

### Figura 37

Ejemplos de identificativos



Nota. Figuras tomadas de (Patino De Hule, 2019) y (Castellanos Venegas, 2016)

### Análisis de la estructura

Luego de rediseñar el prototipo del robot, se analiza la parte más crítica, en este caso la base pues soporta el peso de todas las piezas impresas en 3D y los elementos electrónicos. Para ello se define principalmente el material que se va a utilizar para realizar el análisis en el software CAD, en este caso es PLA como se había seleccionado en las secciones anteriores, el software CAD no tiene este material en su biblioteca por lo que se debe agregar para utilizar en el análisis. Este proceso se evidencia en la Figura 38.

### Figura 38

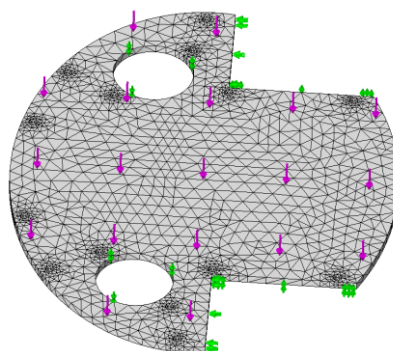
Características mecánicas del PLA

Property	Value	Units
Elastic Modulus	0.0023465	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.3	N/A
Shear Modulus		N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	1300	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	40	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength	73.73	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	57	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.261	W/(m.K)

Definido el material con el cual se realizará el análisis se procede a definir los soportes y fuerzas que se aplican en la base del robot, luego se debe realizar el mallado para que el software realice el cálculo por el método de elementos finitos. Los soportes se detallan en color verde (ruedas) y las fuerzas de color morado en la Figura 39.

### Figura 39

*Fuerzas y mallado*

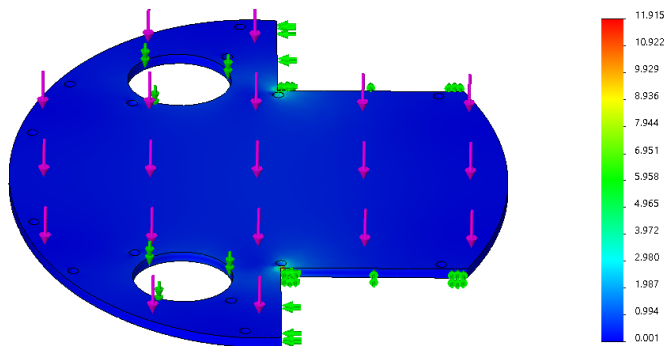


### **Análisis de tensiones**

Como se puede observar en la Figura 40 la tensión de Von Mises que se genera en la base no supera el límite elástico que es de 57 MPa valor que se establece para este material, esto quiere decir que el material al momento de sufrir deformaciones recupera su forma original.

### Figura 40

*Tensión de Von Mises*

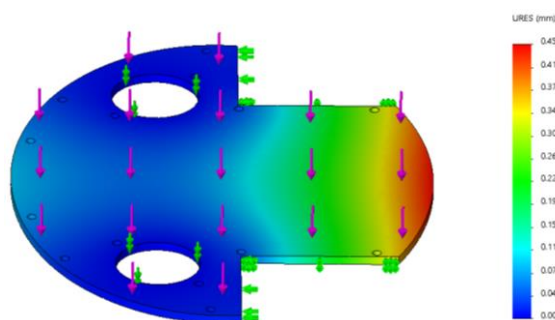


### **Análisis de deformación**

La Figura 41 muestra la deformación que se produce en la base del robot, como se puede observar donde más deformación se producirá es en la parte “trasera”, donde se ubican la placa, batería y los motores, aunque no es mucha la deformación pues el valor máximo es de 0.45mm.

**Figura 41**

*Análisis de deformación*

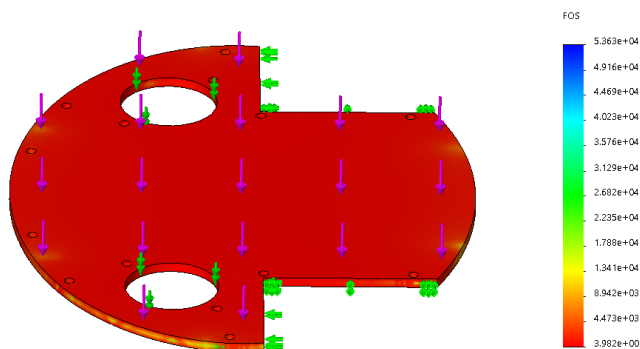


### **Análisis de factor de seguridad**

Mott (2009) recomienda un factor de seguridad mayor a 2 para considerar seguros a un prototipo, la Figura 42 indica que el FDS mínimo en la base es de 3.982 siendo mayor al recomendado por lo que se considera seguro.

**Figura 42**

*Factor de seguridad en la base*



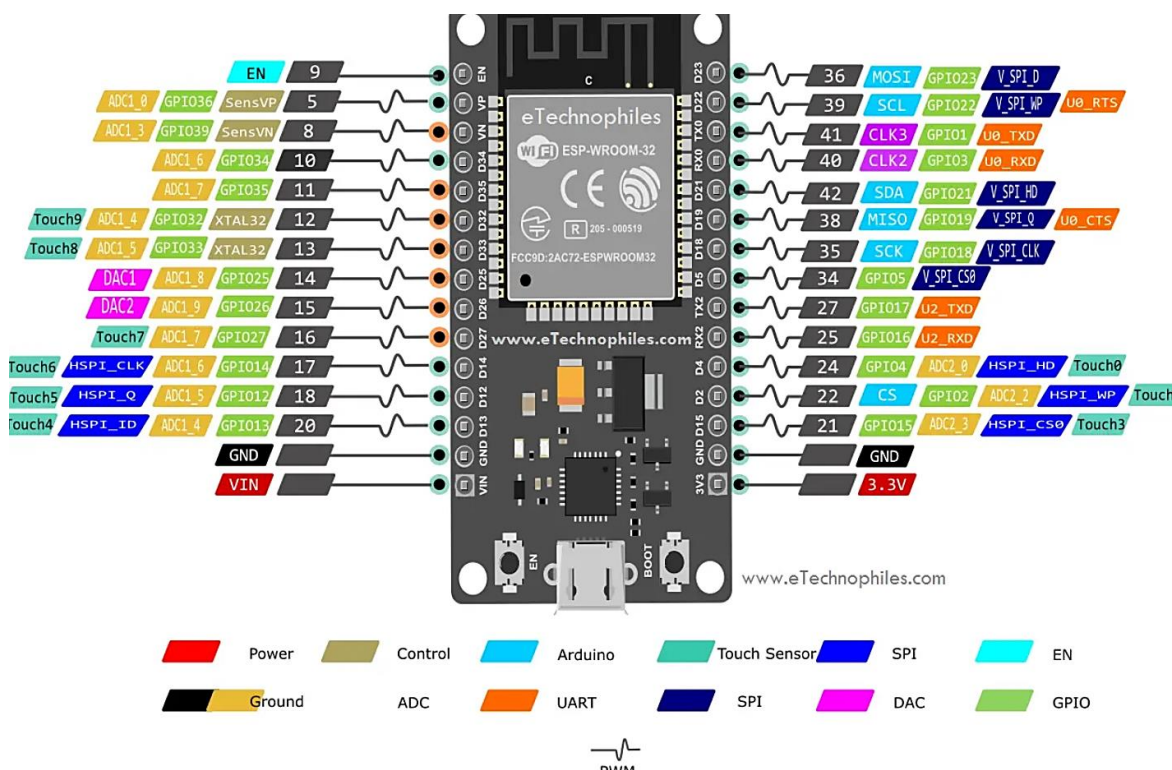
## Diseño electrónico

Luego de determinar los elementos electrónicos que se van a utilizar para el robot, tanto sensores como actuadores, se debe realizar una investigación acerca del microcontrolador que se va a utilizar ya que sus pines los vamos a utilizar para comunicación SPI, control PWM, entradas de los sensores, bluetooth, etc.

La Figura 43 muestra los 36 pines en total, 18 de los cuales se encuentran en cada lado de la placa. Tiene 34 pines GPIO, cada uno de los cuales tiene varias funcionalidades que se pueden configurar mediante registros particulares.

**Figura 43**

*Puertos GPIO del ESP32*



*Nota.* Los colores en la imagen detallan si son entradas, salidas, salidas PWM, etc., Figura tomada de (Pinillos, 2020)

Los pines GPIO son pines de entrada y salida digital que se pueden configurar para una variedad de usos, como UART, I2C, SPI y PWM, entre otros. Los 34 pines GPIO son totales, pero no todos están disponibles en todas las placas de desarrollo. Hay algunos pines GPIO que cumplen ciertas funciones que es importante tener en cuenta al usarlos. Estos incluyen pines de arranque, pines conectados a la memoria flash integrada o pines conectados a un LED integrado (Pinillos, 2020).

Los pines de entrada analógica (ADC) tienen la capacidad de leer valores de voltaje entre 0 y 3.3V. Algunos de los 18 pines ADC también se pueden utilizar como pines táctiles o DAC. Los pines ADC tienen una resolución de doce bits, lo que les permite leer hasta cuatro mil niveles de voltaje diferentes (Pinillos, 2020).

Los pines de salida analógica (DAC) producen valores de voltaje entre 0 y 3.3V. Los dos pines DAC tienen una resolución de 8 bits y son capaces de generar 256 niveles de voltajes diferentes lo que implica varias posibles configuraciones (Pinillos, 2020).

Los pines SPI se pueden usar para comunicarse con dispositivos que utilizan el protocolo de interfaz periférica serial es usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos. El ESP32 tiene tres interfaces SPI. MISO (Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCK (Serial Clock) y CS (Pinillos, 2020).

Los pines I2C (Inter-Integrated Circuit) pueden usarse para comunicarse con dispositivos que utilizan el protocolo I2C como displays, pantallas y algunos sensores, El ESP32 cuenta con dos interfaces I2C, y el usuario puede asignar cualquier pin GPIO, como SDA (datos seriales) o SCL (cálculo serial) (Pinillos, 2020).

Los pines que se pueden usar para comunicarse con dispositivos que usan el protocolo Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART) se conocen como pines UART. El

ESP32 tiene tres interfaces UART, pero solo una de ellas está disponible para el usuario. Los pines TX y RX de UART son TX y RX (Pinillos, 2020).

Los pines PWM se pueden usar estos pines para producir señales de modulación por ancho de pulso (PWM), que se usan para controlar la velocidad del motor, el brillo de los Leds o la frecuencia del sonido. El ESP32 cuenta con 16 canales PWM, y el usuario puede usar cualquier pin GPIO como salida PWM (Pinillos, 2020).

### ***Circuito esquemático***

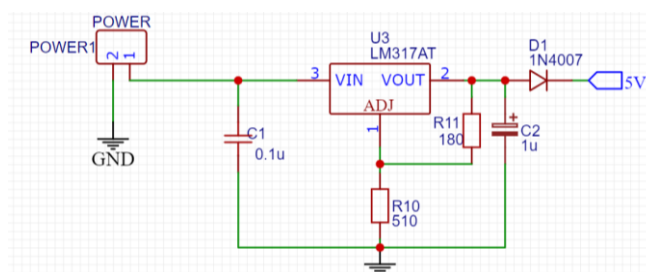
Teniendo la información de todos los pines del ESP32 que es el microcontrolador a que se va a utilizar, se procede a realizar el circuito esquemático.

### ***Regulador de voltaje***

Se inicia realizando un regulador de voltaje para alimentar el microcontrolador y el driver de motor, como se muestra en la Figura 44. Se utiliza un regulador LM317 considerando una fuente de voltaje >5V.

### **Figura 44**

#### ***Regulador de voltaje***

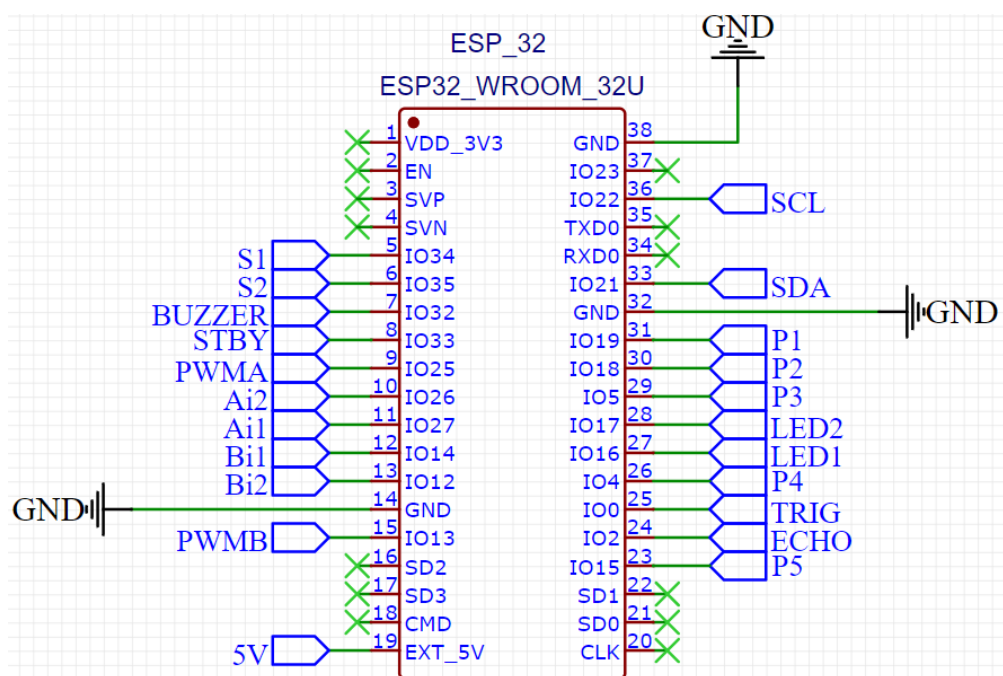


### ***Conexión de pines GPIO de las ESP32***

La Figura 45 muestra la conexión de los pines GPIO de la ESP32 con los diversos sensores y actuadores que se van a utilizar en el proyecto. Cabe resaltar que los pines que se encuentran con una X no van conectados, por sugerencia de los fabricantes.

Figura 45

Conexión de todos los elementos con el microcontrolador ESP32



### Conexión del driver motor

El driver motor cuenta con 16 pines, la conexión se detalla a continuación:

El pin VCC del conductor debe recibir una tensión entre 2.7V y 5.5V, por lo que se conecta con la salida de 5V de la fuente de voltaje.

El pin GND del driver se conecta al GND de toda la placa electrónica, todos los GND deben estar conectados entre sí para que no exista problemas.

El pin de alimentación de los motores (VM) debe recibir una tensión de 4,5V a 13,5V. Por facilidad se va a conectar a los 5V de la fuente para que no consuma mucha energía.

Los pines AIN1, AIN2 y BIN1 y BIN2 controlan el sentido de giro del motor. AIN1 y AIN2 son los motores A y BIN1 y BIN2 son los motores B, respectivamente. La combinación de valores que se envían a estos pines determina si el motor gira en un sentido o frena. Se deben conectar a los pines digitales del ESP32 y enviar las señales como se detalla en la Tabla 35.

**Tabla 35**

*Configuración para el giro de motores*

AIN1/BIN1	AIN2/BIN2	Motor A/B
LOW	LOW	Stop
HIGH	LOW	Sentido horario
LOW	HIGH	Sentido antihorario
HIGH	HIGH	Stop

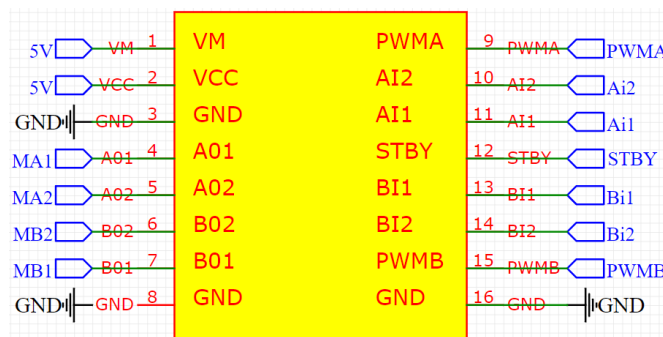
*Nota.* Se recomienda no poner los dos pines en HIGH.

Los pines PWMA y PWMB sirven para controlar la velocidad del motor. Cada pin corresponde a un motor. Estos pines admiten una señal de modulación por ancho de pulso, también conocida como PWM, que permite ajustar el ciclo de trabajo de la señal para controlar la cantidad de energía que ingresa al motor. El ciclo de trabajo aumenta la velocidad del motor. Se deben conectar a los pines PWM del ESP32.

Los pines de salida del conductor a los motores son AO1, AO2, BO1 y BO2. Cada par de pines corresponde a un motor: los motores A AO1 y AO2 y los motores B BO1 y BO2. Sin importar la polaridad, estos pines se conectan directamente a los terminales del motor, todas las conexiones antes mencionadas se muestran en la Figura 46.

**Figura 46**

*Conexiones del driver motor*



*Nota.* Conectar todos los pines de GND y no dejar ninguno libre con el fin de evitar problemas.



### Conexión de sensores

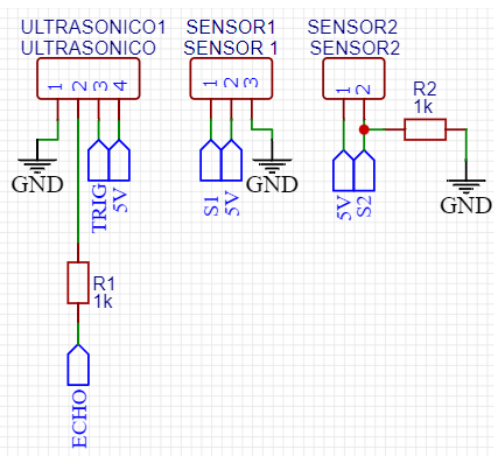
La conexión de los sensores ultrasónicos, capacitivo, lumínico se muestran en la Figura 47, el sensor 1 hace referencia al sensor capacitivo, como se puede observar se conecta a 5V, GND y tiene una salida analógica que incrementa al presionar.

El sensor 2 va conectado al sensor de luz, además de ir conectado a GND y 5V se utiliza una resistencia para lograr un divisor de voltaje y enviar esa señal al microcontrolador.

Finalmente, el sensor ultrasónico tiene 4 pines de conexión, 5V, GND, TRIG es el que envía la señal y ECHO recibe la señal para poder medir la distancia.

### Figura 47

Conexión de los sensores



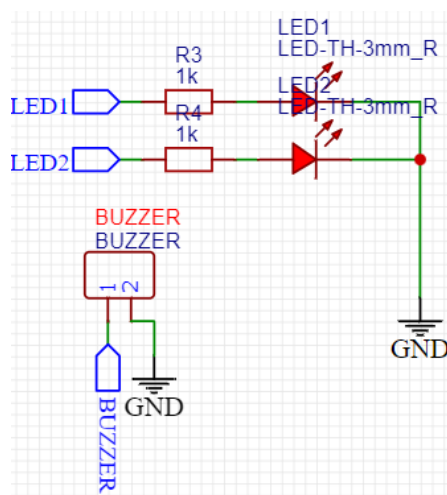
*Nota.* Se recomienda conectar una resistencia a pin ECHO.

### Conexión de actuadores

Como se muestra en la Figura 48 existe conexiones para 2 leds que se activaran al cubrir el sensor lumínico, de igual manera se cuenta con un buzzer que realizará sonidos dependiendo de la interacción con la aplicación al responder bien o mal a un juego.

## Figura 48

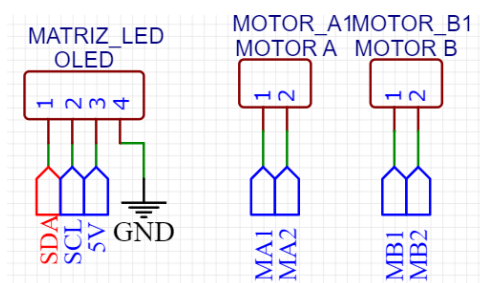
Conexión de actuadores



En la Figura 49 se detalla la conexión que se tiene para la pantalla de generación de expresiones que va vinculada con la aplicación, mostrando diversas expresiones dependiendo de la respuesta, los motores van conectados con el driver detallado anteriormente.

## Figura 49

Conexión de pantalla y motores



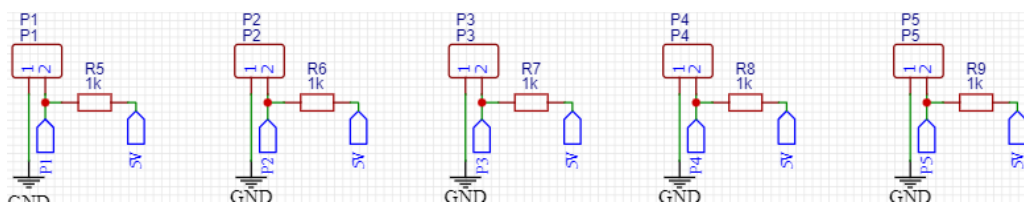
### Botones para control del robot

Se consideró la posibilidad de que varios niños no tendrán acceso a un teléfono para poder jugar con el robot, por lo cual se implementó 5 pulsadores que servirán para mover al robot sin necesidad de contar con un teléfono celular, a continuación, se detalla que movimiento realiza cada pulsador que se muestra en la Figura 50.

- P1: Movimiento hacia adelante durante 1 segundo
- P2: Movimiento hacia atrás durante 1 segundo
- P3: Movimiento hacia la derecha
- P4: Movimiento hacia la izquierda
- P5: Ok, al pulsar este botón se empiezan a ejecutar los movimientos anteriormente explicados en el orden en que se los haya presionado.

**Figura 50**

*Pulsadores para el movimiento del robot*

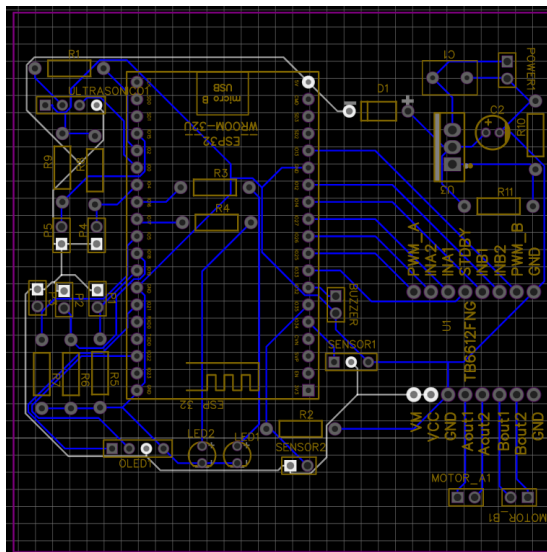


### **Diseño de la placa PCB**

Luego de definir los pines GPIO a utilizar en la ESP32 y los circuitos se procede a realizar la placa PCB, como se muestra en la Figura 51.

**Figura 51**

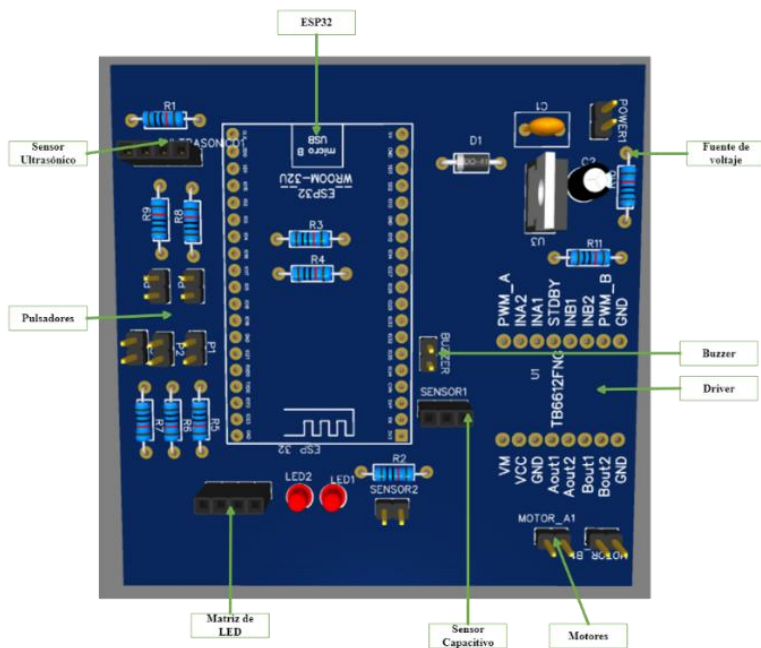
*Diagrama del circuito PCB para el robot*



La Figura 52 muestra el circuito 3D de la placa PCB diseñada, además se detalla en qué lugar va cada elemento.

## Figura 52

Vista 3D de la PCB



## Capítulo III

### Construcción e implementación

#### Desarrollo de la programación del robot

Para que el robot interactúe con el usuario se debe realizar la programación para todos los sensores y actuadores que se van a ocupar, además de vincular el ESP32 con la aplicación por medio de bluetooth.

#### **Matriz LED**

Es necesario mostrar las emociones por lo que se implementó una matriz LED la cual simulara los rostros del robot, en este caso serán: feliz, triste, enojado y sorprendido, por lo ende se utilizó la librería MAX7219 para controlarla mediante comunicación SPI, para esto se desarrolla matrices con valores de 0 y 1 que encienden o apagan los leds como se muestra en la Figura 53.

#### **Figura 53**

*Matriz LED para mostrar expresiones*



#### **Buzzer**

Para poder producir sonidos mediante buzzer se utilizó un canal PWM de la ESP32 para variar el voltaje de salida, de esa forma se puede “crear” notas musicales que simulan sonidos, esto para reproducirlos en respuesta de que una actividad se realizó de manera correcta o incorrecta, la Figura 54 muestra el valor de PWM y nota que corresponde, de igual manera los sonidos para las respuestas.

## Figura 54

*Sonidos para el buzzer*

```

C7 = 2093 # C
CS7 = 2217 # C#/Db
D7 = 2349 # D
DS7 = 2489 # D#/Eb
E7 = 2637 # E
F7 = 2794 # F
FS7 = 2960 # F#/Gb
G7 = 3136 # G
GS7 = 3322 # G#/Ab
A7 = 3520 # A
AS7 = 3729 # A#/Bb
B7 = 3951 # B

mal = [
    CS3,0,G3,E3,
    A3,B3,A3,GS3,AS3,GS3,E3,D3,E3
]
bien = [
    F6,0,F7,0,D6,0,F6,0,0,
    D6,0,F6,0,E6,0,D6,0,F6,0,0,
    CS7,0,C7,0,D7,0,C7,0,D7,0,C7,0,0,
    C7,0,A7,0,B7,0,G7,0,F7,F7,0,DS8,
]

```

## Motores

El movimiento de motores seleccionados si se los conecta directamente a la fuente se mueven en una sola dirección a velocidad máxima, por ello se implementó un driver que controla tanto la velocidad, activación y sentido de giro de motores, para ello se aplica un PWM para controlar la velocidad y activación de pines para el sentido de giro, la Figura 55 muestra la programación realizada para controlar los motores.

## Figura 55

*Programación para el control de motores*

```
import time
import machine
from machine import Pin, PWM

encendido = machine.Pin(23, machine.Pin.OUT)

motor_a1 = machine.Pin(26, machine.Pin.OUT)
motor_a2 = machine.Pin(27, machine.Pin.OUT)

velocidad_motor_a = PWM(Pin(25))

motor_b1 = machine.Pin(14, machine.Pin.OUT)
motor_b2 = machine.Pin(12, machine.Pin.OUT)

velocidad_motor_b = PWM(Pin(13))
```

## Sensores

El robot cuenta con 3 sensores, los cuales determinaran la distancia del robot con un sensor ultrasónico para evitar choques, un sensor lumínico que interactúa con las luces del robot y un sensor capacitivo que reacciona al tacto de los niños, los dos últimos sensores envían señales analógicas a la ESP32 para que las vincules con las luces y sonidos del robot.

El sensor ultrasónico está definido para que en una distancia menor a 5 cm todos los movimientos se detengan, para evitar choques al momento de realizar el movimiento como se evidencia en la Figura 56.

## Figura 56

*Programación del sensor ultrasónico*

```
def timerEvent():
    distance = int(sensor.distance_cm())
    print("Distance: ", distance, " cm")
    if distance < 5:
        buzzer.freq(3000)
        buzzer.duty(1000)
```

En la Figura 56 se evidencia el código generado para los sensores capacitivo y lumínico.

### Figura 57

*Programación para lectura de los sensores capacitivo y lumínico*

```
while True:
    ldr_value = ldr.read()

    capacitive_value = capacitive.read()

    time.sleep_ms(100)

    if valor_ldr>0>
        led1.on()
        led2.on()
    else:
        led1.off()
        led2.off()

    if capacitive_value > 3200:
        buzzer = GORILLACELL_BUZZER(32)
        print("Playing mario")
        buzzer.play(mario, 110, 32767)
        sleep_ms(1000)
```

### Botones

Como se detalló anteriormente se implementó botones para mover el robot sin necesidad de contar con un teléfono celular para ello, se realizó una memoria interna que guarda la posición en la que se presiona el pulsador para luego presionar un pulsador central que repita todos los movimientos y el robot se empieza a mover de acuerdo con esa información guardada en la memoria, la Figura 58 muestra parte del código que permite esa acción.



Figura 58

Programación de los botones para el movimiento sin teléfono celular

```

while True:
    # Verifica si se ha presionado el botón "ok"
    if "ok" in pressed_buttons:
        # Imprime el nombre de cada pulsador presionado antes del "ok"
        for button in pressed_buttons:
            if button == 'arriba':
                motor.adelante()
            if button == 'abajo':
                motor.atras()
            if button == 'derecha':
                motor.derecha()
            if button == 'izquierda':
                motor.izquierda()
            if button == "ok":
                break
            print(button)

        # Borra las pulsaciones almacenadas para la próxima secuencia
        pressed_buttons = []

        # Apaga el LED indicador
        led.off()

    utime.sleep_ms(10)

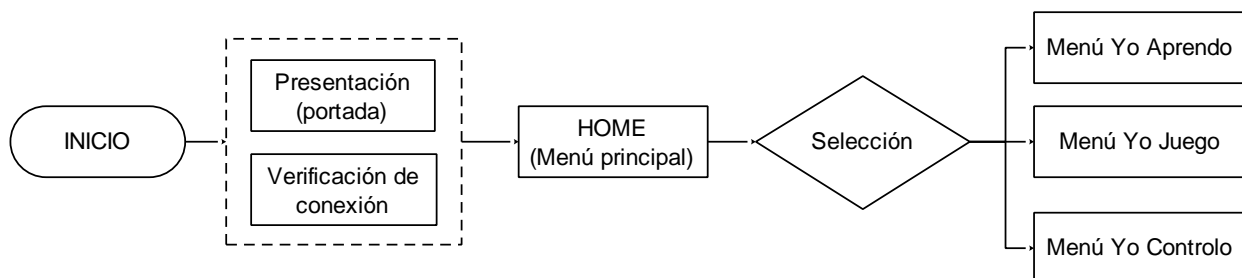
```

### Desarrollo de la interfaz de usuario

Según los datos obtenidos para realizar la aplicación se diseñó un diagrama para determinar las ventanas o menús que va a contener la aplicación, los menús “Yo Aprendo”, “Yo Juego” y “Yo Controlo”, como se muestra en la Figura 59.

Figura 59

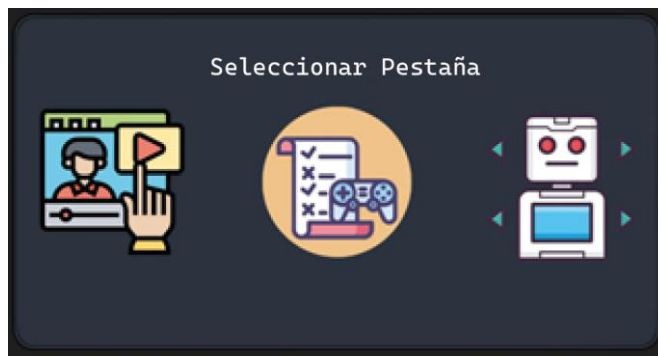
Diagrama base de inicio para aplicación



Los menús diseñados permiten seleccionar de manera rápida la opción que requiera el usuario, estas constan de iconos de fácil reconocimiento para los niños como se observa en la Figura 60.

### **Figura 60**

*Interfaz menú principal*



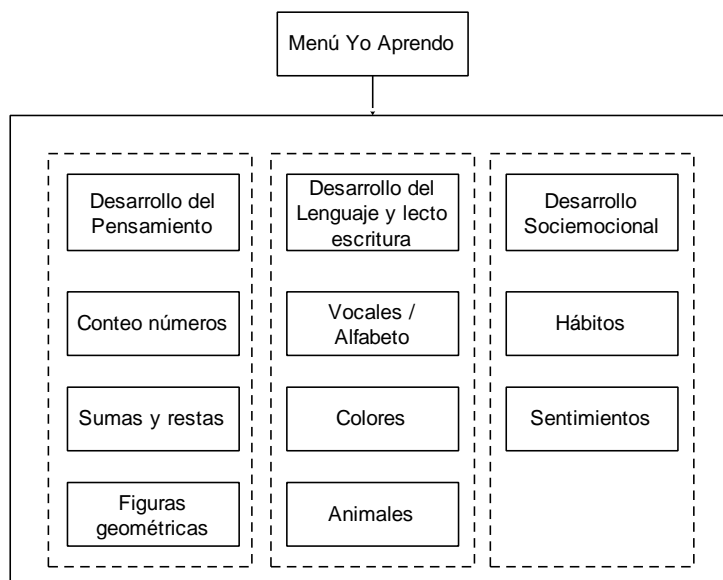
### **Menú “Yo Aprendo”**

El menú “Yo Aprendo” contiene una múltiple cantidad de videos, cada uno va enfocado a mejorar el desarrollo de pensamiento, lenguaje y lecto escritura y desarrollo emocional, las categorías correspondientes a estas áreas se evidencian en Figura 61.

Este menú contiene varios géneros de videos que van desde videos tradicionales de aprendizaje, videos con canciones educativas y videos con adivinanzas, en este menú se agruparon todos los videos tanto del nivel 1 y del nivel 2 con el fin de que el usuario elija la que considera más apropiada para su edad, además con las flechas de navegación se pueden avanzar o retroceder en los videos que tienen como gran particular el estar cargados dentro de la aplicación y por ende su reproducción es inmediata.

**Figura 61**

Diagrama para el menú “Yo aprendo”



La interfaz de este menú se muestra en la Figura 62 misma que al presionar el icono que reproduce videos de la Figura 60, accede a una múltiple cantidad de videos, con contenidos educativos.

**Figura 62**

Interfaz menú “Yo Aprendo”



### Menú “Yo Juego”

El menú “Yo Juego” tiene 2 niveles que relacionan lo aprendido aplicando con minijuegos que hacen que el aprendizaje sea más divertido, además que el robot reacciona a

las respuestas con sonidos, luces y movimientos dependiendo si es correcta o incorrecta, se detalla en la Figura 64.

Al seleccionar la pestaña de juego representada con una hoja y un mando de juegos de la Figura 60, se pueden seleccionar entre 2 niveles de juego para las diferentes edades que se comentó anteriormente, la interfaz de este menú se observa en la Figura 63.

### Figura 63

*Niveles 1 y 2 de menú “Yo Juego”*

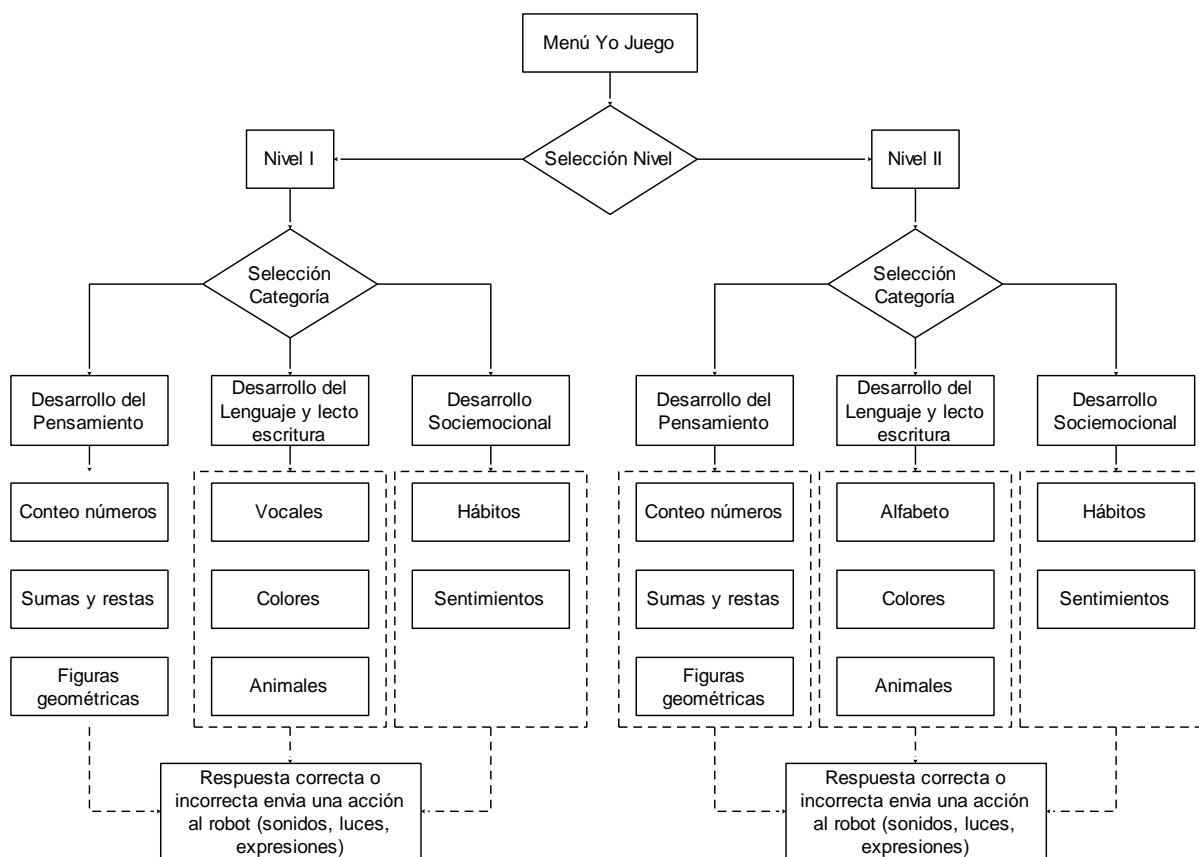


Al seleccionar el nivel se muestran varios iconos que representan cada juego haciendo referencia al desarrollo de pensamiento, lenguaje y lecto escritura y desarrollo emocional como se muestra en la Figura 64.

Cada juego tiene su instrucción y sonido como respuesta para ver si es correcta o incorrecta la respuesta. En el caso de que la respuesta ingresada por el usuario sea la correcta se emite un sonido y la expresión generada en el elemento visualizador corresponde a la expresión de felicidad además que el robot avanza hacia adelante, en el caso de que la respuesta ingresada sea incorrecta la expresión generada corresponderá a tristeza y el robot avanza hacia atrás.

Figura 64

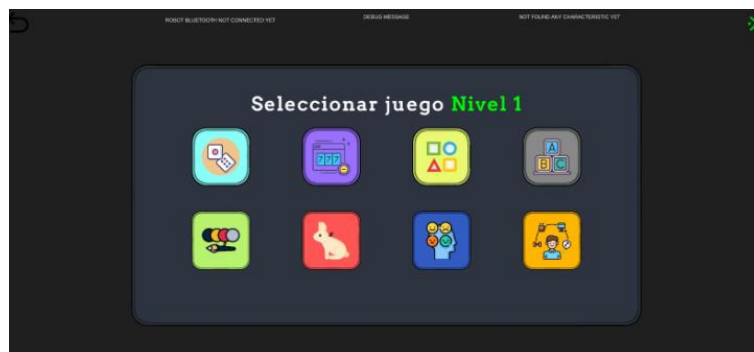
Diagrama para el menú “Yo Juego”



La Figura 65, muestra los iconos de los juegos desarrollados para el nivel 1 del menú “Yo Juego”, los mismos que corresponden a las establecidas en la Figura 64. El nivel 2 comparte el diseño del nivel 1 en cuanto a la interfaz y los iconos de los juegos, sin embargo, en el nivel 2 la dificultad de los mismos aumenta.

## Figura 65

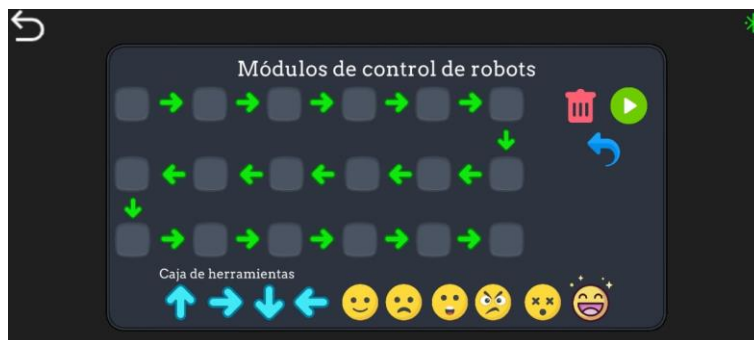
### Iconos de minijuegos del nivel 1



### Menú “Yo Controló”

En la menú “Yo Controló” como su nombre lo indica se puede controlar el robot de dos modos diferentes, la primera consiste en que mediante iconos se puede realizar movimientos rectos y giros, además de agregar “rostros” al robot, otro modo de control es mediante el uso de bloques de programación donde se pueden programar movimientos y encendido de luces y sonidos del robot, además AndinoBot cuenta con botones externos para los niños que no cuenten con un teléfono móvil puedan controlar al robot.

Al presionar la pestaña con el icono del robot de la Figura 60 se accede al menú “Yo controló” donde en el nivel 1 se puede controlar el robot mediante iconos de programación seleccionando cada flecha para que realice ese movimiento de forma secuencial, adicionalmente permite el ingreso de expresiones como se puede ver en la Figura 66, para que el robot empiece a funcionar se debe presionar el icono de PLAY y en caso de querer borrar un movimiento o expresión se debe presionar la flecha azul de retorno y para realizar una nueva programación se debe presionar el icono del basurero rojo que limpia todo el módulo o área de programación.

**Figura 66***Interfaz programación por iconos*

En la Figura 67, se aprecia la interfaz de programación por bloques correspondiente al nivel 2, en este menú se puede programar al robot similar a la programación tipo Scratch, la programación permite generar movimientos y la activación de sonidos y luces del robot. Al igual que el modo de programación por iconos para que el robot empiece a funcionar se debe presionar el icono de PLAY y en caso de querer borrar un movimiento o emoción se debe presionar la flecha azul de retorno y para realizar una nueva programación se debe presionar el icono del basurero rojo, además dispone de un deslizador para observar todo el bloque de programación.

**Figura 67***Interfaz programación por bloques*

## Desarrollo del sistema de comunicación

Con las variables ya definidas, los sensores y actuadores programados se procede a enlazarlos con la aplicación para ello se necesita vincular primero el aplicativo con el bluetooth de la tarjeta ESP32, dando un nombre al dispositivo, en este caso se define con el nombre del robot "AndinoBot", como se muestra en la Figura 68.

### Figura 68

*Definición del nombre del robot para la conexión bluetooth*

```
# Iniciar bluetooth
name = "AndinoBot"
ble = bluetooth.BLE()
uart = BLEUART(ble, name)
```

Al iniciar la aplicación se muestra una pantalla para conectar mediante bluetooth la tarjeta ESP32 y el teléfono como se puede observar en la Figura 69, la aplicación se conectará únicamente con el microcontrolador y procede a avanzar de pestaña, en caso de querer utilizar solamente la aplicación sin conectar a la tarjeta se puede pulsar en "Ignorar".

### Figura 69

*Ventana de conexión bluetooth*



Luego de que la app se conecte a la tarjeta ESP32 o al dar Ignorar se muestra otras pestañas, las cuales representa a los minijuegos, videos y control del robot.



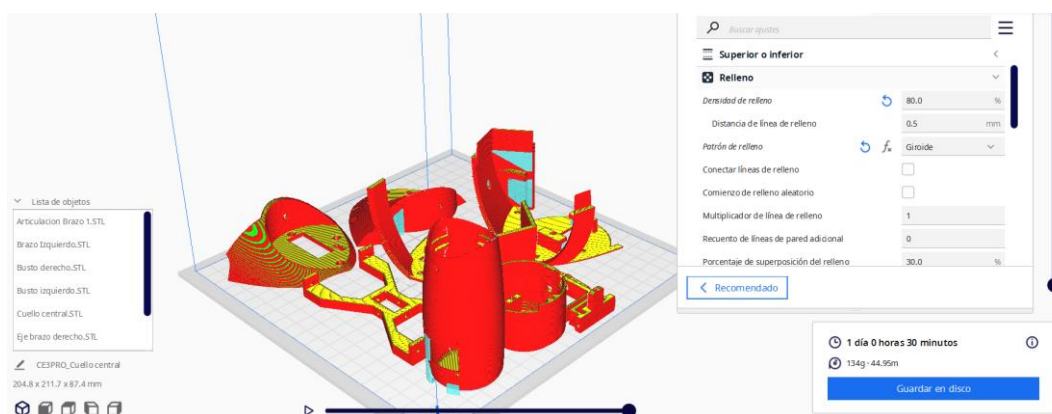
## Ensamble del robot

Realizado el diseño tanto mecánico, electrónico y de programación, se procede a ensamblar el robot, iniciando por la parte mecánica para continuar con las conexiones electrónicas, finalizando con la comunicación entre la aplicación y el robot para posteriormente realizar las pruebas pertinentes.

Primero se realizó la impresión de las piezas 3D previamente diseñadas, esto se hizo con material PLA (Polylactic Acid), con un relleno del 80% y patrón de relleno tipo giroide pues este ofrece buena resistencia y flexibilidad, el laminado se realizó en el programa Ultimaker CURA como se muestra en la Figura 70.

### Figura 70

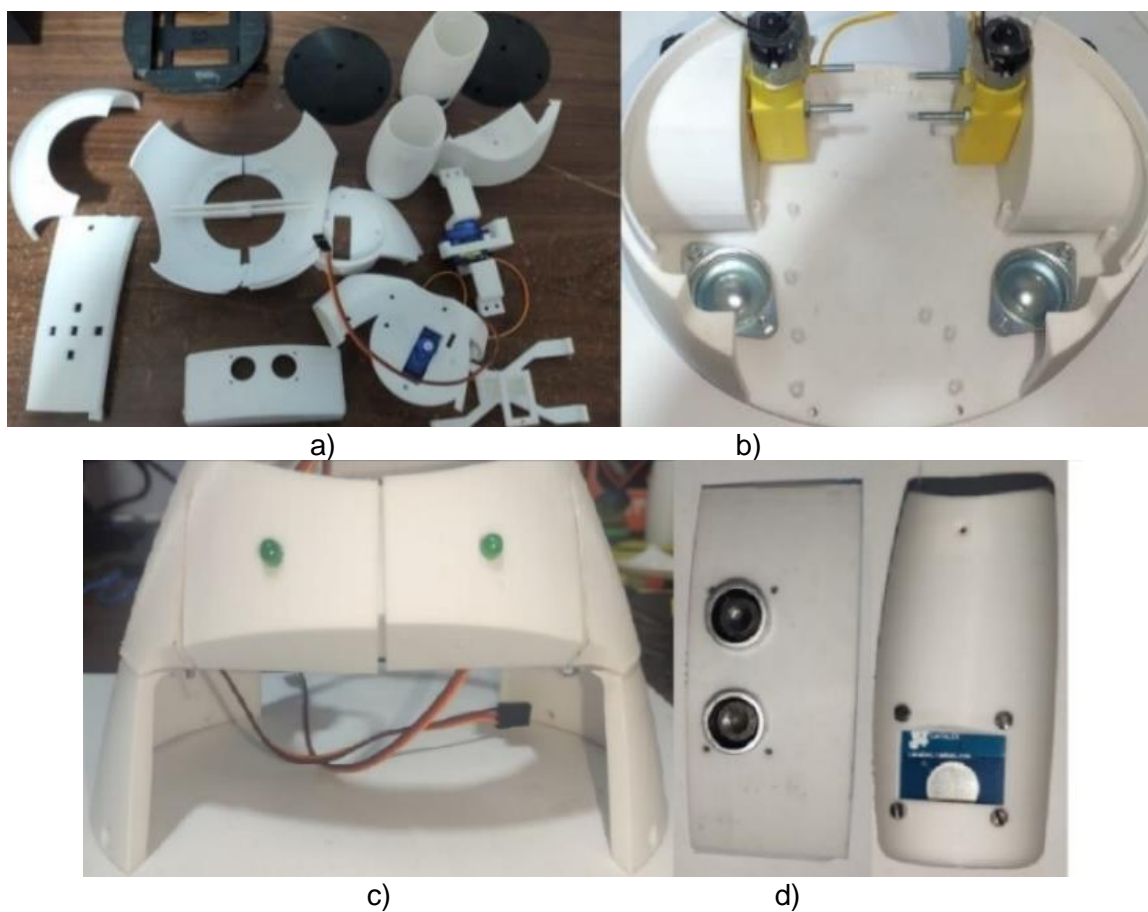
*Laminado de las piezas para impresión 3D*



Con las piezas ya impresas se procede a colocar todos los elementos como lo son: sensores (ultrasonico, capacitivo y luminoso), buzzer, leds, matrices led, motores y servomotores, aunque estos últimos no están programados sirven como soporte móvil para los brazos, haciendo que el robot sea más interactivo y los brazos no queden simplemente como un adorno, se puede ver el proceso de ensamble en la Figura 71.

**Figura 71**

*Ensamble de la parte mecánica con algunos componentes electrónicos*

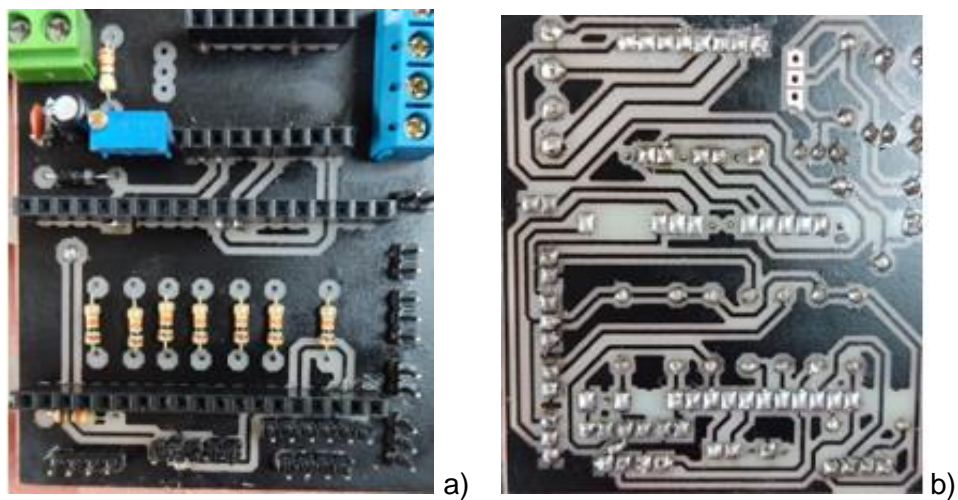


*Nota.* Ensamble de las partes mecánicas con los componentes electrónicos: a) piezas para ensamblar, b) base del robot, c) led del sistema, d) sensores ultrasónico y capacitivo.

Con el ensamble mecánico listo se procede a realizar la placa PCB previamente diseñada, la Figura 72 muestra el ensamble de la placa electrónica lista para su implementación.

## Figura 72

*Elaboración de la placa PCB*



*Nota.* Placas PCB: a) vista superior; b) vista inferior.

Se conectan todos los elementos electrónicos a la placa PCB lista, por facilidad se implementó espadines y conectarlos con cables hembra-hembra calibre #20, como se muestra en la Figura 73.

## Figura 73

*Conexión de los elementos electrónico la placa PCB*



## Especificaciones del robot

Luego de ensamblar el robot se puede detallar las características y especificaciones del robot construido, estas se detallan en Tabla 36 y la Figura 74 muestra el robot finalmente ensamblado.

**Tabla 36**

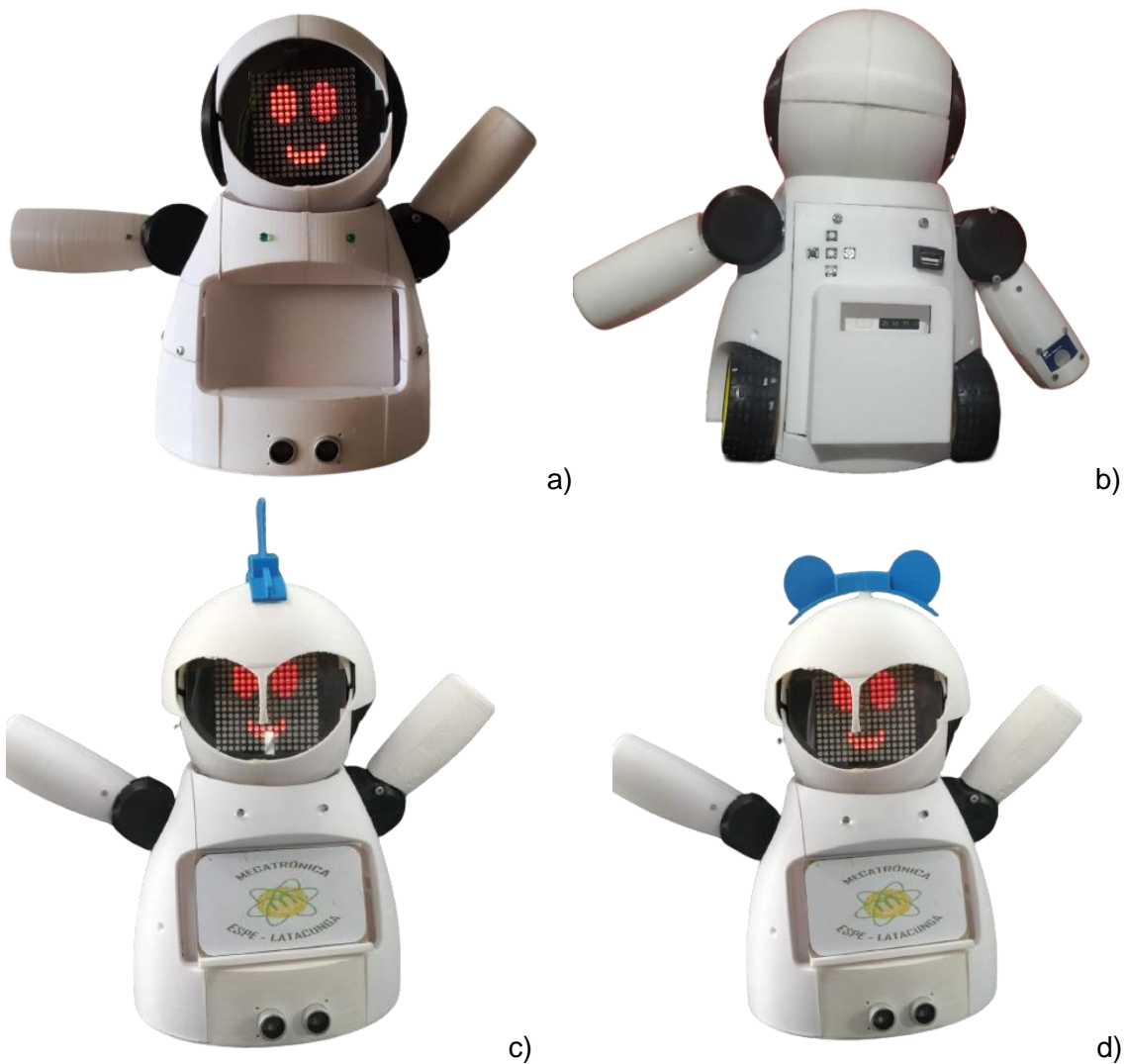
### *Especificaciones del Robot*

<b>Dispositivo</b>	<b>Descripción</b>
Motor	El robot tiene 2 motores amarillos con caja reductora, los cuales realizan los siguientes movimientos: adelante, atrás, derecha e izquierda.
Switch	El robot posee un solo switch para encendido y apagado del robot, mediante la power bank integrada.
Matriz LED	El robot cuenta con 4 matrices para mostrar "expresiones" estas se conectan mediante SPI a la tarjeta ESP32.
Entrada USB	Cuenta con una entrada USB A, para poder cargar la batería del robot.
Sensores	Incluye 3 sensores: ultrasónico, capacitivo y luminoso, el sensor ultrasónico detiene todo proceso del robot si se encuentra en una distancia menor a 5 cm, el sensor capacitivo interactúa con los niños reproduciendo un sonido y el sensor luminoso enciende los leds cuando no existe luz.
Buzzer	El buzzer se ubica en la parte lateral de la cabeza del robot, este se utiliza para reproducir sonidos cuando se interactúa con el sensor capacitivo, con la aplicación para indicar si es correcta o incorrecta la respuesta.
Botones	El robot cuenta con 5 pulsadores para poder mover el robot en caso de no tener un teléfono celular, 4 de ellos realizan movimientos hacia adelante, atrás, derecha e izquierda y el quinto que se encuentra el centro inicia el movimiento, cabe recalcar que cada movimiento se realiza por 1 segundo.
LEDS	Dos leds se ubican en parte delantera que se encienden cuando el sensor luminoso detecta que no hay luz o cuando los pulsadores se presionados.
Servomotores	En el robot se ubican 3 servomotores que no están programados o conectados, pero sirven para manipular los brazos del robot manualmente y sea más interactivo para los niños.
Power bank	Para la alimentación del robot se implementó una power bank de 12000 mAh que suministra de energía a todos los elementos del robot, con una duración aproximada de 3h.

La Figura 74 muestra el resultado del robot fabricado el cual mantiene la forma del robot original e incluye pequeños cambios acordes a cumplir con las necesidades especificadas por los usuarios.

**Figura 74**

*AndinoBot*



*Nota.* Robot impreso y funcional AndinoBot: a) *vista frontal*; b) *vista posterior*, c) *accesorio uno*, d) *accesorio dos*.

## **Capítulo IV**

### **Pruebas y resultados**

#### **Pruebas de funcionamiento**

En este apartado se presentan las pruebas realizadas para comprobar la hipótesis planteada en el proyecto, para ello en primera instancia se ha realizado el diseño de las pruebas a ser aplicadas, estas pruebas consisten en actividades simples y divertidas para el uso y control del robot y su aplicativo móvil con sus respectivas instrucciones.

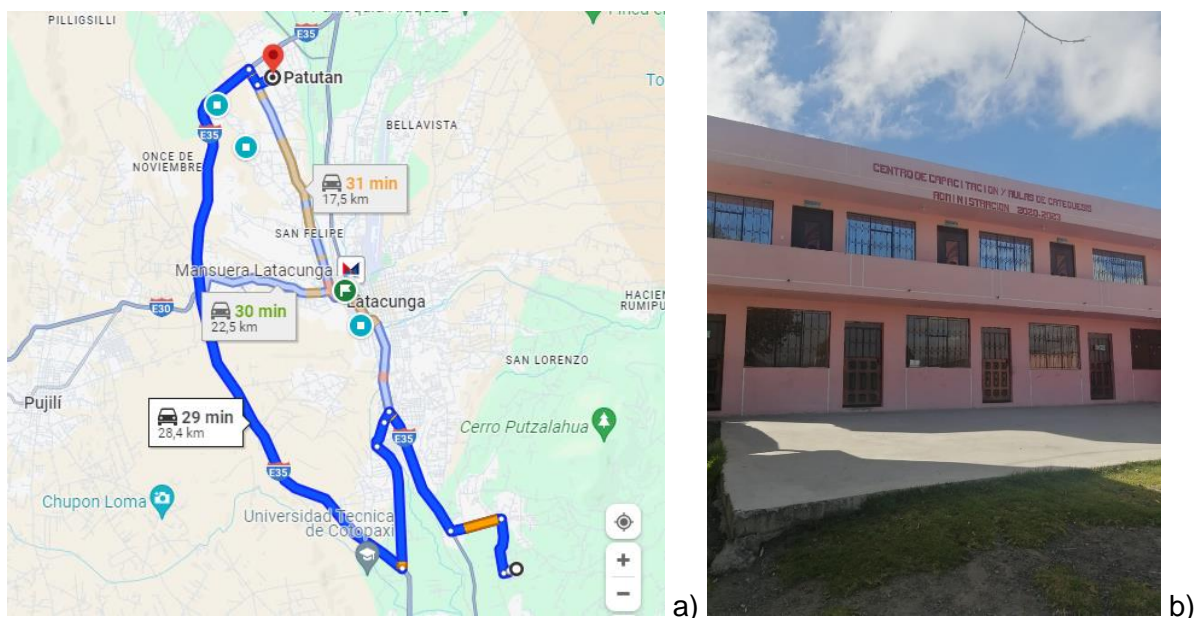
Las pruebas fueron dirigidas a niños y niñas de 4 a 8 años pertenecientes a la Comuna Jurídica de Patután de la parroquia Eloy Alfaro del Cantón Latacunga en las instalaciones pertenecientes al grupo de catequesis de la misma comunidad y bajo el consentimiento y autorización de los padres de los niños y niñas, en un taller ofrecido y denominado como “Taller STEAM de robótica educativa” contando con la participación de la Licenciada Gladys Toapanta y la Licenciada Leticia Aimacaña como docentes de apoyo, la lista de los participantes se evidencia en el ANEXO 2. Se optó por realizar las pruebas en dicha comunidad debido a que actualmente muchos campos vacacionales se encuentran inhabilitados y de igual forma no existe la facilidad de acceder a centros educativos con la libertad necesaria para realizar las pruebas pertinentes al grupo objetivo.

La Figura 75 muestra la ubicación y la ruta a seguir para llegar al lugar donde se han realizado las pruebas.



**Figura 75**

*Dirección del lugar empelado en la investigación*






*Nota.* a) Ruta a seguir al destino de las pruebas, b) lugar de capacitación.

Antes de iniciar las pruebas con el grupo objetivo se verificó que los tres sensores que conforman el robot estén en óptimas condiciones de funcionamiento así también se verifica el correcto funcionamiento de las botoneras. La Tabla 37 muestra esta etapa de verificación.

**Tabla 37**

*Verificación de funcionamiento*

Elemento de prueba	Descripción	Gráfico
Sensor Ultrasónico HC SR04	Este sensor detecta los obstáculos a una distancia de 3 cm, su funcionamiento se valida al detener los motores y al cambiar la expresión de felicidad a tristeza.	

Elemento de prueba	Descripción	Gráfico
Sensor luminoso LDR	Este sensor detecta la variación de la intensidad de luz y al ser cubierto emite una señal para activar los leds indicadores localizados en el pecho del robot.	
Sensor capacitivo TTP223B	Este sensor se activa al ser presionado emitiendo una señal al buzzer para que emita un sonido.	
Botoneras de control manual	Estas botoneras permiten al robot moverse sin la necesidad de disponer de un dispositivo móvil.	

### ***Fase de inducción***

Debido a que el grupo objetivo consiste en niños y niñas de 4 a 8 años se procuró realizar la introducción de manera dinámica y rápida, haciendo una breve explicación del robot, del aplicativo móvil y sobre la programación del robot como se muestra en la Figura 76. En este apartado se fueron explicando el uso de secuencias y orden de movimientos para que se pueda realizar el control del robot desde el aplicativo móvil e indicando las distintas opciones con las que cuenta la aplicación.



**Figura 76**

*Inducción general del robot y su aplicativo*



Las pruebas a realizadas se agrupan de acuerdo a cuatro niveles que son el desarrollo del pensamiento, el desarrollo del lenguaje y lecto escritura, el desarrollo socioemocional y la habilidad de programación. Las pruebas son aplicadas en dos grupos siendo el primer grupo para niños y niñas desde los 4 años y menores a 6 años y el segundo grupo para niños desde los 6 hasta los 8 años. De manera rápida se les presento un pequeño cuestionario a ser resueltos por los niños y niñas de los dos grupos antes de que inicien con la operación del robot esto con el fin de también realizar una evaluación con el mismo cuestionario para analizar si los resultados obtenidos luego del uso del robot son satisfactorios y mejoran los resultados anteriores. Los cuestionarios desarrollados se encuentran en el ANEXO 3.

***Fase de interacción***

AndinoBot cuenta con una aplicación desarrollada para que los niños puedan aprender, jugar y controlar el robot, por lo mismo se procuró instalar la aplicación desarrollada con anterioridad en 4 teléfonos móviles para que los niños tengan acceso a las distintas categorías de la aplicación.

En el menú Yo Aprendo los niños pudieron observar una gran variedad de videos con contenidos de acuerdo a sus edades como se evidencia en la Figura 77, esto gracias a que los videos son cargados directamente en la aplicación y no requieren de uso de internet para su

reproducción, cabe señalar que estos videos fueron debidamente seleccionados con el fin de no infringir en la violación a los derechos de autor.

### **Figura 77**

*Interacción desde el menú “Yo aprendo”*



En la etapa Yo Juego los niños tuvieron que respetar el orden de uso del robot para observar la interacción del robot con los juegos de la aplicación ya que en esta etapa es necesario que el robot se conecte con la aplicación para poder emitir sonidos y movimientos ante una respuesta correcta o incorrecta. Esta etapa se puede observar en la Figura 78.

### **Figura 78**

*Interacción desde el menú “Yo juego”*

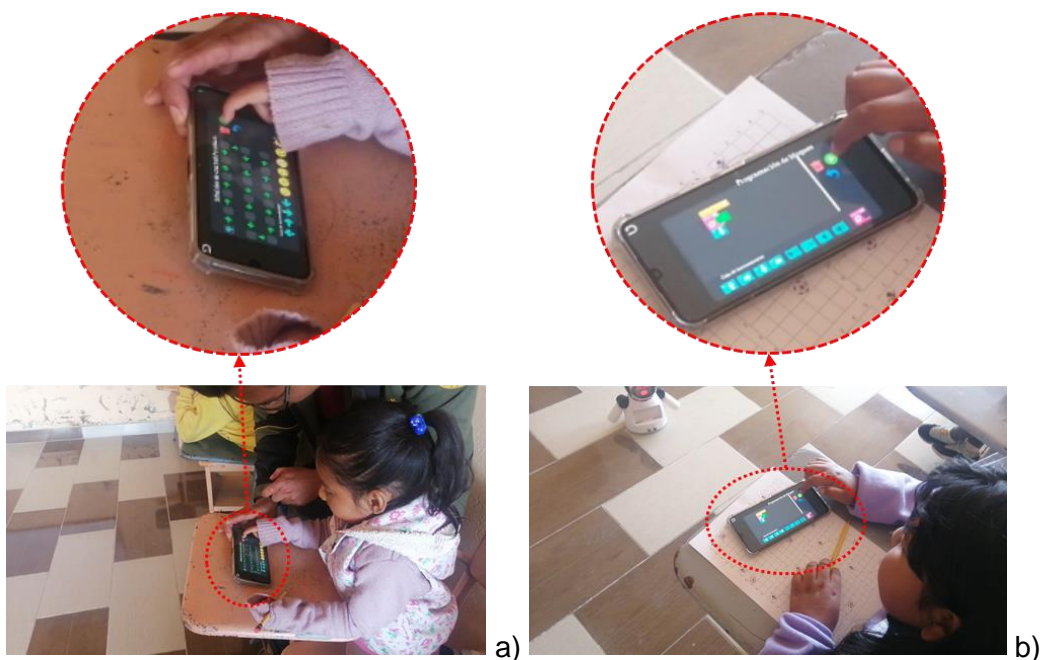


En la etapa Yo Control de igual forma los niños tuvieron que respetar el orden de uso ya que también es necesario que el robot se encuentre conectado con la aplicación mediante

Bluetooth. Este apartado fue muy importante ya que los niños debían conseguir cumplir una trayectoria para que el robot llegue al punto destino, esto en nivel 1 que con la programación por iconos y cuyas trayectorias eran simples y en el nivel 2 con la programación por bloques con trayectorias más complejas, en el nivel 2 también se incluyeron la activación y desactivación de los leds y el buzzer que emita un sonido. Todas estas actividades pueden ser observadas en la Figura 79.

### Figura 79

*Interacción desde el menú “Yo controlo”*



*Nota.* a) Programación mediante iconos, b) Programación por bloques.

AndinoBot también fue diseñado con el fin de no depender del aplicativo móvil o de un teléfono móvil para su funcionamiento por lo mismo los niños realizaron la manipulación del mismo haciendo uso los botones direccionales ubicados en la parte posterior del robot, así también se relacionaron con los sensores ubicados en el robot y observaron la reacción del robot. Esto permitió que los niños además de aprender puedan divertirse y crear un ambiente educativo más confortable.

### ***Fase de programación***

El objetivo de la fase de programación es lograr que los niños desarrollen habilidades al programar el robot, esto es el adquirir conocimientos de secuenciación que permitan la resolución de problemas mostrados, mejorando su creatividad y además mejoren sus nociones de matemáticas como el conteo, sumas y restas cuando encuentran nuevas formas de solucionar los problemas. De igual forma el control del robot permitirá generar y desarrollar conocimientos referentes a la orientación, dirección y geometrías.

Como las pruebas van a ser desarrolladas en grupos también los niños y niñas aprenderán a trabajar en equipo logrando adquirir habilidades de colaboración y el respeto de turnos. Además, al interactuar con un elemento tecnológico y conocer el robot de manera física y su aplicativo va a permitir que los niños puedan inmiscuirse en el ámbito tecnológico y que a futuro se inclinen a estudiar carreras tecnológicas.

La Figura 80 muestra este proceso en programación grupal lo cual fomenta la colaboración entre los participantes.

### **Figura 80**

#### *Programación en equipos*



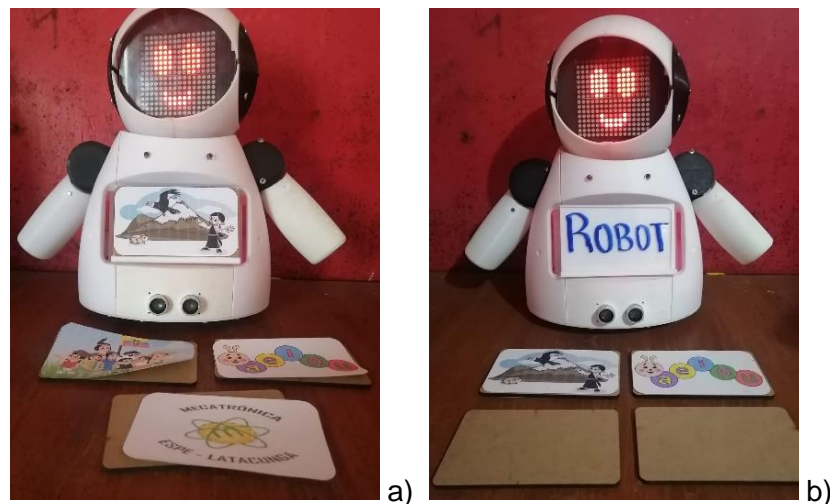
### **Fase de artes**

Este apartado buscó fomentar la creatividad para la cual se les facilitó láminas con distintos gráficos segmentados dentro de un área específica para que los niños puedan realizar los recortes necesarios y posteriormente pegar sobre una superficie MDF recortada.

La Figura 81 muestra el resultado de esta práctica con las figuras facilitadas. Las decoraciones pudieron ser incluidas de manera sencilla en la parte frontal del robot gracias a los soportes internos y externos diseñados ya que los mismos constan con imanes lo cual facilita el acoplamiento y desacoplamiento de las láminas así como de la pizarra de acrílico.

### **Figura 81**

*AndinoBot con soportes decorativos*



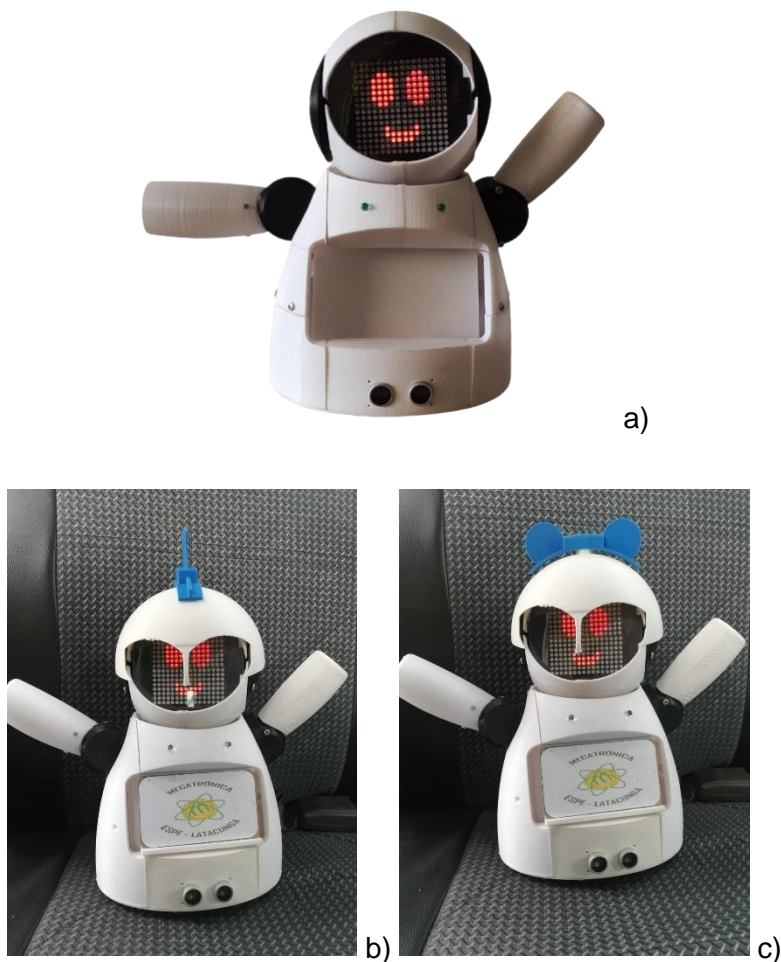
*Nota.* Andinobot decorado con identificativo, a) decoración con MDF y recortes, b) decoración con pizarra de acrílico.

Otro elemento decorativo diseñado fue el casco con el cual los niños podían modificar la apariencia del robot según el gusto de ellos gracias a los dos accesorios que se puede observar en la Figura 82.

De igual forma que los soportes la decoración del casco se facilita debido a que consta de un imán que facilita el acoplamiento con los elementos identificativos o decorativos exteriores al caso.

### Figura 82

*AndinoBot decoración casco*



*Nota.* Decoración AndinoBot, a) Sin decoración, b) Con decoración masculina, b) Con decoración femenina.

En la Figura 83 se puede evidenciar a todos los niños y niñas participantes, así como a las docentes de apoyo presentes en el “Taller STEAM de robótica educativa”.



**Figura 83**

*Finalización del Taller STEAM de robótica educativa*

***Fase de resultados***

Con la información obtenida de los cuestionarios aplicados a los dos grupos antes y después del uso del robot se procedió a hacer un análisis de los resultados arrojados.

En el “Taller STEAM de robótica educativa” se contó con la participación de 12 niños de los cuales cinco tenían 4 años por lo que se les ubico en el grupo de nivel 1 para las pruebas y evaluaciones, cuatro niños tenían 6 años, dos niños 7 años y un niño de 8 años, estos fueron ubicados en el grupo de nivel 2 para las pruebas y evaluaciones.

La Tabla 38 muestra los resultados obtenidos antes de que los niños del grupo de nivel 1 reciban el taller y luego de que los niños reciban el taller, en donde se aprecia que existió mejores resultados luego del taller, logrando un mayor porcentaje de aciertos en las evaluaciones.

**Tabla 38**

*Resultados de cuestionarios aplicados a niños entre 4 y 6 años*

Áreas de desarrollo	Categoría	Porcentaje promedio de acierto inicial	Porcentaje promedio de acierto final
Desarrollo del pensamiento	Conteo de números	20 %	100 %
	Sumas y restas	10 %	60 %
	Figuras geométricas	20 %	40 %
Desarrollo del lenguaje y la lecto escritura	Vocales	0 %	80 %
	Colores	80 %	100 %
	Animales	100 %	100 %
Desarrollo socioemocional	Hábitos	60 %	100 %
	Emociones	80 %	100 %
	Programación	0 %	100 %

La Tabla 39 muestra los resultados obtenidos por el grupo de nivel 2 evaluado que corresponde a niños desde los 6 años hasta los 8 años. De igual forma se evidencia que existe un mayor porcentaje de aciertos luego de que los niños reciban el taller.

**Tabla 39**

*Resultados de cuestionarios aplicados a niños de 6 a 8 años*

Áreas de desarrollo	Categoría	Porcentaje promedio de acierto inicial	Porcentaje promedio de acierto final
Desarrollo del pensamiento	Conteo de números	86 %	100 %
	Sumas y restas	29 %	93 %
	Figuras geométricas	57 %	100 %
Desarrollo del lenguaje y la lecto escritura	Alfabeto	57 %	100 %
	Colores	100 %	100 %
	Animales	100 %	100 %
Desarrollo socioemocional	Hábitos	100 %	100 %
	Emociones	100 %	100 %
	Programación	57 %	86 %

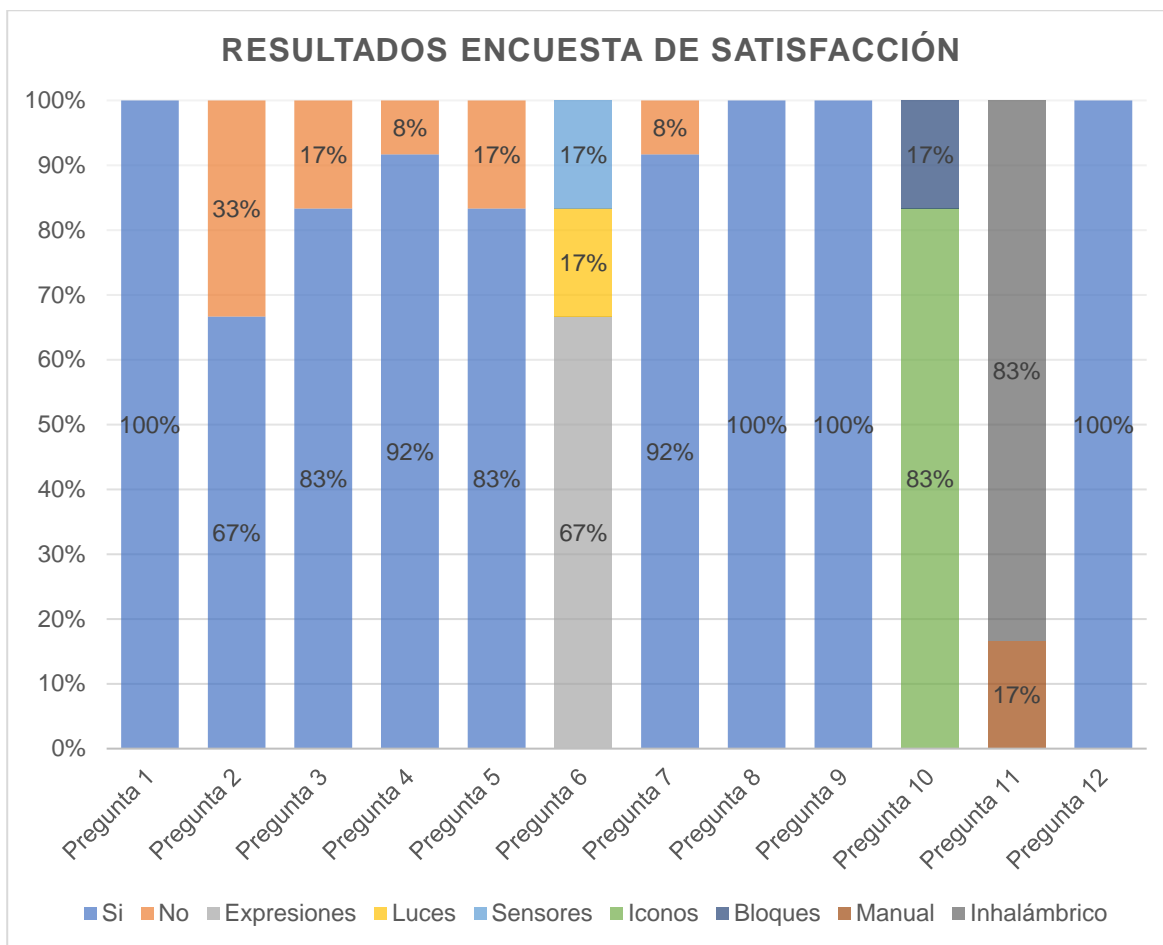
Una vez finalizada las pruebas con el robot AndinoBot se procedió a aplicar una encuesta de satisfacción a los niños de 4 a 8 años con el objetivo de evaluar al robot AndinoBot con su respectiva aplicación móvil, la misma que se evidencia en el ANEXO 4.



Para hacer un análisis de las encuestas se tabularon los datos y se creó un gráfico porcentual general con todas las preguntas y respuestas como se indica en la Figura 84. En la misma, cada columna corresponde al número de pregunta correspondiente de manera secuencial y ascendente, es decir que la columna 1 de la Figura 84 corresponde a las respuestas obtenidas en la pregunta 1 y así sucesivamente con las demás preguntas y columnas.

**Figura 84**

*Resultados de encuesta de satisfacción*



Pregunta 1: ¿Te gusta la apariencia que tiene el robot?

Se puede observar que la primera columna del gráfico corresponde a un 100% de aceptación sobre la apariencia del robot AndinoBot, esto indica que la elección de la apariencia del robot fue la correcta logrando así cumplir con unos de los requerimientos del usuario que consistía en que el robot sea atractivo para los niños.

Pregunta 2: ¿Te parece fácil el uso del robot?

Indica que un 67% de los participantes considera que el uso del robot es fácil mientras que un 33% considera que su uso no es fácil. En tal virtud existe un mayor porcentaje que afirma que el robot es fácil de usar con lo cual se puede concluir que el robot AndinoBot puede ser utilizado por los niños y niñas de 4 a 8 años sin mayor dificultad.

Pregunta 2: ¿Te parece fácil el uso del robot?

Indica que un 67% de los participantes considera que el uso del robot es fácil mientras que un 33% considera que su uso no es fácil. En tal virtud existe un mayor porcentaje que afirma que el robot es fácil de usar con lo cual se puede concluir que el robot AndinoBot puede ser utilizado por los niños y niñas de 4 a 8 años sin mayor dificultad.

Pregunta 3: ¿Te gusta las expresiones que muestra el robot?

El 83% de los participantes considera que las expresiones que se pueden generar en el robot AndinoBot son de su agrado permitiendo así que con las expresiones mostradas por el robot se puedan reforzar emociones entre los participantes.

Pregunta 4: ¿Te gustan los colores que tiene el robot?

Al 92% de los participantes le gustan los colores que tiene el robot, lo cual lo hace llamativo para que el robot AndinoBot tenga aceptación dentro de un ambiente educativo.

Pregunta 5: ¿Te parece adecuado el tamaño del robot?

Al 83% de los participantes les parece adecuado el tamaño del robot y a un 17% de los participantes nos les parece adecuado su tamaño, esto permite tener en cuenta una reconsideración en el tamaño para diseños o modificaciones futuras.

Pregunta 6: ¿Qué te gusto más del robot?

El 67% de los participantes les gusto más las expresiones que el robot AndinoBot puede mostrar, un 17% se siente atraído por las luces que tiene y un 17% por los sensores con los cuales está conformado el robot.

Pregunta 7: ¿Te parece fácil usar la aplicación?

Corresponde a la facilidad de uso que tiene la aplicación diseñada en donde el 92% considera que su uso es fácil y un 8% que no es de fácil uso. Como el porcentaje de aceptación es mayoritario se da cumplimiento a otro de los requerimientos solicitados por el usuario sobre la facilidad de uso permitiendo generar ambientes interactivos con el uso del robot.

Pregunta 8: ¿Te gustan los videos que tiene la aplicación?

Muestra que el 100% de los participantes menciona que les gustan los videos que se encuentran dentro de la aplicación permitiendo que los niños aprendan mientras ven contenidos educativos y cumpliendo otro de los requerimientos iniciales que corresponde a que el robot sea un medio de aprendizaje.

Pregunta 9: ¿Te gustan los juegos que tiene la aplicación?

Indica que al 100% de los participantes les gusta los juegos diseñados para la aplicación, por lo que permite ser un instrumento de aprendizaje para los niños ya que estos juegos son netamente educativos.

Pregunta 10: ¿Qué nivel de programación te gusto más?

El 83% de los participantes considera que la programación por iconos es atractiva mientras que el 17% considera que la programación por bloques lo es mucho más, los resultados son bastante altos en cuanto a la aceptación de programación por iconos debido a que el mayor porcentaje de niños tenía de 4 a 6 años y por ende se les hacía más fácil programar por este medio.

Pregunta 11: ¿Cuál de los modos de control del robot te gusto más?

El 83% de los participantes prefiere controlar el robot mediante el teléfono celular y solo un 17 % de los participantes elije controlar el robot por las botoneras incorporadas en el robot por lo que el desarrollo del aplicativo para el control del robot cumple satisfactoriamente.

Pregunta 12: ¿Te gustaría seguir usando el Robot?

Indica que al 100% de los participantes les gustaría seguir usando el robot por lo cual se entiende que el robot AndinoBot es propicio para dinamizar los métodos de enseñanza aprendizaje para los niños y niñas de las edades encuestadas además que en el desarrollo de las pruebas se pudo observar la emoción de los niños al interactuar de manera directa con el robot fabricado.

### ***Fase de validación***

Para la validación de la hipótesis se ha optado por usar la prueba denominada como T – Student de pares dependientes por lo cual es necesario que la distribución de los datos obedezca a una distribución normal. Por lo tanto, el primer paso para la validación de la hipótesis será asegurar que los datos obtenidos en las evaluaciones tengan un comportamiento normal.

Según el método de Shapiro Wilks permite asegurar que los datos obtenidos tengan una distribución normal además que las misma aplica para muestras menores a 50 por lo que la hace un método idóneo para la muestra que se tiene.

Para proceder a obtener los datos para la validación de la hipótesis se crea una tabla de valores con los resultados de las evaluaciones realizadas por los participantes antes y después del taller impartido como se muestra en la Tabla 40.

**Tabla 40**

*Resultados de promedios obtenidos en los cuestionarios aplicados*

<b>N.º</b>	<b>Resultado inicial</b>	<b>Resultado final</b>	<b>Diferencia</b>
1	11	11	0
2	8	10	2
3	7	11	4
4	8	11	3
5	8	11	3
6	9	11	2
7	5	10	5
8	3	9	6
9	4	8	4
10	7	10	3
11	6	11	5
12	2	8	6

Para determinar si los datos de la Tabla 40 corresponden a una distribución normal se parte por establecer una hipótesis auxiliar la cual determina si los datos de la muestra tienen una distribución normal. En este caso la hipótesis es  $H_{aux}$ : ¿La muestra de los 12 niños participantes proviene de una distribución normal?, posteriormente se estableció los niveles de confianza con un valor de  $N_C = 95\%$  y de insignificancia de  $N_S = 5\%$ , luego mediante la tabulación en Excel se obtiene una tabla de contingencia que permite obtener el valor estadístico como se evidencia en el ANEXO 5. El valor del estadístico es  $W = 0,9497$  y el valor crítico es  $V_C = 0,859$  este último valor se obtiene de tablas como se detalla también en el ANEXO 5.

Como el valor estadístico  $W$  es mayor que el valor crítico  $V_c$  se concluye que los datos obtenidos corresponden a una distribución normal y se valida la hipótesis auxiliar según la prueba y las condiciones establecidas por Shapiro Wilks. Por lo tanto, se procede a aplicar la prueba de pares dependientes de T-Student.

El primer paso para usar esta prueba de pares dependientes T-Student es el planteamiento de una hipótesis nula  $H_0$  y una hipótesis de investigación  $H_1$ . Estas hipótesis se muestran a continuación:

$H_0$ : ¿El diseño y fabricación de un robot asistente educativo contribuirá en el aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años?

$H_1$ : ¿El diseño y fabricación de un robot asistente educativo no contribuirá en el aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años?

A continuación, se presentan las condiciones que deben cumplirse para validar o rechazar la hipótesis.

- Si  $t_c < t_t$  entonces se rechaza  $H_0$ .
- Si  $t_c > t_t$  entonces se acepta  $H_0$ .

Con el fin de simplificar los cálculos, en la Tabla 41 se detallan los valores requeridos para el estadístico de prueba.

**Tabla 41**

*Parámetros de cálculo prueba T-Student*

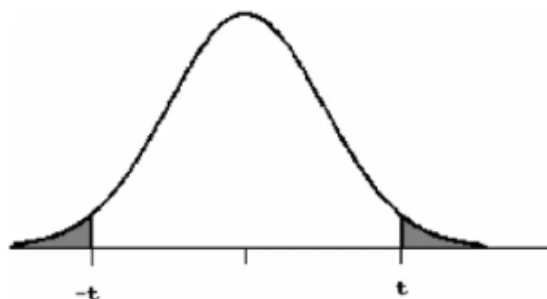
Parámetro	Ecuación	Resultado
Desviación estándar	$S_d = \sqrt{\left(\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}\right)}$	$S_d = \sqrt{\frac{34.916}{12 - 1}} = 1,7816$

Parámetro	Ecuación	Resultado
Error estándar	$S_e = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$	$S_e = \frac{1,7816}{\sqrt{12}} = 0,5143$
Estadístico de prueba	$t_c = \frac{\bar{x}}{S_e}$	$t_c = \frac{3,583}{0,5143} = 6,96$
Grados de libertad	$gl = n - 1$	$gl = 12 - 1 = 11$

Conocidos el valor de los grados de libertad y el valor de significancia se encuentra el valor del estadístico de tabla  $t_t = 2,201$  como se evidencia en la Figura 85.

### Figura 85

Tabla de cuantiles de la distribución T-Student



(a) El área de las dos colas está sombreada en la figura.

(b) Si  $H_A$  es direccional, las cabeceras de las columnas deben ser divididas por 2 cuando se acota el P-valor.

gl	ÁREA DE DOS COLAS						
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001	0,0001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619	6366,198
2	1,886	2,920	4,303	6,695	9,925	31,598	99,992
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924	28,000
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	15,544
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	11,178
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	9,082
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	7,885
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041	7,120
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	6,594
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	6,211
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437	5,921
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	5,694

Nota. Obtenido de (Tabla de Distribución T-Student Dos colar, s. f.)

Conocidos los valores del estadístico de prueba  $t_c = 6,96$  y el estadístico de tabla  $t_t = 2,201$  se procede a verificar las condiciones iniciales siguientes.

- Si  $t_c < t_t$  entonces se rechaza  $H_0$ .
- Si  $t_c > t_t$  entonces se acepta  $H_0$ .

Entonces como el estadístico de prueba  $t_c = 6,96$  es mayor al estadístico de tabla  $t_t = 2,201$  se concluye que la hipótesis ¿El diseño y fabricación de un robot asistente educativo contribuirá en el aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años? es aceptada ya que las evidencias obtenidas muestran un incremento considerable en el aprendizaje de los niños y niñas de 4 a 8 años a los cuales se realizó las pruebas de validación. Es claro que el diseño y fabricación de un robot asistente para aprendizaje contribuye a mejorar el aprendizaje de los niños, pues como se manifiesta en la pirámide del aprendizaje de William Glasser el estudiante aprende de manera más efectiva mediante la práctica alcanzado hasta un 80% de los aprendizajes esperados (Huamán Flores & Aquije Cardenas, 2023).

En este sentido, AndinoBot se convierte en una herramienta para dinamizar y mejorar los métodos de enseñanza aprendizaje en niños, además que la misma permitirá a los niños desarrollar conocimientos referidos a la orientación, dirección y geometrías mediante los dos niveles de programación incluidos en el aplicativo diseñado.



## Capítulo VI

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

Se desarrollo un robot asistente para aprendizaje de niños y niñas de 4 a 8 años permitiendo la interacción de los niños con una herramienta educativa STEAM acorde a sus edades e inmiscuyéndoles dentro del avance tecnológico. El robot tiene apariencia de humanoide y se basa en el robot social “Robot de alegría” realizado en Brasil, el cual realiza labores solidarias en hospitales infantiles, sin embargo, el diseño fue adaptado con el fin de cumplir los requerimientos de los usuarios y transformarlo en un robot educativo mediante la integración de un sensor de sonido, un sensor de luz, un sensor capacitivo tipo táctil y el desarrollo de un aplicativo móvil compatible con el sistema Android. El robot permite mejorar cuatro áreas de desarrollo que son el desarrollo del pensamiento, el desarrollo del lenguaje y lecto escritura, el desarrollo socioemocional y la habilidad de programación ya que el mismo cuenta con un aplicativo móvil que incluye videos educativos, juegos educativos y modos de programación facilitando la interacción.

Mediante reuniones con personal educativo se pudo identificar varias necesidades establecidas para el desarrollo del robot, como son los sensores que debe llevar en este caso un sensor ultrasónico que detecta obstáculos a una distancia menor a 5 cm, el sensor capacitivo que reproduce un sonido al tocarlo y el sensor de luz que enciende leds cuando no existe la iluminación suficiente, las funciones que debe tener el robot como son moverse por medio de una aplicación o en el caso de no tener teléfono móvil debe moverse por medio de la presión de botones.

Definidos los parámetros para el diseño, se procedió con la adaptación y modificación para la estructura del robot seleccionado, el cual está conformado de material el PLA dando como resultado ser el óptimo para fabricar el prototipo, corroborando con el análisis CAE pues

cuenta con un factor de seguridad mayor a 3 en la base, en la cual se concentra todo el peso de los elementos y con un desplazamiento menor a 1mm convirtiéndolo en un diseño seguro.

Se realizó una selección de elementos electrónicos para implementar en el robot, los criterios principales que se tomaron fueron la autonomía, el consumo de corriente y el precio pues en un futuro se planea realizar más robots para fortalecer la educación mediante la metodología STEAM, otro factor que se tuvo en cuenta es la batería debido a que se planteó que tenga una duración de tres horas por lo que tiene integrado una batería de 12000mAh.

La aplicación se desarrolló en Unity, una plataforma que sirve para diseñar entornos 3D, juegos 3D y 2D como en este caso, cuenta con 3 ventanas “Yo Juego”, “Yo Aprendo” y “Yo Controlo”, la aplicación ocupa un total de 1.2Gb debido a que contiene varios videos con una duración mayor a 5 minutos. La validación del aplicativo se desarrolló en el sistema Android logrando tener conectividad entre el robot y el dispositivo mediante bluetooth sin ningún tipo de inconveniente.

Se realizaron pruebas para verificar el funcionamiento del robot, sus sistemas y aplicaciones, mediante un taller STEAM de robótica educativa ofrecido a 12 niños de edades de 4 a 8 años, este Focus Group confirmó mediante las encuestas obtenidas que es una herramienta STEAM que contribuye a mejorar el aprendizaje de los niños.

## **Recomendaciones**

Para alargar la vida útil de la batería, no descargar la batería por menos del 25% y no cargarla por mucho tiempo, debido a que esto reduce la capacidad de carga de las baterías teniendo una duración menor al deseado.

Si se requiere apagar la batería se debe presionar el botón de la batería por 5 segundos y para encenderlo se debe presionar por 1 minuto, en caso de que no se encienda revisar la carga de la batería en el panel LED que viene incluido en la batería.

Evitar manipular el robot con las manos mojadas en especial para parte de los sensores luminoso y capacitivo pues podrían llegar a producir daños el sistema electrónico.

En caso de que la matriz led empiece a parpadear o comportarse de manera extraña apagar y encender la batería, si el error persiste revisar el sistema de cableado para comprobar que todo se encuentra en óptimas condiciones pues se puede producir un error por deterioro o corrosión si está expuesto a climas muy húmedos.

## Bibliografía

Additio. (16 de diciembre de 2021). *Additio*. Obtenido de ¿Qué es y como funciona el método Montessori?: <https://additioapp.com/que-es-y-como-funciona-el-metodo-montessori/>

Aguagallo, L., & Cordova, S. (2016). Modelado y Simulación Robótica de la Extremidad Superior Humana en Open Source. *ESPOCH*, 3-4.

Aprender con robots. (21 de Febrero de 2024). *Aprender con robots*. Obtenido de Aprender con robots.

Australian Research Data Commons. (14 de Mayo de 2022). *Australian Research Data Commons*. Obtenido de Standardised Communications Protocols: [https://ardc.edu.au/resource/standardised-communications-protocols/#:~:text=A%20communications%20protocol%20is%20a,Hypertext%20Transfer%20Protocol%20\(HTTP\)](https://ardc.edu.au/resource/standardised-communications-protocols/#:~:text=A%20communications%20protocol%20is%20a,Hypertext%20Transfer%20Protocol%20(HTTP).).

AUTODESK Instructables. (24 de 11 de 2018). *AUTODESK Instructables*. Recuperado el 20 de 02 de 2024, de AUTODESK Instructables: <https://www.instructables.com/Joy-Robot-Rob%C3%B4-Da-Alegria-Open-Source-3D-Printed-A/>

Automate. (2023). *Automate*. Obtenido de Market for Humanoid Robots is Set for Rapid Expansion: <https://www.automate.org/a3-content/service-robots-humanoid-robots>

AUTRACEN. (s.f.). *ROS – ¿Un sistema operativo diseñado para robots?* Recuperado el 24 de febrero de 2024, de AUTRACEN: <https://www.autracen.com/blog/viajes-1/ros-un-sistema-operativo-disenado-para-robots-67>

Barker, S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of research on Technology in Education*, 229–243. Obtenido de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ768878.pdf>

Blockly Games. (2023). *Blockly Games*. Obtenido de Blockly Games:

<https://blockly.games/puzzle?lang=en>

Business School. (19 de Abril de 2022). *Business School*. Obtenido de The Benefits of Robots

in Education: <https://www.euruni.edu/blog/the-benefits-of-robots-in-education/>

Castellanos Venegas, M. (2016). *Slideplayer*. Obtenido de REGION ANDINA O SIERRA.:

<https://slideplayer.es/slide/7426737/>

Cherry, K. (16 de Diciembre de 2022). *verywellmind*. Obtenido de Piaget's 4 Stages of Cognitive

Development Explained: <https://www.verywellmind.com/piagets-stages-of-cognitive-development-2795457>

Danniels, E. (Febrero de 2018). *Encyclopedia*. Obtenido de Defining Play-based Learning:

<https://www.child-encyclopedia.com/play-based-learning/according-experts/defining-play-based-learning>

Delgado, D. O. (21 de Septiembre de 2017). *OpenWebinars*. Obtenido de Qué es ROS (Robot

Operating System): <https://openwebinars.net/blog/que-es-ros/>

Dia, G. (22 de julio de 2021). *IntelDing*. Obtenido de Robots como tutores para niños

¿Realmente ayudan?: <https://www.inteldig.com/2019/02/robots-tutores-ninos-realmente-ayudan/>

Digital Guide Ionos. (11 de septiembre de 2020). *Digital Guide Ionos*. Recuperado el 20 de

febrero de 2024, de Digital Guide Ionos: <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/blockly/>

Edison. (21 de Febrero de 2024). *Edison*. Obtenido de Edison: <https://meetedison.com/>

El Comercio. (25 de Febrero de 2019). *¿A qué edad los niños deben acudir por primera vez a*

*un centro educativo?* Obtenido de

<https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/ninos-educacion-inicial-estudiantes-padres.html>

Faludi, R. (17 de Agosto de 2022). *Digi Earth Rover*. Obtenido de Digi Earth Rover: Robótica STEM inspiradora: <https://es.digi.com/blog/post/digi-earth-rover-inspiring-stem-robotics>

FutureLearn. (8 de September de 2021). *FutureLearn*. Obtenido de What is experiential learning and how does it work?: <https://www.futurelearn.com/info/blog/what-is-experiential-learning>

Geeksforgeeks. (14 de enero de 2020). *Introducción a ROS (sistema operativo de robots)*. Recuperado el 24 de febrero de 2024, de Geeksforgeeks: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-ros-robot-operating-system/>

Guajardo , F. (2020). *Diseño e implementación de sistema de control para robot open source tipo SCARA*. Universidad de Chile.

Guido, M. (27 de Mayo de 2022). *Prodigy*. Obtenido de Project-Based Learning (PBL) Benefits, Examples & 10 Ideas for Classroom Implementation: <https://www.prodigygame.com/main-en/blog/project-based-learning/>

HISOUR. (s.f.). *HISOUR*. Obtenido de Robótica de código abierto: <https://www.hisour.com/es/open-source-robotics-42977/>

Howard, D., Glette, K., & Cheney, N. (2022). Evolving Robotic Morphologies. *Frontiers*, 1.

Huamán Flores, E. J., & Aquije Cardenas, G. A. (2023). *Guía técnico-pedagógica para la planificación curricular por competencias*. Ica, Perú: Biblioteca nacional de Perú.

Obtenido de

<http://www.repositorio.autonomaica.edu.pe/bitstream/autonomaica/2239/1/GUIA%20T%C3%89CNICO%20PEDAG%C3%93GICA.pdf>

- IBM. (3 de Marzo de 2021). *IBM*. Obtenido de Protocolo de transferencia de archivos (File Transfer Protocol): <https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.1?topic=protocols-file-transfer-protocol>
- IBM. (14 de Abril de 2021). *IBM*. Obtenido de Sistema de nombres de dominio (DNS): <https://www.ibm.com/docs/es/i/7.2?topic=services-domain-name-system>
- Ionos. (2 de Marzo de 2020). *Digital Guide Ionos*. Obtenido de TCP (Transmission Control Protocol) – The transmission protocol explained: <https://www.ionos.com/digitalguide/server/know-how/introduction-to-tcp/>
- Jiménez, J. (28 de Diciembre de 2022). *Redes zone*. Obtenido de Protocolo IMAP de email: Qué es y cómo configurarlo: <https://www.redeszone.net/tutoriales/internet/que-es-protocolo-imap/>
- Knowledge Hub. (25 de Febrero de 2022). *The Knowledge Hub*. Obtenido de Robots For Children With Special Needs: <https://knowledge-hub.com/2022/02/25/robots-for-children-with-special-needs/#:~:text=Social%20robots%20are%20programmed%20to,tasks%2C%20while%20seeking%20emotional%20support.>
- Korn, O., Bieber, G., & Fron, C. (2018). Perspectives on Social Robots: From the Historic Background to an Experts' View on Future Developments. *ACM Digital Library*, 1-2.
- Lacalle, M. (2022). *Fran Bellas: "Hay sesgo de género en la robótica educativa tradicional"*. Obtenido de Fran Bellas: "Hay sesgo de género en la robótica educativa tradicional": <https://www.innovaspain.com/fran-bellas-mint-lab-robobo-robotica-universidad-coruna/>

Leotronics. (8 de Agosto de 2022). *Leotronics*. Obtenido de Swarm intelligence and behavior of swarm robots: <https://leotronics.eu/en/blog/swarm-intelligence-and-behavior-of-swarm-robots>

Ley Orgánica de Educación Intercultural. (2008). Quito: Ministerio de Educación. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Ley-Organica-Educacion-Intercultural-Codificado.pdf>

Li, R., & Mai, K. (s.f.). *Petoi*. Obtenido de Best Open-Source Robots for Robotics Research: <https://www.petoi.com/pages/best-open-source-robots-for-robotics-research>

Linda, D., & D. Lyatras, M. (2019). Educational Robotics for Inclusive Education. *Technology, Knowledge and Learning*, 221. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9397-5>

Machado, C. G., González, I. O., Rivera, A. M., & Vega, V. M. (2020). Implementación de sistema operativo robótico en una plataforma de robot móvil. *Scielo*, 1-3.

Malik, F., & Marwaha., R. (18 de Septiembre de 2022). *StatPearls*. Obtenido de Developmental Stages of Social Emotional Development In Children: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534819/>

Mas, M. (19 de diciembre de 2021). *Neuropediatria*. Obtenido de El desarrollo de la moral en los niños: <https://neuropediatra.org/2021/12/19/el-desarrollo-de-la-moral-en-los-ninos/>

Meadows, P. (1 de Noviembre de 2022). *Microsoft*. Obtenido de Introducción a HTTP y HTTPS: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/rtos/netx-duo/netx-duo-web-http/chapter1>

Montesinos Berenguer, D. (2022). *Comunicación inalámbrica entre microcontroladores para controlar un robot de forma remota*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/187703/Montesinos%20->



%20Comunicacion%20inalambrica%20entre%20microcontroladores%20para%20control ar%20un%20robot%20de%20forma%20r....pdf?sequence=1&isAllowed=y

Murali, A., Chen, T., Alwala, K. V., Gandhi, D., Pinto, L., Gupta, S., & Gupta, A. (2019).

PyRobot: An Open-source Robotics Framework for Research and Benchmarking. *Cornell University*, 1-2.

Nadeau, J., & Boyd, N. (2 de abril de 2022 ). *Study.com*. Obtenido de Physical Development Overview and Examples: <https://study.com/learn/lesson/physical-development-overview-examples.html>

Nguyen, V. T. (2020). BlocklyAR: AVInterfaz de programación isual paraCreando experiencias de realidad aumentada. *Electrónica*, 4. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/343241422\\_BlocklyAR\\_A\\_Visual\\_Programming\\_Interface\\_for\\_Creating\\_Augmented\\_Reality\\_Experiences](https://www.researchgate.net/publication/343241422_BlocklyAR_A_Visual_Programming_Interface_for_Creating_Augmented_Reality_Experiences)

Nuevo, M. (12 de abril de 2023). *Guía infantil*. Obtenido de El desarrollo de la creatividad de los niños: <https://www.guiainfantil.com/articulos/educacion/motivacion/el-desarrollo-de-la-creatividad-de-los-ninos/>

Patico De Hule. (19 de julio de 2019). El gusanito de las vocales [Video]. Youtube. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=MooO02VdfVU&ab\\_channel=PaticoDeHule](https://www.youtube.com/watch?v=MooO02VdfVU&ab_channel=PaticoDeHule)

Perez-Grau, F. J., Dios, J. R.-d., Paneque, J. L., Acevedo, J. J., Torres-González, A., Viguria, A., . . . Ollero, A. (2021). Introducing autonomous aerial robots in industrial manufacturing. *ELSEVIER*, 1-2.

Pico, N. (2022). Climbing control of autonomous mobile robot with estimation of wheel slip and wheel-ground contact angle. *ESPOL*, 1.

Pinillos, J. (7 de Mayo de 2020). *Básicos ESP32: Mapeo de pines y sensores internos*.

Obtenido de Básicos ESP32: Mapeo de pines y sensores internos:

<https://tecnotizate.es/esp32-mapeo-de-pines-y-sensores-internos/>

Proven Robotics. (2022 de November de 2022). *Proven Robotics*. Obtenido de Transform your Daily Life with these Assistant Robots: <https://provenrobotics.ai/transform-your-daily-life-with-these-assistant-robots/>

Raisingchildren. (17 de febrero de 2021). *Raisingchildren*. Obtenido de Language development in children: 0-8 years: <https://raisingchildren.net.au/babies/development/language-development/language-development-0-8>

Raquel, & Daniel. (2022). *Robots para niños*. Obtenido de Codi-oruga, jugar y programar con Fisher Price.

Revista de Robots. (8 de junio de 2023). *Revista de Robots*. Obtenido de ROBOT NAO PARA EMPRESA Y EDUCACIÓN: <https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/robot-nao-caracteristicas-y-precio/?cn-reloaded=1>

ROBOTNIK. (13 de Mayo de 2022). *ROBOTNIK*. Obtenido de What programming language do robots use ?: <https://robotnik.eu/what-programming-language-do-robots-use/>

Romero , R., Puig , M., & Castillo , J. (2020). *Tecnologías emergentes en educación infantil*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://www.torrossa.com/it/resources/an/4983802>

ROS. (2023). *Getting Started*. Obtenido de Getting Started: <https://www.ros.org/blog/getting-started/>

Santander Universidades. (13 de Abril de 2022 ). *Santander Becas*. Obtenido de Aprendizaje cooperativo: qué es, características, ejemplos y ventajas: <https://www.becas-santander.com/es/blog/aprendizaje-cooperativo.html>

SDIndustrial. (s.f.). *SDIndustrial*. Obtenido de ¿Qué es un protocolo de comunicación y cuál es el más utilizado?: <https://sdindustrial.com.mx/blog/protocolos-de-comunicacion-que-son/#%C2%BFQue-es-un-protocolo-de-comunicacion-y-para-que-sirve>

Semini, C., & Wieber, P.-B. (2020). Legged Robots. *HAL Open Science*, 1-2.

Splash Learn. (14 de Marzo de 2023). *Splash Learn*. Obtenido de What Is Inquiry-Based Learning? Types, Benefits, Examples: <https://www.splashlearn.com/blog/what-is-inquiry-based-learning-a-complete-overview/>

SSH Academy. (2023). *SSH Academy*. Obtenido de What is SSH (Secure Shell)?: <https://www.ssh.com/academy/ssh>

Strazdas, D., HintzORCID, J., Khalifa, A., Abdelrahman, A. A., Hempel, T., & Al-Hamadi, A. (2021). Robot System Assistant (RoSA): Towards Intuitive Multi-Modal and Multi-Device Human-Robot Interaction. *MDPI*, 1-2.

TRT Español. (5 de septiembre de 2022). *TRT Noticias*. Obtenido de Codificación robótica, el lenguaje del futuro: <https://www.trt.net.tr/espanol/programas/2022/09/05/codificacion-robotica-el-lenguaje-del-futuro-1875104>

Ulrich, K., & Eppinger, S. (2019). *Product Design and Development*. McGraw-Hill Education.

UniHobby. (s.f.). *Robotics*. Obtenido de Robotics : <https://ozrobotics.com/shop/stem-robot-kit-diy-6-in-1-advanced-mechanical-building-block-174-pieces/>

UNIR. (12 de Junio de 2022). *Robótica educativa: ¿qué es y cuáles son sus ventajas?* Obtenido de <https://www.unir.net/educacion/revista/robotica-educativa/>

Weselby, C. (8 de Noviembre de 2022). *Resilient Educator*. Obtenido de What is Differentiated Instruction? Examples of How to Differentiate Instruction in the Classroom: <https://resilienteducator.com/classroom-resources/examples-of-differentiated-instruction/>

XTREM BOTS. (s.f.). *Xtrem Bots*. Obtenido de Xtrem Bots MAZZY:

<https://www.xtrembots.com/productos/mazzy/>

Yakman , G. (2008). An overview of creating a model of integrative education. *Educational*

*Model*, 1-8. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/327351326\\_STEAM\\_Education\\_an\\_overview\\_of\\_creating\\_a\\_model\\_of\\_integrative\\_education](https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education)

Yang, M., Yang, E., Zante, R. C., Post, M., & Liu, X. (2019). Collaborative mobile industrial manipulator: A review of system architecture and applications. *IEEE Xplore*, 1-2.

## Anexos