



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

JUGUETE AUTÓNOMO DE APRENDIZAJE BRAILLE

AUTOR: DANY ORLANDO ORBES

DIRECTOR: ING. LUZ MARÍA TOBAR

IBARRA - ECUADOR

MAYO 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto, Repositorio Digital Institucional, determinó; la necesidad de disponer de textos completos en formato digital, con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento, dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual, pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	1002383402
Apellidos y Nombres	Dany Orlando Orbes Padilla
Email	doorbespa@utn.edu.ec
Teléfono Fijo	062953552
Teléfono Móvil	0998687239
DATOS DE LA OBRA	
Título	JUGUETE AUTÓNOMO DE APRENDIZAJE BRAILLE
Autor	Dany Orlando Orbes Padilla
Fecha	28 de mayo del 2018
Programa	Pregrado
Título por el que aspira	Ingeniero en Mecatrónica
Director	Ing. Luz María Tobar

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, DANY ORLANDO ORBES PADILLA, portador de la cédula de ciudadanía N° 100238340-2, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra, o Trabajo de Grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional, y el uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material, como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

CONSTANCIAS

El autor manifiesta, que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamos por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de mayo del 2018

EL AUTOR:



Firma

Nombre: Dany Orlando Orbes Padilla

Cédula: 100238340-2

CERTIFICACIÓN

El señor egresado, Dany Orlando Orbes Padilla, ha trabajado en el desarrollo del proyecto de Tesis “**JUGUETE AUTÓNOMO DE APRENDIZAJE BRAILLE**”, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Mecatrónica, realizándola con interés profesional y responsabilidad, lo cual certifico en honor a la verdad.



Ing. Luz María Tobar

CI: 1002444204

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Yo, Dany Orlando Orbes Padilla, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Dany Orlando Orbes Padilla

C.I. 1002383402

DEDICATORIA

Este trabajo, se lo dedico a mi PADRE CELESTIAL, por todo lo que su espíritu de amor deposito en mí, para servir a personas que merecen ser servidas, a mi familia, mi madre RODEY PADILLA MORENO, que ha sido mi amiga y mi compañera en las noches de desvelo, por su infinito amor y sacrificio; a mi padre ORLANDO AULI ORBES, por su sabiduría, quien siempre estuvo a mi lado; a mi querida, hermana JACQUELINE ALEXANDRA ORBES, la que siempre estuvo pendiente de mí y apoyándome en los momentos más difíciles; a mi esposa, NATALY EVELIN NARVÁEZ mi compañera y amor de mi vida, por su apoyo y cariño constante; y la inspiración de todo este trabajo es mi hijo DANIEL BENJAMIN ORBES NARVAEZ. Esta labor es para ti, para que pienses que la constancia, preparación y sacrificio, siempre son recompensados, y que el propósito de la vida humana es servir y mostrar amor, dando voluntad de ayudar a los demás.

DANY ORLANDO ORBES PADILLA

AGRADECIMIENTO

Este agradecimiento, primero para mi Padre Celestial por darme la vida y la inspiración necesaria, y a la vez hacerme ver con su bondad, que servir a otros y hacer el bien es el propósito de la vida.

Desde luego, con toda gratitud por su apoyo académico, moral, incondicional, sin ningún tipo de egoísmo, y sin escatimar su tiempo, en los momentos que necesite su guía para salir adelante con el trabajo, estuvo la Srta. Ing. LUZ MARIA TOBAR, quien me colaboro desde el inicio de este trabajo, cuando solo era una idea y creyó en mi capacidad, lo mismo para mis queridos catedráticos de los cuales aprendí mucho, de responsabilidad profesional con su ejemplo, que me servirá en el futuro.

A mis amigos GABRIEL ALEJANDRO GUEVARA, OLIVER OSCAR ORTEGA y MAYRA DANIELA YEPEZ, por estar pendientes de mi cuando más lo necesitaba.

A mi familia, en especial a mis padres, RODEY EULALIA PADILLA y ORLANDO ORBES, quienes me han apoyado en todos los momentos de mi vida, profesional y personal, que formaron en mí una persona íntegra y responsable, para mi formación académica y como persona, así como mi hermanita JACQUELINE ALEXANDRA ORBES, que siempre asido mi ejemplo a seguir, por su integridad y honestidad.

A mi esposa e hijo, NATALY EVELIN NARVAEZ y DANIEL BENJAMIN ORBES NARVAEZ, que estuvieron a mi lado, en mi formación como profesional, dándome su amor y su afecto. En general agradezco, mis familiares y amigos, que con sus consejos y buenos deseos estuvieron siempre para mí.

DANY ORLANDO ORBES PADILLA

RESUMEN

El proyecto propone el uso de un módulo de aprendizaje sensorial y auditivo, que permite a niñas y niños de 3 a 8 años generar letras o palabras que se reproducen de forma auditiva y táctil. Se diseñó el sistema en un módulo didáctico a fin de hacer del aprendizaje interactivo y dinámico. Este proyecto presenta una recopilación de métodos y herramientas didácticas para niños no videntes. Se implementa la metodología mecatrónica en el diseño, utilizando la tecnología de fuente abierta con hardware y software libre. Esto permitirá que el niño no vidente pueda manejar el dispositivo sin requerir asistencia del tutor. El dispositivo mecatrónico de aprendizaje autónomo consta de dos paneles denominados: panel de enseñanzas y panel de guía; además, queda abierto para la implementación de otras modalidades. La reacción del relieve en el panel de guía se efectúa con dispositivos electromecánicos, y el panel de enseñanza emplea botones de enclavamiento con relieve. El diseño se realizó bajo las normativas de la CBE (Comisión de Braille Española), y las normativas ISO (La Organización Internacional para la Estandarización). El dispositivo mecatrónico de aprendizaje Braille cumple el objetivo de contribuir al aprendizaje de lenguaje Braille a niños comprendidos entre las edades de 3 a 8 años. Finalmente, se realizaron pruebas in situ con niños no videntes; para valorar el prototipo, y así realizar el mejoramiento del mismo.

ABSTRACT

This work explains the use of an audible and tactile learning module, that allows kids from three to eight years old to generate letters or words that are reproduced in audible and tactile ways. The system was designed in a didactic module to make the learning process interactive and intuitive. This project presents a compilation of methods and didactic tools for vision-impaired kids. Mechatronic methodology is implemented in the design process, using open source technology. This will allow the vision-impaired kid to operate the device without the assistance of her/his tutor. The mechatronic autonomous-learning device consists of two panels labelled: learning panel and guidance panel; and, it is also open for implementation of other modalities. The response of the surface on the guidance panel is performed with electromechanical devices, and the learning panel uses interlocking buttons with relief. The design was realized under the CBE (Spanish Braille commission), and ISO norms. The Braille mechatronic learning device complies with the objective of teaching Braille language to kids from three to eight years old. Finally, in-situ tests were performed with vision-impaired kids; to asses and enhance the prototype.

ÍNDICE DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	
CONSTANCIAS	
CERTIFICACIÓN.....	
DECLARACIÓN	
DEDICATORIA.....	
RESUMEN	
ABSTRACT	
ÍNDICE DE CONTENIDO	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
I.Introducción	1
II. El problema	3
III. Objetivos	4
i. Objetivos Generales.....	4
ii. Objetivos Específicos	4
IV. Justificación.....	4
V. Alcance.....	5
1 MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 Escritura braille.....	7

1.2	Conceptos metodológicos de escritura Braille.....	11
1.2.1	Aprendizaje.....	11
1.2.2	El proceso Braille.....	13
1.2.3	Sistema Sensoperceptivo.	13
1.2.4	Educación del Tacto.....	14
1.2.5	Requisitos básicos para el aprendizaje del Braille.....	16
1.3	Estado del arte.....	18
1.3.1	Metodologías de enseñanza del sistema braille.....	19
1.3.2	Recursos materiales del Sistema Braille	21
1.3.3	Antecedentes de alfabetización braille en el Ecuador.	26
1.4	Sistema Electrónico	29
1.4.1	Sistemas de Arduino.....	29
1.4.2	Ventajas de la utilización de Arduino.....	31
1.4.3	Arduino uno	31
1.4.3	Arduino Due	32
1.4.4	Arduino Mega 2560	33
1.4.5	Análisis de las placas electrónicas Arduino.....	34
1.5	Mecanismos	34
1.5.1	Cremallera y piñón.....	34
1.5.2	Tornillo sin fin y engrane.....	35
1.5.3	Manivela-Corredera	36
1.5.4	Análisis de mecanismos.....	36

1.6	Actuadores	37
1.6.1	Micro -Servomotor SG90.....	37
1.6.2	Micro – Servomotor HD-1810MG.....	38
1.6.3	Multi-función de DC12V 200mm Stroke Motor Actuador Lineal.....	39
1.6.4	Análisis comparativo de los Actuadores.....	39
1.7	Comando de voz EasyVR 3 SHIELD.....	40
1.8	Driver de Servomotores Pololu.....	42
1.9	Reproductor de MP3 (MP3 Trigger Robersonics).....	43
1.10	Componentes del Dispositivo	44
CAPÍTULO II.....		45
2.	METODOLOGÍA DEL DISEÑO	45
2.1	Requerimientos de diseño	45
2.2	Diseño Mecánico	47
2.2.1	Diseño de la carcasa y de los exteriores del Módulo.....	47
2.2.2	Validación.....	49
2.3	Selección de mecanismos.	50
2.3.1	Simulación Mecanismo de Relieve.....	50
2.3.2	Cálculos del Mecanismo.....	51
2.7	Selección de actuadores.	55
2.4	Diseño Electrónico.....	55
2.4.1	Simulación	56
2.4.2	Validación.....	57

2.5 Diseño del algoritmo de funcionamiento.....	58
2.5.1 Diagrama de bloques	59
2.5.2 Funcionalidad.....	61
2.5.4 Desarrollo del software de reconocimiento de voz.....	62
2.5.5 Implementación y trabajo del MP3 Trigger.....	66
2.5.6 Implementación del Mini Maestro Driver Servos Pololu.....	68
2.5.7 Validación.....	68
2.6 Ensamblaje del Prototipo	69
2.6.1 Implementación Etapa Mecánica.....	69
2.6.2 Implementación Etapa Electrónica	70
CAPÍTULO III	72
3. RESULTADOS.....	72
3.1 Características de la persona de estudio	72
3.2 Tutorial y Protocolos	72
3.3 Pruebas.....	74
3.4 Resultados.....	76
CAPÍTULO IV	78
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
4.1 Conclusiones.....	78
4.2. Recomendaciones	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS.....	

ANEXO 1: PLANOS DEL JUGUETE AUTÓNOMO BRAILLE	
ANEXO 2: DIAGRAMA POGRAFICO.....	
ANEXO 3: DATASHEET ARDUINO MEGA.....	
ANEXO 4: DATASHEET MD PLAYER REPRODUCTOR MP3.....	
ANEXO 5: DATASHEET VR SOUND 3.0 MODULO COMANDO DE VOZ.....	
ANEXO 6: DATASHEET MINI MAESTRO POLOLU DRIVER SERVOMOTORES	
ANEXO 7: FOTOGRAFIAS DEL DESARROLLO.....	
ANEXO 8: FOTOGRAFIAS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS.....	

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1. 1: Representación de la constitución y enumeración de la matriz braille (Comisión de Braille Española, 2015).....	8
Figura 1. 2: Representación del abecedario en braille (Sánchez Calderón, 2017).	8
Figura 1. 3: Combinación de patrones para las vocales tildadas (Comisión de Braille Española, 2015).	8
Figura 1. 4: Signo Mayúscula en patrón braille (Comisión de Braille Española, 2015)..	9
Figura 1. 5: Signo para números en braille (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).	10
Figura 1. 6: Números en braille (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).....	10
Figura 1. 7: División de los Músculos intrínsecos de la mano (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).....	10
Figura 1. 8: Juegos motrices (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).....	16
Figura 1. 9: Diagrama de Bloques de un sistema Electrónico (ARTERO, 2013).	30
Figura 1. 10: Arduino uno (ARDUINO, 2015).	32
Figura 1. 11: Arduino Due (ARDUINO, 2015).....	33
Figura 1. 12: Arduino mega 2560 (ARDUINO, 2015).....	33
Figura 1. 13: Arduino mega 2560 (ARDUINO, 2015).....	35
Figura 1. 14: Tornillo sinfín y engrane de tronillo sinfín (NORTON, 2009).....	36
Figura 1. 15: Mecanismo Biela - Corredera (NORTON, 2009).....	36
Figura 1. 16: Micro servomotor SG90.	38

Figura 1. 17: Micro – Servomotor HD-1810MG. (pololu, 2016)	38
Figura 1. 18: Caja de cambios del Micro – Servomotor HD-1810MG (pololu, 2016). 39	
Figura 1. 19: Multi-función de DC12V 200mm Stroke Motor Actuador Lineal.	39
Figura 1. 20: Modulo comando voz EasyVR3.	40
Figura 1. 21: Driver Maestro Pololu de 12 canales.	42
Figura 1. 22: MP3 TRIGGER (PERFORM, 2014).	44

Capítulo II

Figura 2. 1 a.) Caja de Servomotores b.) Soporte de servomotores	48
Figura 2. 2 a.) Caja de dispositivos Electrónicos b.) Tapa trasera	48
Figura 2. 3 Estructura Externa.....	49
Figura 2. 4 Simulación del mecanismo del relieve sin operar.....	50
Figura 2. 5 Simulación del mecanismo del relieve operando.....	51
Figura 2. 6 Esquema del mecanismo utilizado en el relieve del módulo de enseñanza. 51	
Figura 2. 7 Esquema del mecanismo recreando el relieve.	53
Figura 2. 8 Esquema del mecanismo ocultando el relieve	54
Figura 2. 9 Elementos del sistema electrónico, a.) Tablero guía, b.) Tablero de enseñanza, c.) Driver de servomotores, d.) MD Player Mini, e.) Fuente de alimentación, f.) Arduino Mega y g.) Modulo comando de voz	56
Figura 2. 10 Fuente de alimentación con circuito de regulación interno.	59
Figura 2. 11 Conjunto de conectores en el shield EasyVR.	63

Figura 2. 12 Diagrama del proceso de implementación de comandos de voz.....	64
Figura 2. 13 Puerto de comunicación FTDI en el módulo Trigger MP3 (PERFORM, 2014).....	67
Figura 2. 14 MicroSD Socket en el módulo Trigger MP3 (PERFORM, 2014).....	67
Figura 2. 15 Tablero Porta servomotores.	69
Figura 2. 16 a) Vista interna de la alineación b) Vista de la tapa de servomotores sellada	69
Figura 2. 17 Ensamblada parte 2 con parte 1 de la carcasa.	70
Figura 2. 18 Ensamblada Tapa trasera.....	70
Figura 2. 19 Diagrama Pictográfico de conexiones.....	71
Figura 3. 1 Prueba de enseñanza de vocales.....	74
Figura 3. 2 Prueba de enseñanza del abecedario	75
Figura 3. 3 Prueba de enseñanza de Números	75
 Capítulo 3	
Figura 3. 1 Prueba de enseñanza de vocales.....	74
Figura 3. 2 Prueba de enseñanza del abecedario	75
Figura 3. 3 Prueba de enseñanza de Números	75

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1.1. Ejemplo del uso del patrón de las mayúsculas en braille (Comisión de Braille Española, 2015). 9

Tabla 1.2 Tabla de patrones Braille para signos de puntuación (Comisión de Braille Española, 2015). 9

Tabla 1.3 factores relevantes en la discapacidad visual (Consejería de Educación Junta de Andalucía, 2015). 12

Tabla 1.4 Tabla de experiencias con respecto a texturas..... 15

Tabla 1.5 tabla de juegos sensomotrices (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004). 16

Tabla 1.6 Tabla comparativa de mecanismos..... 34

Tabla 1.7 Tabla comparativa de mecanismos..... 37

Tabla 1.8 Tabla comparativa de mecanismos..... 40

Capítulo 2

Tabla 2. 1 Tabla de datos de variables..... 52

Tabla 2. 2 Tabla de parámetros del VR sound 3.0. con cada tarjeta arduino designada. 63

Capítulo 3

Tabla 3. 1 Tabla del protocolo musical. 73

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 transformar de coordenadas polares a coordenadas rectangulares 52

Ecuación 2 Ecuación de posición en coordenadas rectangulares 52

I. Introducción

Las personas con capacidades visuales diferentes, usan el lenguaje Braille, para comunicarse, “ es gracias al sistema Braille que las personas no videntes acceden mediante el tacto a lo que sus ojos les niegan” (Rodríguez, 2016) No obstante, para que un niño o niña cuyas edades oscilan entre 3 a 8 años utilice este sistema, se requiere un proceso de aprendizaje de lenguaje; que llega a ser complejo y lento, puesto que requiere constancia del niño y de su núcleo familiar así como motivación del sistema escolar, (Barlow-Brown, 2016). Por ello, este trabajo pretende constituirse en un puente que ayude a superar este proceso con éxito e inclusión. Según el Consejo Nacional para la Igualdad de las Discapacidades, (CONADIS Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2016) el índice de discapacidad visual en el Ecuador es de un 12,8%, de los cuales el 1,57% son niños, cual es un índice considerable. De ahí, la necesidad de contar con dispositivos tecnológicos que promuevan la inclusión educativa, siendo las TICs una herramienta que contribuya a los procesos de enseñanza.

Existen actualmente varias herramientas tecnológicas para ayudar en el aprendizaje del lenguaje Braille, (RNIB - Supporting people with sight loss, 017), aunque su costo y disponibilidad dificultan su adquisición. En Latinoamérica este tema de investigación ha sido estudiado por (Giraldo Peñaranda, Jiménez Hernández, Hernández Suárez , Acosta Villamizar, & Dussán Álvarez, 2004), quién presenta la construcción de un prototipo que permite al usuario aprender a escribir y leer: letras, sílabas, palabras y frases cortas en el sistema Braille a través de la retroalimentación auditiva de los fonemas escritos. Hay que destacar los trabajos de (Cesar Hernández, Luis F. Pedraza , & Danilo López, 2011) y (Hernández S. , Jiménez H. , Juez C. , & Galvis), este último se encuentra en pruebas de campo buscando la construcción de un prototipo, para solucionar el problema social de la integración escolar de los niños con limitación

visual. En el Ecuador este tema de investigación ha sido muy poco abordado desde el punto de vista tecnológico, por ejemplo: en (Aldaz & Pallo, 2016) se analiza el diseño e implementación de un sistema electrónico, que permite enseñar el lenguaje Braille a personas no videntes y a la vez ofrece cierta autonomía en su instrucción. Esto indica que todavía no existen proyectos que investiguen este tema de forma autónoma. También, existen estudios didácticos como en (Calderón Sánchez & Vega Sánchez, 2011), donde se menciona la elaboración de guías para el uso de material didáctico para el proceso de enseñanza – aprendizaje.

Como una alternativa a esta problemática, el siguiente trabajo de investigación presenta el módulo de aprendizaje Braille que se denomina “DUMPI”; el mismo que propone el uso de un sistema mecatrónico referido en (LUCIANO CHIANG SÁNCHEZ, 2003), para permitir a las niñas y niños de 3 a 8 años no videntes, aprender el lenguaje Braille. El sistema promueve un cambio de paradigma en la educación inclusiva y autónoma, mejora las posibilidades de acceso a la educación de las personas con capacidad visual diferente.

DUMPI se incrusta en un oso de felpa, consta de dos paneles, uno de enseñanza y otro de guía. Cuando en el dispositivo se selecciona el módulo de vocales, el panel de guía muestra de forma automática la vocal; para que el usuario aplaste los pulsadores en el panel de enseñanza y así aprenda. Los pulsadores del panel de enseñanza están conectados a un circuito anti rebotes lo que permite una mejor lectura.

El prototipo mecatrónico permite mejorar el tiempo de aprendizaje inicial del lenguaje Braille, elevando el grado de autonomía del usuario. Dentro de los resultados se obtiene: un producto amigable con el usuario no vidente, desarrollado en una plataforma libre, con carcasa resistente y ergonómica para el uso del dispositivo.

II. El problema

Desde tiempos remotos la discapacidad visual en la sociedad se ha convertido en un obstáculo para las personas que la poseen, ante esto, se ha intentado buscar diversas formas y métodos para superarla. Para ello se creó un método de escritura denominado Braille el cual es un sistema de lectura y escritura táctil para personas invidentes, en este caso el método ha permitido superar la dificultad de llevar un estilo de vida normal, logrando así progresar de manera intelectual, académica y emocional; permitiéndoles obtener títulos universitarios y alcanzar sitios altos dentro de la sociedad.

Sin embargo, ante esta situación en el Ecuador en base al censo de población realizado por el CONADIS (Consejo Nacional para la igualdad de Discapacidades), se establece que el índice de discapacidad visual en el Ecuador es alto (CONADIS, 2016), en consecuencia, esto lleva a entender que la sociedad debe encargarse de la enseñanza de escritura braille en los procesos de aprendizaje, ya que a través de esto se mejora la situación académica.

Pero en este proceso se ha visto falencias debido a la falta de métodos y herramientas de enseñanza apropiados que les permita superar esta dificultad debido a que los docentes siguen utilizando métodos tradicionales. En vista de esta falencia y acorde con los avances de la ciencia y tecnología, se da una solución satisfactoria, como es adaptar nuevas herramientas y metodologías para contribuir a los procesos de enseñanza aprendizaje de escritura braille.

III. Objetivos

i. Objetivos Generales

Construir un juguete de aprendizaje a través de un sistema mecánico y electrónico, para niños con discapacidad visual comprendidos entre los 3 y 8 años.

ii. Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema electromecánico del juguete.
- Diseñar el algoritmo de funcionamiento considerando los alcances didácticos.
- Construir el prototipo según los diseños y requerimientos establecidos.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo.

IV. Justificación

El proyecto promueve un cambio en la educación inclusiva, mejora los parámetros y accesos sobre todo a la educación de las personas con discapacidad visual, ya que el sistema educativo ecuatoriano actual es incluyente.

El acceso de las personas con discapacidad visual ha estado limitado por cuanto no existen instituciones públicas que presten este servicio, para lo cual sus familias han tenido que buscar a personas idóneas que tengan conocimientos de Braille, y enseñen a niños, niñas y adolescentes.

El Estado y el sistema educativo ha capacitado a docentes para tratar con personas invidentes, con el fin de disminuir sus barreras dentro del marco del Buen Vivir, en esto convierte en un aporte tecnológico con el juguete autónomo braille para que ayude y obtener buenos resultados.

Este proyecto de investigación en mecatrónica promueve que las personas con discapacidad tengan un sistema educativo más accesible, que reconozca los derechos de todas las personas, permita el acceso a los estudiantes; garantizando una sana convivencia, tolerancia, participación y genere autoestima, a las personas con discapacidad visual.

V. Alcance

Este proyecto se dará en una recopilación de métodos y herramientas didácticas para niños no videntes.

A través de ello se utilizará conocimientos de ingeniería mecatrónica para cubrir los aspectos técnicos que llevarán a un aprendizaje dinámico y moderno, para que el niño no vidente pueda utilizarlo sin requerir siempre la presencia del tutor, utilizando la tecnología Open Source con hardware y software libre.

El juguete autónomo constará de dos paneles denominados como: panel de aprendizaje y panel de práctica, con el fin de que el aprendizaje sea dinámico y de apertura a muchas otras modalidades.

En la parte de la alimentación del sistema se utilizará una batería tipo LIPO, con su respectivo cargador; para la reacción del relieve en el panel de aprendizaje se efectuará con mecanismos, y para el panel de práctica se empleará botones de enclavamiento con relieve.

El diseño trabajará bajo las normativas de la CBE (Comisión de Braille Española), y las normativas ISO (La Organización Internacional para la Estandarización)

El juguete autónomo de aprendizaje Braille, se empleará con la finalidad de contribuir al aprendizaje de escritura braille a niños comprendidos entre las edades de 3 a 8 años,

con la idea de comenzar la enseñanza desde edades tempranas. Como ocurre con la lectura convencional de las personas videntes, contra antes se comience el aprendizaje de la lectoescritura más rápidos y mejores resultados se obtienen al realizar métodos de apoyo.

Obtenido el prototipo se realizarán pruebas para evaluar el prototipo, los cuales servirá para lograr el mejoramiento del mismo.

CAPÍTULO 1

1 MARCO TEÓRICO

Se da a conocer los fundamentos principales de la escritura braille como sus tipos de aprendizaje, metodologías de enseñanza y diferentes procesos para llegar al alumno.

Conociendo la naturaleza de estos puntos, habrá conceptos y teorías principales para la aplicación de la tecnología en cada uno de ellos. Con el conocimiento de las mismas se llegará a la implementación y construcción del proyecto.

La fundamentación se realiza en base a los efectos naturales dados por los principios, que todos los seres humanos tienen y dominan los SENTIDOS, desarrollados ampliamente en algunas personas, medianamente y en otros nada. En este caso se presenta el sentido de la vista; este sentido es primordial en los seres humanos para el aprendizaje desde el momento en que se tiene contacto con el mundo y su naturaleza, ya que nuestros conocimientos son registrados y aprendidos a través del cerebro, que es un maestro receptor y que paulatinamente va acogiendo todas las clases de sensaciones que se convierten en experiencias, y las experiencias llevan al conocimiento y desarrollo de nuestras destrezas y capacidades, y por ende el aprendizaje. Sin embargo, ¿Qué pasa cuando una persona carece del sentido de la vista?, se desarrollan más los otros sentidos, que son: la audición y el tacto. Y gracias a estos sentidos, que se desarrollan más que los otros, esta persona llega a adquirir sus conocimientos, sus experiencias a través del tacto y la audición.

1.1 Escritura braille

El sistema Braille, trata de la impresión manual, mecánica o informatizada de combinaciones, de puntos en relieve en una matriz de 6 puntos como se explica en la

figura 1.1, en esta matriz, se realiza 63 combinaciones que representan una letra, número, signo o carácter (Comisión de Braille Española, 2015).



Figura 1. 1: Representación de la constitución y enumeración de la matriz braille (Comisión de Braille Española, 2015).

La referencia de los caracteres en braille se refiere a su combinación de puntos que lo integran, utilizando el número asignado, a cada punto y siempre en sentido ascendente. En la figura 1.2 se da referencia a los patrones y combinaciones en braille de cada letra del abecedario.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
⠁	⠃	⠉	⠑	⠑	⠋	⠎	⠈	⠇	⠊
1	12	14	145	15	124	1245	125	24	245
k	l	m	n	ñ	o	p	q	r	s
⠅	⠇	⠍	⠎	⠞	⠋	⠏	⠑	⠗	⠎
13	123	134	1345	12456	135	1234	12345	1235	234
t	u	v	w	x	y	z			
⠞	⠥	⠦	⠵	⠭	⠶	⠵			
2345	136	1236	2456	1346	12456	1356			

Figura 1. 2: Representación del abecedario en braille (Sánchez Calderón, 2017).

Las vocales también forman parte del abecedario visto en la figura 1. 2, tienen un cambio de combinación de patrones al ser tildadas como se representa en la figura 1.3.

á	é	í	ó	ú	ü
⠁	⠃	⠉	⠑	⠑	⠊
12356	2346	34	346	23456	1256

Figura 1. 3: Combinación de patrones para las vocales tildadas (Comisión de Braille Española, 2015).

Para los caracteres o letras mayúsculas se hace uso del signo mayúscula como se muestra en la figura 1.4.



Figura 1. 4: Signo Mayúscula en patrón braille (Comisión de Braille Española, 2015).

Un ejemplo del uso de minúsculas y mayúsculas se ilustra en la tabla 1.1, en el caso de la letra “d”.

Tabla 1.1. Ejemplo del uso del patrón de las mayúsculas en braille (Comisión de Braille Española, 2015).

⠠	145	d	d minúscula
⠡	46-145	D	d mayúscula

De igual manera los patrones del braille también expresan signos o símbolos de puntuación como se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Tabla de patrones Braille para signos de puntuación (Comisión de Braille Española, 2015).

Signo braille	Puntos braille	Signo tinta	Significado
⠠	3	.	punto ortográfico punto de abreviatura punto de separación de millares
⠠	2	,	coma coma decimal
⠠	23	;	punto y coma
⠠	25	:	dos puntos
⠠	3-3-3	...	puntos suspensivos
⠠	26	¿?	abrir y cerrar interrogación
⠠	235	!!	abrir y cerrar exclamación
⠠	236	"" «»	abrir y cerrar comillas
⠠	6-236	"" <>	abrir y cerrar comillas interiores
⠠	126	(abrir paréntesis
⠠	345)	cerrar paréntesis

Para caracteres numéricos, el sistema de numeración universalmente compartido es de base 10, es decir únicamente 10 dígitos, o cifras que representan cualquier número, así mismo operaciones matemáticas, las diez cifras necesariamente se obtienen anteponiendo, el signo mostrado en la figura 1.5.

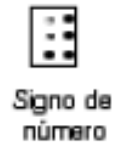


Figura 1. 5: Signo para números en braille (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

Para la utilización del signo numérico braille, en los 10 dígitos numéricos principales, se utiliza las 10 primeras letras del abecedario como se muestra en la figura 1.6.

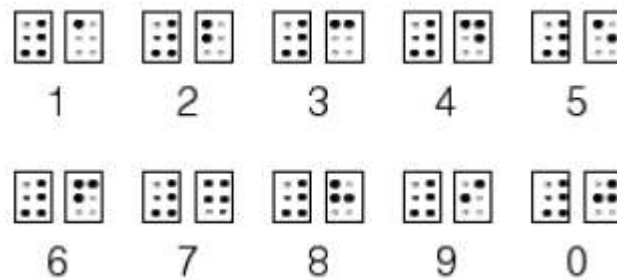


Figura 1. 6: Números en braille (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

Para cantidades de dos o más cifras, es preciso colocar el signo al principio como se muestra en la figura 1. 7.

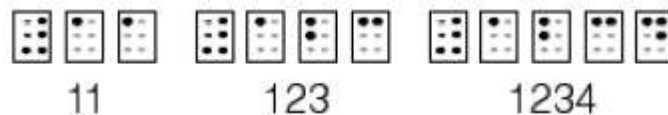


Figura 1. 7: División de los Músculos intrínsecos de la mano (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

1.2 Conceptos metodológicos de escritura Braille

Este punto trata del aprendizaje de la escritura Braille que engloba puntos esenciales como: sistema Sensoperceptivo, la educación del tacto y los requisitos básicos.

Esto permite tener información para idear las diferentes metodologías en el juguete autónomo de braille, analizando mecanismos que se ponen en marcha para el aprendizaje de este.

Existen creencias que el sistema braille es lento y de poca práctica, esto es debido a la falta de una didáctica adecuada para cada tipo de usuario, dependiendo del grado de dificultad visual. Por tanto, a la hora de adiestrar al alumnado en este sistema es necesario tener una capacidad didáctica suficiente para programar y aplicar los ejercicios a realizar, así como sus evaluaciones, para que el estudiante pueda desarrollar los aspectos necesarios para el aprendizaje (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

1.2.1 Aprendizaje

La discapacidad visual es un término genérico que engloba muchos tipos de problemas y dificultades visuales. En términos de legalidad se tiene ceguera y deficiencia visual o toda persona cuya visión en ambos ojos reúna, al menos, una de las siguientes condiciones (Consejería de Educación Junta de Andalucía, 2015).

- Agudeza visual igual o inferior a 0'1 (1/10 de la escala Wecker) obtenida con la mejor corrección óptica posible.
- Campo visual disminuido a 10 grados o menos.

Según el tipo de deficiencia visual se da a conocer las “necesidades educativas especiales”, en otras palabras, según los déficits de visualización se

determina necesidades específicas (Consejería de Educación Junta de Andalucía, 2015).

- El Alumnado con ceguera: las necesidades básicamente están relacionadas con el conocimiento del medio físico, social, la identidad y la autonomía personal, por último, el acceso a la información escrita (Consejería de Educación Junta de Andalucía, 2015).
- El Alumnado con discapacidad visual: dependiendo del grado de visión, éstos podrán presentar algunas de las necesidades anteriormente descritas en el alumnado con ceguera. Así, en algunos casos habrá estudiantes que necesiten trabajar con sistema Braille, aunque su resto visual le permita realizar otras tareas (Consejería de Educación Junta de Andalucía, 2015).

Se considera el tipo de déficit de la vista para determinar diferentes modelos de didácticas que es el aprendizaje mediante explicaciones orales o mediante diferentes materiales, los cuales son preferentemente tridimensionales. Debido a la lentitud del aprendizaje braille, será necesario disminuir el número de actividades a realizar, sin reducir no obstante los contenidos.

Se considera las diferentes etiologías analizadas anteriormente, para saber la edad de la aparición de ceguera, el grado de afectación o el pronóstico para destacar los factores relevantes en la discapacidad visual de la tabla 1.3.

Tabla 1.3 factores relevantes en la discapacidad visual (Consejería de Educación Junta de Andalucía, 2015).

Gravedad del deterioro visual
<ul style="list-style-type: none"> • Ceguera total • Ambliopía grado de funcionalidad del resto visual.
Existencia de deficiencias concurrentes con la ceguera:
<ul style="list-style-type: none"> • Sordera • Retraso mental • Autismo • Parálisis cerebral
Momento de aparición de la ceguera:
<ul style="list-style-type: none"> • Congénita • Adquirida

Naturaleza de la pérdida de visión
<ul style="list-style-type: none"> • Súbita • Gradual
Etiología del trastorno visual y pronóstico

1.2.2 El proceso Braille

Según (Pring, 1994), en su proyecto sobre la ceguera infantil congénita, evalúa la relevancia de los modelos de adquisición de lectura desarrollados por niños videntes para el aprendizaje del Braille comparado con niños no videntes. Para ello se utilizó una metodología basada en acompañamiento de un tutor, que determinó y analizó los factores que facilitaron el proceso de aprendizaje del sistema Braille para niños no videntes en etapa escolar y sus repercusiones, (Lugo Agudelo & Vanessa Seijas, 2012).

1.2.3 Sistema Sensoperceptivo.

El sistema Sensoperceptivo está dado por diferentes conocimientos como: el conocimiento espacial y la percepción cinestésica-táctil.

- Conocimiento espacial: Este sentido hace que el sujeto cognoscente a todo tipo de relaciones espaciales como: distancia, situación, posición, forma, tamaño, entre otros. Por tanto, es importante desarrollarlo ya que la carencia de este lleva a consecuencias importantes en el proceso de aprehensión cognoscitiva de tales relaciones.
- Percepción cinestésica-táctil: El tacto, la percepción óptica y los sistemas auditivos son las vías prioritarias de información y desarrollo que compensan la discapacidad visual. Todo el cuerpo tiene sensibilidad táctil, pero son los sensores cutáneos y cinestésicos de la mano los que con los mecanismos motores consiguen más información táctil.

El braille se percibe a través del tacto activo cuando se mueven los dedos, ya que este consiste en la decodificación a través de la percepción aptica de una serie de puntos y la representación mental de su significado.

1.2.4 Educación del Tacto

El tacto es básicamente la capacidad sensorial que permite el reconocimiento e identificación de los caracteres de la escritura Braille, el desarrollar al máximo esta aptitud sensorial es fundamental.

Las experiencias táctiles son fundamentales en un niño para lograr de que este se desenvuelva armónicamente en sus dimensiones personales, que son: afectiva, sensorial, intelectual, psicomotora, entre otras.

En el caso de los infantes con discapacidad visual estas experiencias dan una importancia mayor al utilizar el sentido del tacto como vía principal para el acceso con el mundo exterior, ya que estas experiencias se almacenen su plena virtualidad cognoscitiva, afectiva y psicomotora; emprendiendo una auténtica labor instructiva mediante la enseñanza a dicho infante a socializarse de manera eficaz con el mundo y consigo mismo para conseguir su pleno desarrollo y su capacidad psicoafectiva, considerando los siguientes aspectos fundamentales (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004):

- a) Discriminación de texturas: Desde los primeros años del infante es importante que éste entre en contacto con una amplia gama de texturas, lo que le motivara a observar y tocar su propio cuerpo, así como los objetos y a las personas que viven junto a él. Caso contrario a esto el niño no aprenderá a tocar, perdiéndose sus manos y dedos en la extensión de las

cosas y creándose así una imagen mental de un universo amorfo y sin sentido geométrico.

- b) **Distinción de formas y tamaños:** Trata de que el niño aprenda a captar la forma de los objetos del medio que le rodea, debe aprender a captar su forma, tamaño y contorno. Además, tener presente que en cuanto comience a leer en sistema braille, su percepción táctil se encontrará continuamente con distintas formas del mismo tacto, que el niño distinguirá y asociará.

En el ámbito de las experiencias táctiles posibles existen algunas texturas que califica de agradables y otras desagradable. Es importante procurar que predominen las primeras sobre las segundas para un mejor desarrollo del afecto y de la cognición, como se muestra en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Tabla de experiencias con respecto a texturas.

POSITIVAS	NEGATIVAS
Peluche	Lija
Felpa	Cartón áspero
Terciopelo	Objeto punzante
Algodón	Objetos que queman
Textura fina	Hielo
Madera	Textura mucosa
Metal pulido	Arcilla seca sin barnizar
Cristal pulido	Objeto cortante
Mármol	Opresión

La estimulación táctil es necesaria para la lectura braille, y esta se consigue mediante juegos y actividades de diferentes tipos como juegos sensorio-motrices o juego motriz enfocando a las acciones disponibles en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 tabla de juegos sensomotrices (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

Tomar	Dejar
Abrir	Cerrar
Llenar	Vaciar
Enroscar	Desenroscar
Arrollar	Desenrollar
Doblar	Desdoblar
Tapar	Destapar

En la figura 1.8, se muestra ejemplares, de juegos que ayudan a desarrollar la motricidad.

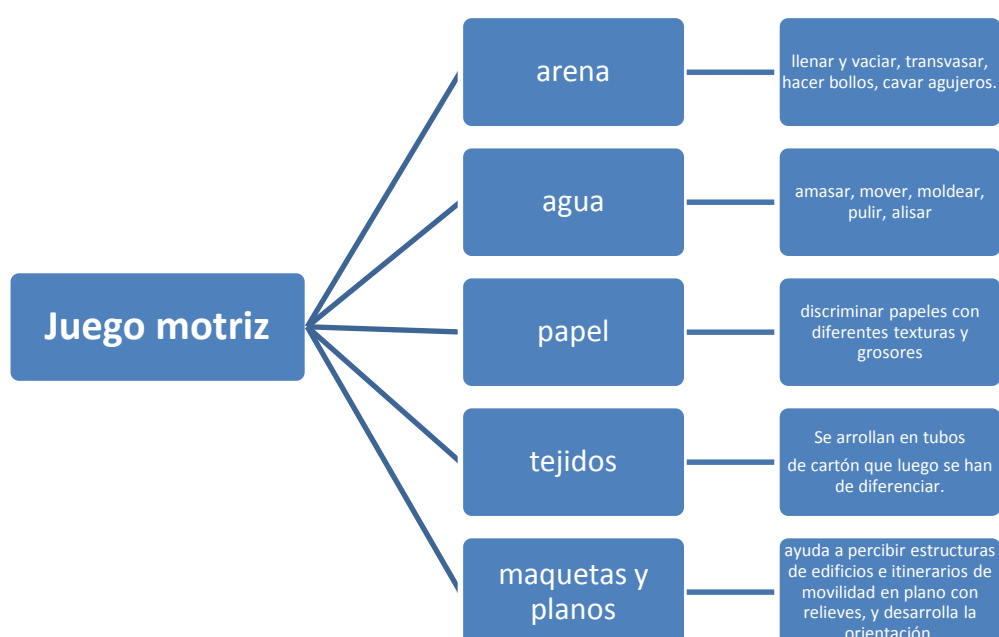


Figura 1. 8: Juegos motrices (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

1.2.5 Requisitos básicos para el aprendizaje del Braille

El aprendizaje braille es un proceso que va de lo más simple como una letra a algo más complejo como una palabra o frase, no obstante, de ser un sistema analítico, es también sintético, al tener que percibir globalmente un conjunto de puntos que forman cada letra.

Se considera que no es igual enseñar a un niño ciego de nacimiento, o a un adulto con ceguera reciente. Tomando en cuenta si el adulto está alfabetizado o no. Las destrezas previas determinan los diferentes procesos y requisitos distintos. En general es necesario que el desarrollo de una mínima capacidad táctil es diferente y se alcanza mediante ejercicios.

El contexto de aprendizaje del alumno: Existen algunas variables que condicionan la situación de enseñanza-aprendizaje del sistema y se refieren al alumno tanto en: edad y nivel de alfabetización, perspectivas de uso del braille, características psicofísicas, tiempo de dedicación al aprendizaje, apoyo del entorno familiar, motivación del estudiante, organización de sesiones de lectura, concientizar al alumno de la importancia del uso del braille y utilización de materiales de apoyo.

Destrezas generales previas a la lectura braille: el niño con ceguera inicia el aprendizaje de la lectoescritura braille, al mismo tiempo que sus compañeros que ven se inician en la lectoescritura en tinta. No obstante, para que el niño aprenda braille es necesario que alcance un cierto dominio en destrezas como:

- Actitud positiva
- Imaginación
- Motivación de parte de su familia
- Práctica en texturas
- Desarrollo madurativo

1.3 Estado del arte

El modelo pedagógico de las necesidades educativas especiales (N.E.E.) se fundamenta en la necesidad de adecuar la respuesta educativa a las particularidades que planteen todos los alumnos y alumnas sean éstas las que sean, es decir, las derivadas entre otros factores de las limitaciones cognitivas, motóricas y/o sensoriales. Para acceder a los fines generales de la educación, reflejados en el currículum escolar y en los diferentes ciclos y etapas educativas, el alumnado con discapacidad visual necesita la atención específica que se detalla (Consejería de Educación Junta de Andalucía, 2015).

- a) Identificar sus necesidades educativas especiales.
- b) Proporcionar una adaptación curricular que incluya contenidos específicos de intervención con el alumnado con discapacidad visual:
 - Autonomía personal.
 - Técnicas instrumentales Braille/tinta.
 - Ajuste a la discapacidad visual.
 - Nuevas Tecnologías.
- c) Determinar los apoyos y servicios necesarios.

Dada la lista de atenciones, es importante alcanzar las destrezas generales y específicas como: reconocimiento espacial, desarrollo del tacto, postura del no vidente y práctica; una vez conseguidas ellas, se detalla las metodologías de enseñanza en el aprendizaje de la escritura braille, estos métodos sintéticos parten del conocimiento de las letras aisladas, luego de la formación de sílabas y progresivamente se da la lectura y escritura de palabras,

1.3.1 Metodologías de enseñanza del sistema braille

Cada método exhibe diferentes cualidades defendiendo su propio orden en la presentación de las combinaciones de puntos o de las letras. Entre los métodos de enseñanza del lenguaje Braille mayormente difundidos, se encuentran los siguientes:

- Alborada: Cartilla para el aprendizaje de la lectura. Presenta las letras en un orden bastante lógico, con frases de creciente complejidad. Aunque el contenido de las frases ha quedado algo desfasado, resulta un método fácil de utilizar y motivador para los alumnos adultos ya que, desde las primeras páginas, leen palabras y frases con significado. El orden de presentación de las letras tiene en cuenta la sencillez o complejidad de los signos: a, o, u, e, l, p, i, b, m, s, n, v, d, ñ, g, t, f, ll, r, c, y, j, q, h, z, x, ch, k, punto, signo de mayúscula, sílabas trabadas, á, é, ó, coma, punto y coma, dos puntos, guion, í, ú, ü, w, interrogación, admiración y signo de número (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

- Bliseo: Es un método para aprendizaje del sistema braille destinado a adultos alfabetizados. Empieza profundizando en el conocimiento especial del signo generador y va introduciendo las letras de la primera serie (de la «a» a la «j»), para seguir con la siguiente serie, añadiendo el punto 3 (de la «k» a la «t», excepto la «ñ”) y las 5 últimas letras, añadiendo el punto 6 (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004)

- Pérgamo: Método de alfabetización para personas ciegas adultas. Lleva a cabo una presentación de letras pensada para evitar confusiones y facilitar la percepción en braille. Comienza el método con ejercicios para discriminar las posiciones de los puntos en el cajetín, independientemente de su significado. El orden de presentación de las letras es el siguiente: a, e, i, o, u, l,

s, p, m, f, d, n, t, ñ, c, h, á, é, b, v, ll, y, r, í, ó, ú, g, j, z, mayúsculas, punto y coma. Al final, se introducen las letras que suelen aparecer menos: x, q, ch, k, w, ü. Después van apareciendo las sílabas trabadas (pl, cl, bl, dr, tr, etc.), el signo de número y signos de puntuación: guion, dos puntos, punto y coma, interrogación, admiración, comillas, paréntesis, etcétera (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

• Punt a punt: Se presenta en catalán y en castellano. Consta de dos series de 5 y 4 tomos, respectivamente. La primera serie presenta un programa de prelectura y pre escritura y la segunda se dedica a la enseñanza del sistema braille propiamente dicho (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004):

- Primera serie: en los tres primeros tomos se ofrecen una serie de ejercicios de prelectura, para el reconocimiento de formas (cuadrado, círculo, triángulo, rectángulo) y tamaños, líneas horizontales y verticales, y seguimiento de líneas y orientación espacial con cuadrados, líneas y series de varios elementos (conjuntos de puntos), para proceder a su discriminación, aún sin darles un significado (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

- Segunda serie: en los tres primeros tomos, se van presentando una a una todas las letras del alfabeto, se hacen ejercicios de reconocimiento táctil, identificación y discriminación, combinando con las letras ya sabidas, para pasar a la lectura de sílabas, palabra y frases (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

- Tomillo: Es un método de iniciación a la lectura braille dirigido, especialmente, a la población infantil. Apoya la presentación de contenidos significativos, al mismo tiempo que respeta las peculiaridades de la exploración táctil. Además, se adecua a la edad a la que va dirigido, utilizándose palabras y

frases cortas con sentido, con estructuras lingüísticas familiares para el niño. Se emplean materiales atractivos para estas edades, con representaciones en relieve (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

Existen diferentes factores que inciden en la capacidad lectora: la motivación, la cantidad de estímulos lectores que recibe el niño, la edad de comienzo de la lectura, el grado de desarrollo de las destrezas previas, la maduración del alumno, los apoyos que encuentra en el entorno y la metodología empleada (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

1.3.2 Recursos materiales del Sistema Braille

En las diferentes metodologías impartidas anteriormente, cabe recalcar que, para la ejecución de los mismos, se es prescindible diferentes tipos de material o herramientas para la aplicación de las mismas.

- **El material impreso en braille**

El braille es el primer modo de escritura autónoma para quienes carecen de visión, como el lápiz y el papel para las personas con vista. Aunque coexisten diversos sistemas de lectura, el braille es el preferido por muchos lectores no videntes porque les permite utilizar su propia voz interna, y de esa manera establecer un contacto más directo con el texto. En una época regida por los desarrollos tecnológicos, algunas editoriales ofrecen a sus usuarios la posibilidad de acceder a las más variadas lecturas por medios informáticos y también en sistema Braille. El sistema tradicional de lectura táctil se ve favorecido por avances técnicos que hoy aseguran mayor calidad y velocidad en el proceso de impresión.

Los textos de la iniciación a la lectura y de las primeras prácticas lectoras han de ser sencillos, con palabras cortas, algo separadas, de léxico adecuado al nivel del usuario, en frases también cortas, y con la intercalación de líneas en blanco entre las escritas, a fin de facilitar la localización y seguimiento de las mismas. También se aconseja que la impresión sea a una sola cara de la hoja de papel, dejando el «interpunto» (escritura a dos caras) para textos de niveles lectores superiores.

Es muy aconsejable que los textos impresos para escolares de niveles elementales vayan acompañados, en la medida de lo posible, de dibujos en relieve, puesto que de esta manera se complementa el contenido de las palabras y, sobre todo, se consigue una práctica lectora más atractiva y relajante como se ve en la siguiente figura 1.9.



Figura 1. 9: Ejemplo de un libro escolar editado en braille (Elfedera, 2015)

Los libros y publicaciones para niveles superiores han de presentar, como característica necesaria, que la distribución de los textos sea apropiada, con la suficiente consistencia de los puntos, puesto que, lógicamente, con el uso, ésta va disminuyendo (Sánchez M.-B., 2000).

- **Instrumentos para la escritura en braille.**

A continuación, de forma sistemática y sintética algunos aparatos e instrumentos más utilizados:

- ❖ **Instrumentos Manuales**

La escritura manual se realiza con un punzón (figura 10 a.), con el que se perfora el papel, colocado sobre un soporte llamado pauta (figura 10 b.), y con la ayuda de una regleta (figura 10 c.) (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

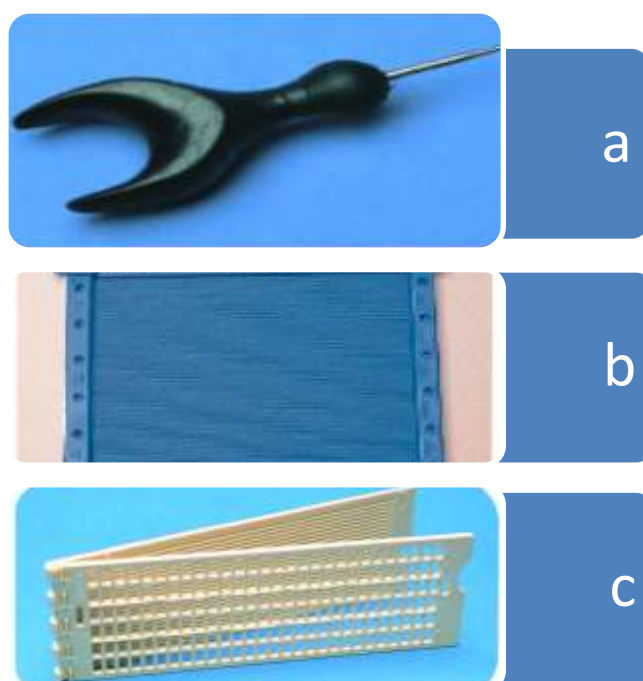


Figura 1. 10: a.) Punzón modelo oreja b.) Pauta de plástico modelo junior c.) Regleta de plástico modelo Puma

Con el objetivo de fomentar la integración social entre niños y niñas con y sin discapacidad visual, nace Brailin (figura 11) el muñeco que enseña el lenguaje Braille. Fue presentado por la ONCE y la Asociación de la Investigación de la Industria del Juguete, AIJU, el pasado mes de noviembre en la sede de la ONCE (IMSERO, 2004).



Figura 1. 11: Muñeco Braillin (IMSERSO, 2004)

Este muñeco familiariza a los niños con el sistema de lectura y escritura Braille, que consiste en signos de relieve para leer a través del tacto, y les enseña a respetar y aceptar la diversidad como un elemento enriquecedor (IMSERSO, 2004).

❖ Instrumentos Mecánicos

En la escritura mecánica se emplean instrumentos basados en la perforación del papel por medio de unas palancas. Existen varios modelos, pero el más utilizado en España es la máquina Perkins (figura 12) (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).



Figura 1. 12: Máquina Perkins (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

❖ Instrumentos informáticos

La informática ha supuesto una verdadera revolución en el campo de la lectura y la escritura para personas ciegas. La rapidez en el acceso

a la información y en la producción escrita de ésta es uno de los rasgos más notorios de esta revolución (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

- **Braille hablado:** Instrumento portátil (figura 13), que permite el procesamiento y almacenamiento de información, por medio de un teclado compuesto de siete teclas, que es tanto reproducida por síntesis de voz como impresa «en tinta» o en braille (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).



Figura 1. 13: Braille hablado (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).

- **Sistemas de adaptación de los PC:** (Figura 14), a través de la llamada «línea braille», que reproduce en forma de «puntos» (el llamado «braille efímero») la información contenida en el ordenador y que aparece visualmente en la pantalla (ISMAEL MARTÍNEZ, 2004).



Figura 1. 14: Línea braille ecoplus-80 (Elfedera, 2015).

- **SonoBraille:** (Figura 15) Equipo electrónico para almacenamiento, proceso y edición de textos por medio de un teclado braille computarizado de 8 puntos.



Figura 1. 15: SonoBraille (Elfedera, 2015).

- **Blitab:** Autodenominada como un "iPad para invidentes"(Figura 16), es así como la firma Blitab identifica a su nueva creación, una Tablet con interfaz táctil en idioma Braille; la primera que, en teoría, podría romper esa barrera técnica y monetaria que suponen los costos de producción para crear un dispositivo capaz de cambiar de forma de acuerdo a la información que reciba (PERRY, 2015).



Figura 1. 16: Blitab (PERRY, 2015).

1.3.3 Antecedentes de alfabetización braille en el Ecuador.

En Ecuador en el 2006 hubo una consulta popular, en la cual la mayoría de los ecuatorianos se pronunció a favor de 8 políticas educativas, parte de un plan decenal de educación para el periodo 2006-2015. La cuarta de esas políticas se

refiere a la “Erradicación del analfabetismo y fortalecimiento de la educación continua para adultos”. Ya que Ecuador se habría comprometido 6 años antes en el marco del Foro Mundial de Educación de Dakar y de la iniciativa educación para todos, a garantizar educación básica para cada ciudadano, por ello, desde el 2007 se implementó el programa de Educación Básica para Jóvenes y Adultos Manuela Sáenz. La primera meta del programa Manuela Sáenz fue disminuir la tasa de analfabetismo por debajo del cuatro por ciento hasta agosto de 2009, de manera que el país pueda ser considerado territorio alfabetizado. En el presente estudio, coordinado por la Oficina de UNESCO en Quito y Representación para Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela, y publicado en conjunto con el Ministerio de Educación de Ecuador, se evidencian los resultados de estas iniciativas de educación y de las implementadas en el pasado (UNESCO, 2009).

Para “que nadie se quede afuera”, como reza uno de nuestros eslóganes, el programa Manuela Sáenz tiene cinco subprogramas, que atienden a grupos poblacionales con realidades específicas: Dolores Cacuango, para personas de nacionalidades indígenas que requieren enseñanza en lenguas ancestrales; Voluntad, para personas privadas de la libertad; Capacidades Diversas, para personas con capacidades especiales; y Cordón Fronterizo, para personas que viven en zonas de frontera. Ese fue el inicio para la implementación de nuevos programas para la alfabetización en el Ecuador (UNESCO, 2009).

No obstante, en este punto la alfabetización con personas con capacidades diversas o especiales abarcando el conjunto de discapacidades visuales. Para este grupo se considera la alfabetización con el lenguaje de escritura braille, en el cual a través de él tendrá muchas más oportunidades de educarse y auto educarse.

Dando el paso en este grupo se ha realizado el proyecto llamado: “Desarrollo Cultural, Social, Económico y Equiparación de Derecho de las personas con Discapacidad Visual” de la república del Ecuador, llamado DECSIEDIV que está financiado por el Ministerio de Educación. En este da un amplio despliegue a la ayuda de alfabetización donde realizan monitoreos y evaluaciones de las actividades académicas de las Escuelas de Educación Básica Elemental con el fin de rendir una asesoría en la aplicación de los instrumentos curriculares. Según denota en esta fase del proyecto en el periodo 2005 hasta diciembre 2012 fueron alfabetizadas 3160 personas, para el efecto se crearon 32 Escuelas de Educación Básica Elemental en 16 provincias, con 78 Educadores (FENCE, 2016).

En este proyecto dentro de sus capacitaciones consta la organización de varios seminarios-talleres con diversas temáticas entre las cuales son:

- Lecto-Escritura Braille
- Orientación y Movilidad
- Matemáticas con ayuda del Ábaco
- Actividades de la Vida Diaria
- Asesoramiento y Capacitación en inclusión educativa
- Adaptaciones Curriculares
- Actualizaciones de metodologías
- Desarrollo Organizacional, Motivación, Autoestima y Relaciones Humanas

Dirigidos a dirigentes y socios de las filiales de la FENCE, docentes contratados, Docentes de instituciones de educación regular, participando un total de 2172 beneficiarios (FENCE, 2016).

1.4 Sistema Electrónico

1.4.1 Sistemas de Arduino

Arduino apareció por la necesidad de contar con un dispositivo para utilizar en aulas que fuera de bajo coste, que funcionase bajo cualquier sistema operativo y que constase con documentación adaptada a gente que quiera empezar de cero.

Arduino se la conoce en particular por 3 cosas que son:

- Una placa de software libre
- Un software libre
- Una Multiplataforma

Algunos proyectos de arduino son autónomos o no, programados en un lenguaje estándar como: Python, c, Java, PH, etc., en su lenguaje libre artificial está diseñado para expresar instrucciones que se llevado a cabo por máquinas.

Tanto el entorno de desarrollo como el lenguaje de programación están inspirado en otro entorno y lenguaje libre preexistente (ARTERO, 2013).

El concepto de software libre según la Free Software Foundation, organización encargada de fomentar el uso y el desarrollo de software libre al nivel mundial, un software para considerarse libre ha de ofrecer a cualquier persona u organización cuatro libertades básicas e imprescindibles (ARTERO, 2013):

- Libertad 0: la libertad de usar el programa con cualquier propósito y en cualquier sistema informático.
- “Libertad 1: la libertad de estudiar cómo funciona internamente el programa, y adaptarlo a las necesidades particulares. El acceso al código fuente es un requisito previo para esto” (Foundation, 2017).
- “Libertad 2: la libertad de distribuir copias” (Foundation, 2017)

- “Libertad 3: la libertad de mejorar el programa y hacer públicas las mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie. El acceso al código fuente es un requisito previo para esto”. (Foundation, 2017)

Con respecto al hardware libre también llamado “Open Source” comparten muchos de los principios y metodologías del software libre. En particular el hardware libre permite que la gente pueda estudiarlo para entender su funcionamiento, modificarlo, reutilizarlo, mejorarlo y compartir dichos cambios. Además, sus ficheros esquemáticos están disponibles para descargar de la página web.

Un microcontrolador es un circuito integrado o “chip” que tiene la característica esencial de ser programable. Es decir que es capaz de ejecutar de forma autónoma una serie de instrucciones previamente definidas. En la figura 1.17 se representa un sistema electrónico, el microprocesador es el componente principal de procesamiento y control (ARTERO, 2013).

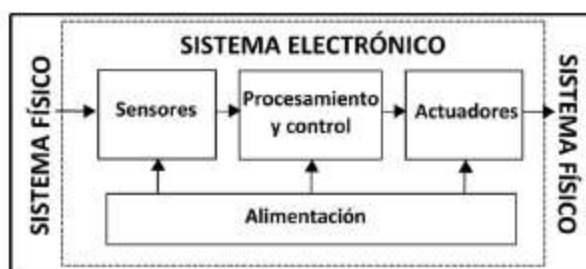


Figura 1. 17: Diagrama de Bloques de un sistema Electrónico (ARTERO, 2013).

El sistema de Arduino se compone de tres elementos básicos los cuales son:

- CPU:** Es la unidad Central de procesos encargada de ejecutar cada instrucción y de controlar la ejecución que se realice.

- ii. **Memoria:** Son generalmente las encargadas de alojar las instrucciones como los diferentes datos que éstas necesiten, para que esté de igual manera pueda posibilitar la información y esté siempre disponible. Generalmente existen dos tipos de ellos que son: las que su contenido permanece permanente incluso tras cortes de alimentación y las que se pierden datos al desconectar la alimentación.
- iii. **Entradas y Salidas:** Están son las encargadas de comunicar al microcontrolador con el exterior, Las entradas son donde se conecta sensores para que pueda captar datos del entorno físico y las salidas donde se encuentra actuadores.

1.4.2 Ventajas de la utilización de Arduino

Las ventajas son las siguientes:

- Arduino tiene una gran comunidad.
- Su entorno de programación es multiplataforma.
- Su entorno de programación es multiplataforma.
- Las placas Arduino son baratas.
- Las placas arduino son reutilizables y versátiles.

1.4.3 Arduino uno

Este es el nuevo Arduino Uno R3 (figura 1.18) utiliza el microcontrolador ATmega328, el Arduino Uno utiliza el ATmega16U2 para el manejo de USB en lugar del 8U2 (o del FTDI encontrado en generaciones previas). Esto permite ratios de transferencia más rápidos y más memoria. No se necesitan drivers para Linux o Mac (ARTERO, 2013).



Figura 1. 18: Arduino uno (ARDUINO, 2015).

La tarjeta Arduino Uno R3 incluso añade pins SDA y SCL cercanos al AREF. Los dos nuevos pines cerca del pin RESET. Uno es el IOREF, que permite a los shields adaptarse al voltaje brindado por la tarjeta. El otro pin no se encuentra conectado y está reservado para propósitos futuros. La tarjeta trabaja con todos los shields existentes y podrá adaptarse con los nuevos shields utilizando esos pines adicionales.

1.4.3 Arduino Due

Esta placa ilustrada en la figura 1.20, pertenece a una familia muy distinta de las demás placas, ya que incluye el microcontrolador SAM3X8E, este tiene una arquitectura interna diferente a la AVR ya que sus registros son cuatro veces más grandes de lo habitual de 32 (ARTERO, 2013).

La velocidad con la que opera está por encima del resto de placas arduino ya que es de 84MHz (ARTERO, 2013).

Este modelo gracias al chip SAM3X8E posee mucha más memoria de 96 KB de SRAM y 512 KB de memoria flash y también el circuito especializado llamado

DMA que permite a la CPU acceder a la memoria de una manera mucho más rápida (ARTERO, 2013).



Figura 1. 19: Arduino Due (ARDUINO, 2015).

1.4.4 Arduino Mega 2560

Placa basada en el microcontrolador ATmega 2560. Este tiene características más sobresalientes empezando por el número de pines que maneja que son 54 pines entrada/salida digital, 16 pines de entrada analógicas y 4 receptores/transmisores serie TTL-UART. Consta de una memoria Flash de 256 KB, y una memoria SRAM de 8KB y una EEPROM de 4 KB su voltaje de trabajo es de 5 Vcc (Figura 1.20).



Figura 1. 20: Arduino mega 2560 (ARDUINO, 2015).

1.4.5 Análisis de las placas electrónicas Arduino

Las características funcionales, de cada una de las tarjetas electrónicas mencionadas están resumidas en la tabla 1.6, lo cual deja apreciar las diferentes entradas y salidas, analógica y digitales, junto con su velocidad de procesamiento, características de memoria y costos.

Tabla 1.6 Tabla comparativa de mecanismos.

CARACTERISTICAS	TARGETAS ARDUINO		
	Arduino Uno	Arduino Due	Arduino Mega
E/S Digitales	14 pines	54 pines	54 pines
Reloj	16 MHz	96 MHz	16 MHz
Flas Memory	32 KB	256 KB	256 KB
SRAM	2 KB	50 KB	8 KB
Analog Pins	6 pines	16 pines	16 pines
Costo	36 USD	85 USD	60 USD

1.5 Mecanismos

Se analiza una serie de mecanismos para obtener un movimiento lineal cuyo objetivo es recrear el relieve de los puntos en el tablero principal del prototipo

Alguno de los mecanismos que proporcionan el movimiento lineal necesario son:

- Cremallera y piñón (Arreglo Piñón Cremallera).
- Tornillo sin fin y engrane.
- Manivela - Corredera.

1.5.1 Cremallera y piñón

Si el círculo base del engrane se incrementa sin límite, el círculo base llegara a ser una recta. Si la cuerda enrollada alrededor de este círculo base genera la involuta sigüiera en su lugar después del agrandamiento de círculo base a un radio infinito, la cuerda tendría su centro en el infinito generaría una

involuta que es una línea recta. El engrane lineal se llama cremallera. Este hecho provoca crear fácilmente una herramienta de corte para generar dientes en involuta en engranes circulares (NORTON, 2009).

En la figura 1.21 se muestra una cremallera y un piñón. La aplicación de esta configuración yace en la conversión de un movimiento circular a un movimiento lineal y viceversa.

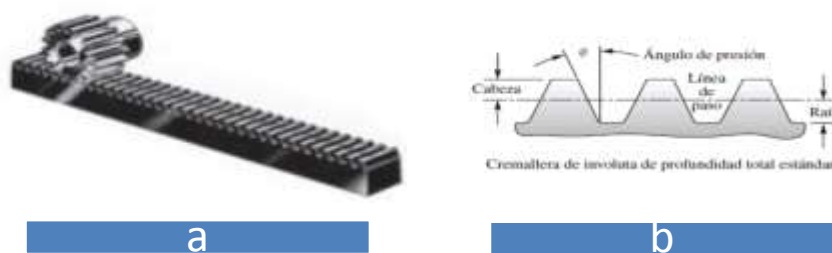


Figura 1. 21: a.) Mecanismo cremallera-piñón b.) Partes de los dientes (NORTON, 2009)

1.5.2 Tornillo sin fin y engrane

El tornillo sinfín tiene la ventaja de presentar altas relaciones de engranes en un paquete pequeño y soporta cargas elevadas, en especial en sus formas envolventes simple o doble (NORTON, 2009).

Envolvente simple, quiere decir que los dientes del engranaje de tornillo sinfín están enrollados alrededor del tornillo sin fin. Y el envolvente doble también enrolla el tornillo sin fin en forma de reloj de arena.

Ambas técnicas aumentan el área de contacto entre el tornillo sin fin y la rueda como se lo muestra en la figura 1.22 e incrementan la capacidad de soportar carga y el costo (NORTON, 2009).



Figura 1. 22: Tornillo sinfín y engrane de tornillo sinfín (NORTON, 2009).

1.5.3 Manivela-Corredera

Esta configuración permite una aproximación directa al análisis exacto de la posición, velocidad y aceleración de su corredera. Por la simplicidad de este método y para presentar un método de solución alternativo ya que su movimiento de corredera se alinea a un eje como se muestra en la figura 1.23, este es un eje manivela no descentrado, porque el eje está extendido, pasa por el pivote de la manivela. Además de su corredera se traslada con respecto al plano de la bancada estacionaria (NORTON, 2009).

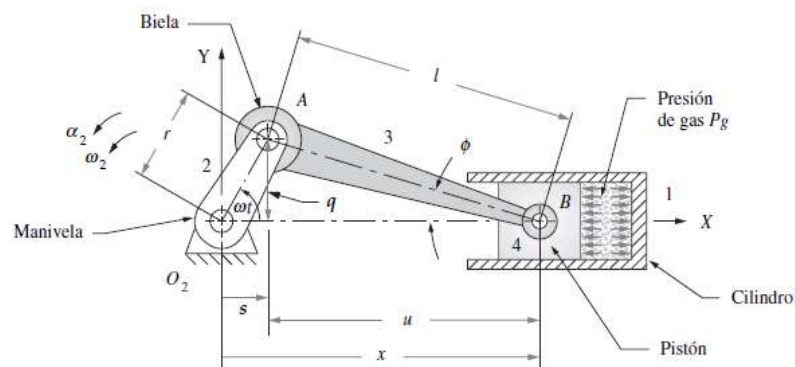


Figura 1. 23: Mecanismo Biela - Corredera (NORTON, 2009).

1.5.4 Análisis de mecanismos

Las características principales de los siguientes mecanismos tratan de la fuerza, precisión, transmisión, Inconvenientes o índice de daños, geometría y

mecanizado; estas propiedades son las que cumplirán con el objetivo del mecanismo a seleccionar (Tabla 1.7).

Tabla 1.7 Tabla comparativa de mecanismos.

	Mecanismos de Movimiento lineal		
Características	Cremallera y piñón	Tornillo sin fin y engranaje	Manivela - Corredera
Fuerza	Muy alta	Medio	Medio
Precisión	Alta	Alta	Alta
Transmisión	Suave	Muy suave	Media
Inconvenientes	Necesita lubricación	Necesita lubricación	Ninguna
Geometría	Compleja	Medio	Simple
Mecanizado	Alto	Alto	Bajo

1.6 Actuadores

Existe un sinnúmero de actuadores que llevar a cabo el movimiento requerido, los actuadores más convincentes son:

- Micro - Servomotor SG90.
- Micro – Servomotor HD-1810MG.
- Multi-función de DC 12V 200mm Stroke Motor Actuador Lineal.

1.6.1 Micro -Servomotor SG90

Este servomotor (figura 1.24) pequeño y ligero con alta potencia de salida, girar aproximadamente 180° (90° en cada dirección), y funciona igual que la estandarizada pero no menor (Tower Pro, 2013).



Figura 1. 24: Micro servomotor SG90.

Este utiliza cualquier tipo de código, hardware o librería para controlar este servomotor, sin necesidad de construir un controlador de motor, este dispone de una retroalimentación y caja de cambios (Tower Pro, 2013).

1.6.2 Micro – Servomotor HD-1810MG.

Este micro-servo digital (figura 1.25) de la marca power HD es un servo miniatura con electrónica de control digital para un mayor rendimiento (pololu, 2016).



Figura 1. 25: Micro – Servomotor HD-1810MG. (pololu, 2016)

El eje de salida esta soportado por un cojinete de bolas, y el tren de engranes y parte de la caja son de metal para mayor durabilidad (figura 1.26), el hardware se adapta por cualquier programador.



Figura 1. 26: Caja de cambios del Micro – Servomotor HD-1810MG (pololu, 2016).

1.6.3 Multi-función de DC12V 200mm Stroke Motor Actuador Lineal.

Este motor lineal (figura 1.27) tiene incluido su caja de transmisión tornillo sin fin – engrane, trabaja a 12 y 24 voltios, su tamaño de longitud máxima es de 150 milímetros y 40 milímetros de ancho, con imán permanente. (BAHUNG, 2015)



Figura 1. 27: Multi-función de DC12V 200mm Stroke Motor Actuador Lineal.

Tiene capacidad de carga de 500N y velocidad 10mm/s sin carga, en el tamaño del agujero es de 6.5 milímetros; en este no viene incluido el controlador (BAHUNG, 2015).

1.6.4 Análisis comparativo de los Actuadores

En el segmento de actuadores data de características, como el voltaje de trabajo, troque, fuerza, velocidad, precisión y costo. Estas características dadas permitirán realizar el objetivo de la función principal.

Tabla 1.8 Tabla comparativa de mecanismos.

	Actuadores		
Características	Micro -Servomotor SG90	Micro – Servomotor HD-1810MG	Multi-función de DC12V 200mm Stroke
Voltaje de trabajo	4.8 V (~5V)	4.8 V (~6V)	12 V (~24 V)
Torque	1.8 kgf·cm	3.1 kgf·cm	NO
Fuerza	500 gramosf	1.5 kgf	500 N
Velocidad	0.1 s/60 °	0.16 s/60°	10 mm/s (lineal)
Precisión	Media	Muy Alta	Baja
Costo	4.80 USD	26.86 USD	48.00 USD

1.7 Comando de voz EasyVR 3 SHIELD

Es un multi-módulo de reconocimiento de voz (Figura 1.28) diseñado para agregar funcionalidades de audio fácilmente, versátil, robusto y rentable. Capacidades de reconocimiento de audio de distintas frecuencias de casi cualquier aplicación (ROBOTECH, 2015).



Figura 1. 28: Modulo comando voz EasyVR3.

Este módulo usa cualquier anfitrión con interface UART alimentada a 3.3 voltios o 5 voltios, como lo son PIC, AVR y tarjetas de arduino.

Sus especificaciones son las siguientes:

- 26 comandos predefinidos (Speaker Independent) (disponible en Inglés US, italiano, japonés, alemán, español y francés) para ejecutar los controles básicos.
- Soporta hasta 32 comandos o triggers definidos por el usuario (SD) en cualquier idioma, así como contraseñas de voz
- Fácil de usar y la interfaz gráfica de usuario fácil de programar comandos de voz para su robot
- Fácil de usar con una interfaz gráfica simple para que programes tus comandos de voz
- El módulo es utilizado con cualquier otro microcontrolador con una interfaz UART (alimentado a 3.3V - 5V)
- Compatible con Arduino UNO, Mega, Leonardo y Due.
- Protocolo serie simple y robusto para acceder y programar el módulo a través del Arduino.
- Crea tus propias tablas de sonido con la herramienta Sensory QuickSynthesis4.
- La nueva interfaz gráfica del EasyVR incluye un comando para procesar y descargar tablas de sonido personalizados al módulo (sobrescribe las tablas de sonido existente)
- Conector de entrada de micrófono
- 8 ohm de salida del altavoz
- Conector de auriculares
- LED que muestra retroalimentación del procesamiento de reconocimiento al usuario
- Tiene librerías para Arduino

1.8 Driver de Servomotores Pololu

La familia de drivers para servomotores consiste en módulos capaces de controlar una variedad amplia de servomotores en diferentes tipos disponibles, como de 6, 12, 16 y 24 canales. En este caso se analiza el de 12 canales como el que se muestra en la figura 1.29.



Figura 1. 29: Driver Maestro Pololu de 12 canales (pololu, 2016).

Este driver tiene 3 modos de control que son:

- USB: para conexión directa para el PC.
- TTL: para usar sistemas embebidos y mediante scrips internos para su funcionamiento autónomo.
- Control Host: Mediante el cual, a través de aplicaciones libres, da canales para configurar las salidas para servos de unos en radio control o control electrónico de velocidad (ESCs).
- Tres métodos de control: USB, TTL (5V) de serie, y la residencia de secuencias de comandos

Este también brinda las siguientes características:

- 0.25 μ s resolución de salida ancho de pulso (corresponde a unos 0.025 ° para un servo típico, que está más allá de lo que podría resolver el servo)

- 12 canales de entradas análogas
- Pulso configurable desde 1 hasta 333 Hz
- Tasa de Amplia gama de pulso de 64 a 4080 us
- El control de la velocidad y la aceleración es individual para cada canal
- Los canales también se utilizan como salidas digitales de propósito general o entradas analógicas
- Un lenguaje de programación simple le permite programar el controlador para realizar acciones complejas,
- Incluye código de ejemplo en C #, Visual Basic. NET y Visual C ++
- Funciona como un adaptador de serie de uso general de USB a TTL para proyectos controlados desde un PC
- Es alimentado de USB o de una batería de 5 - 16 V
- Tamaño compacto de 27 x 36 mm
- Peso ligero de 0,17 ml (4,2 g) con las cabeceras
- Firmware actualizable

1.9 Reproductor de MP3 (MP3 Trigger Robersonics)

Esta tarjeta facilita el uso de audio en MP3 y se almacenan en formato FAT16 o FAT32 SDSC SDHC tarjetas de memoria flash microSD formatear. Además, el código optimizado logra una reproducción estéreo 192 Kbps a partir de una gama más amplia de tarjetas. El corazón de la placa de disparo MP3 es el microcontrolador Cypress PSoC CY8C29466-24SXI que sirve de seguridad de datos MP3 a un códec de audio VLSI VS1063 IC.

Esta versión también es compatible con un archivo de inicialización opcional que se utiliza para establecer la velocidad de transmisión del puerto serie, así como para reprogramar cualquiera de las entradas de disparo 18 para funciones alternativas,

incluyendo la selección de pista aleatoria y secuencial, controles de transporte e incluso subir / bajar volumen. Cada gatillo convencional es ajustado a permitir que se reinicia de inmediato, o para bloquear reinicia si el audio se reproduce (PERFORM, 2014).



Figura 1. 30: MP3 TRIGGER (PERFORM, 2014).

También la función de "modo silencioso" que se activa a través del puerto de control serie. En este modo, las entradas de disparo no se inician pistas directamente, pero en su lugar producen un mensaje de serie que indica que se activaron los factores desencadenantes. Un microcontrolador monitorea las entradas de disparo y luego comenzar cualquier pista o secuencia de pistas a través del puerto de control serie, por lo que los factores desencadenantes mucho más flexible (PERFORM, 2014).

1.10 Componentes del Dispositivo

El dispositivo se diseña tomando en cuenta la metodología mecatrónica, es decir, el diseño mecánico y electrónico se realiza en forma paralela. En la siguiente sección se explican las condiciones para el diseño mecánico y luego se describen las del diseño electrónico.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

En un mundo globalizado llenos de ideas, tomando en cuenta este criterio de la necesidad de los niños no videntes y con análisis, estudios que anteriormente se analizaron como: metodologías, herramientas y prototipos electrónicos para el aprendizaje braille.

En este punto el diseño tangible, como intangible que se presta en el desarrollo del hardware como del software, se basó en un “KAISEN” (Recopilación y Mejoramiento de recursos existentes) de los criterios anteriormente mencionados. Con el fin de que el prototipado, llene las expectativas de los recursos didácticos, necesarios para la enseñanza del Sistema Braille, a infantes de 3 a 8 años.

2.1 Requerimientos de diseño

- **Producto amigable con el usuario no vidente.**

El juguete de aprendizaje se diseñará de manera que pueda ser implementado en un muñeco de felpa, para que el niño pueda interactuar con el producto sin que exista la necesidad de obtener una protección extra y permita desarrollar al usuario habilidades no solo de lectura braille si no de obtener un desarrollo de motricidad en sus manos. Un punto donde se enfoca el juguete de aprendizaje braille, es que su interface sea amigable y fácil de manipular para el usuario no vidente, esto implica que no necesite de un tutor cada vez que lo utiliza.

- **Desarrollo total del sistema en una plataforma libre (open source).**

Debido a la extensa accesibilidad de software y hardware es necesario que el desarrollo del sistema de programación, la implementación de elementos electrónicos,

y el proceso de adquisición e introducción de información sea en plataforma libre. Además de ello no demanda pagos por la utilización de software libre, lo cual lo hace mucho más accesible.

El desarrollo también implica un uso extenso de librerías de diferentes módulos, tanto como el manejo del módulo de manejo de motores, comando de voz y mp3.

- **Aplicación de normas en dimensionamiento.**

Normas CBE (Comisión braille española) “Normas para la transcripción y adaptación de textos en sistemas braille”, 2013, en este detalla toda la nomenclatura de caracteres o signos dados en el código braille.

Norma ecuatoriana NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) INE 2850, “Requisito de accesibilidad para la rotulación”, normativa anexo D, las cuales detallan las medidas entre espacios en diferentes escalas, de igual manera la medida de contorno y relieve.

- **Logística de armado**

El diseño de las placas electrónicas, los ajustes y acoples se realizaron en un espacio mínimo para evitar el sobredimensionamiento de la estructura, la implementación de los elementos está distribuida de tal manera que no interfiera con el funcionamiento y evite el sobrecalentamiento.

- **Módulos de aprendizaje y prueba.**

El módulo de aprendizaje consiste en el uso de un teclado que permitirá aprender el alfabeto con la ayuda de un audio incorporado que receptorá la señal y reproducirá el sonido correspondiente.

El módulo de prueba se basa en un panel de comprobación similar al teclado, en este módulo interactúan el panel, el PAD y el audio de manera que permitan al usuario obtener una retroalimentación en caso de error.

- **Integración de elementos para una mejor presentación audible.**

El sistema contiene distintos audios que le permitirán al usuario aprender con mayor énfasis, teniendo de hecho un amplificador y salida de audífonos, que ayudarán al usuario a familiarizarse con el módulo.

- **Producto resistente.**

El producto es resistente ya que está implementado su estructura en madera MDF, que permite que sea más resistente y presente ciertas ventajas con el usuario, vale recalcar que este material es muy liviano.

2.2 Diseño Mecánico

2.2.1 Diseño de la carcasa y de los exteriores del Módulo

Para el diseño se tomó en cuenta, el tipo de material que cumple dos condiciones: durabilidad y peso. Para brindar mayor seguridad en el diseño de la caja protectora, se redondeó las esquinas; y así, evitar posibles golpes y daños con el usuario. Es necesario diseñar dos paneles, uno que servirá de guía y otro para la enseñanza.

En este caso la caja protectora fue rediseñado para dividir en dos partes, la primera parte denominada la caja de servomotores (figura 2.3 a) donde se coloca de manera segura los servomotores en el panel de la figura 2.3 b para el relieve requerido como lo mostrara en la parte de ensamble del prototipo y la segunda

parte donde se encuentra los dispositivos electrónicos junto con su tapa trasera como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2. 1 a.) Caja de Servomotores b.) Soporte de servomotores

Las partes de la caja protectora de la Figura. 2.3 y 2.4, se realiza bajo las normativas de la CBE (Comisión de braille española), (Comisión Braille Española ONCE, 2005), y el ONCE (La Organización Nacional de Ciegos Españoles), (ONCE, 2014) en una escala 13:1; de acuerdo con los espacios y diámetros específicos de los botones. En los espacios adyacentes dentro de la caja protectora se utiliza mini servomotores para el accionamiento de estos ya que ocupan menos espacio y ayudan a reducir el tamaño.



Figura 2. 2 a.) Caja de dispositivos Electrónicos b.) Tapa trasera

La estructura externa de la Figura. 2.5, se realizó bajo las normativas de la CBE (Comisión de braille española) y el ONCE (La Organización Nacional de Ciegos Españoles) en este no se realizó algún cambio, en una escala 4:1; de acuerdo con los espacios y diámetros específicos de los botones. En esta estructura utiliza botones de enclavamiento para crear el relieve.

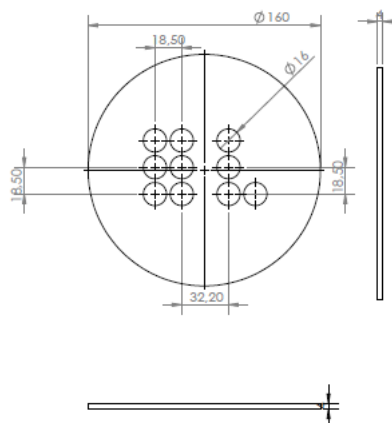


Figura 2. 3 Estructura Externa

2.2.2 Validación

El producto final que completo los requerimientos de diseño fue el tercer diseño que presenta:

- Una carcasa en MDF.
- La caja protectora de circuitos eléctricos sin esquina y con tapas.
- Accionamiento de botones automáticos con mini servomotores.
- Ventilación sin ventilador y con rejillas.

Se decidió que la caja protectora tendrá esquinas redondeadas para evitar posibles golpes con el usuario, y si existiesen golpes, reducir el daño. Además, se añadió una forma de tapa para colocar una segunda botonera que servirá de guía. Para el accionamiento de la botonera guía. se optó por usar mini servomotores

porque es mucho más fácil controlarlos y ocupan menos espacio en el diseño del circuito y de la estructura mecánica. Esto permite que el peluche sea un poco más pequeño. La caja hecha con MDF tiene un bajo costo y mucho más fácil de conseguirla, además de hacerlo es muy liviano. Se descartó el ventilador que se pensaba añadir en la circuitería porque era un gasto innecesario, sin el ventilador la batería dura más y no se calienta por la menor demanda de corriente. El circuito anti-rebotes ayuda a evitar posibles señales falsas en el menú de opciones.

2.3 Selección de mecanismos.

Para la selección de mecanismos se tomó en cuenta el funcionamiento, aplicación, movimiento lineal y los costos.

La selección fue Manivela – Corredera, ya que éste, está más familiarizado al movimiento lineal que podría obtener en un pistón, además de ello se realizó cálculos y simulaciones, las cuales salieron con lo esperado como está indicado en los siguientes puntos.

2.3.1 Simulación Mecanismo de Relieve.

En este se empleó un tipo de mecanismo biela con un cilindro limitador.

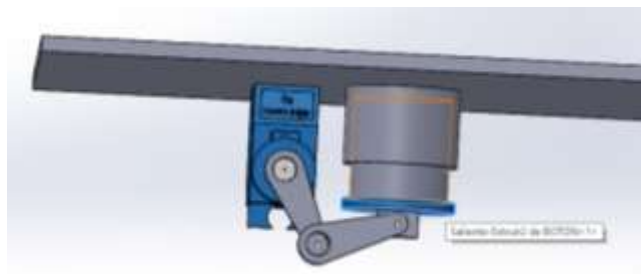


Figura 2. 4 Simulación del mecanismo del relieve sin operar.



Figura 2. 5 Simulación del mecanismo del relieve operando.

2.3.2 Cálculos del Mecanismo

En los cálculos que corresponde al mecanismo manivela – corredera, se toma en cuenta, que es un mecanismo tipo descentrado del eje, el cual produce el movimiento solo en un rango específico, lo que implica una serie de cambios de variable utilizando la ingeniería inversa, obteniendo variables importantes como las longitudes y sus respectivos ángulos explícitos en la figura 2.3.

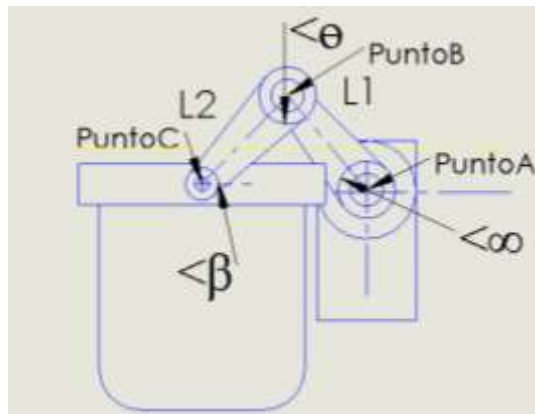


Figura 2. 6 Esquema del mecanismo utilizado en el relieve del módulo de enseñanza.

La ingeniería inversa permite dar un enfoque geométrico para determinar los rangos viables del ángulo del servomotor, la cual es una variable que constituye un rango de 0 a 180 grados, para obtener un movimiento óptimo, en base a ello se hizo una tabla 2.1 que contiene las medidas de los ángulos y los alcances del pistón.

Tabla 2. 1 Tabla de datos de variables.

$\angle \infty$	Rango	$\angle \theta$	$\angle \beta$	Posición Punto B/A	Posición Punto C/B	Posición del botón
50°	Dentro	83.99°	46.01°	0.0096i + 0.011j[m]	0.0104i - 0.010j[m]	0.02i + 0.00071j[m]
60°	Dentro	86.44°	33.56°	0.0075i + 0.012j[m]	0.0125i - 0.008j[m]	0.02i + 0.0047j[m]
70°	Dentro	102.15°	7.85°	0.0052 i + 0.014j [m]	0.0148 i - 0.002j[m]	0.02i + 0.0121j[m]

Como se observa en la tabla de resultados, denominamos un rango del Angulo del Punto A o del servomotor de 50° a 70°, el cual ayuda a tener el movimiento lineal necesario. Para hallar el lapso de posiciones se realizó los siguientes cálculos con ayuda de la ecuación 1 y con la ecuación 2 calculo la posición final del pistón o en este caso del botón, que ayuda a transformar de coordenadas polares a coordenadas rectangulares, ya que, según las medidas tomadas del mecanismo, como lo especifica en la figura 2.4, se tiene las longitudes de las barras en centímetros y los ángulos establecidos en el punto inicial del rango de los 50° donde el mecanismo recrea el relieve.

Ecuación 1 transformar de coordenadas polares a coordenadas rectangulares

$$\vec{r} = L1 * \cos \alpha \vec{i} + L2 * \sin \alpha \vec{j} \quad (2.1)$$

Ecuación 2 Ecuación de posición en coordenadas rectangulares

$$\vec{r} = \overrightarrow{rB/A} + \overrightarrow{rC/B} \quad (2.2)$$

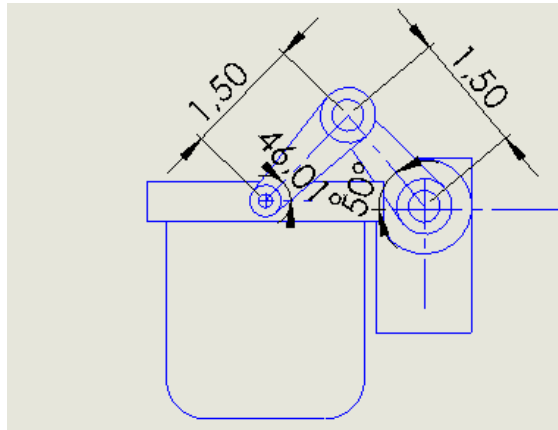


Figura 2. 7 Esquema del mecanismo recreando el relieve.

Con la ecuación 1 se calcula la posición $\overrightarrow{r_{B/A}}$ de **B** con respecto a **A**, y a la vez $\overrightarrow{r_{C/B}}$ y se obtiene lo siguiente:

- $\overrightarrow{r_{B/A}} = 0.015 * \cos 50 \vec{i} + 0.015 * \sin 50 \vec{j}$

$$\overrightarrow{r_{B/A}} = 0.0096 \vec{i} + 0.0114 \vec{j} [m]$$

- $\overrightarrow{r_{C/B}} = 0.15 * \cos 46.01 \vec{i} - 0.15 * \sin 46.01 \vec{j}$

$$\overrightarrow{r_{C/B}} = 0.0104 \vec{i} - 0.0107 \vec{j} [m]$$

Una vez obtenidas las posiciones $\overrightarrow{r_{B/A}}$ de **B** con respecto a **A**, y a la vez $\overrightarrow{r_{C/B}}$ con la ecuación 2 se obtiene la posición final del botón.

$$\overrightarrow{r_C} = (0.0096 \vec{i} + 0.0114 \vec{j}) + (0.0104 \vec{i} - 0.0107 \vec{j})$$

$$\overrightarrow{r_C} = 0.02 \vec{i} + 0.0007 \vec{j} [m]$$

En el rango del escenario del rango del ángulo de 70° se obtiene los datos de la figura 2.4, donde se determina cuando el botón deja de dar el relieve.

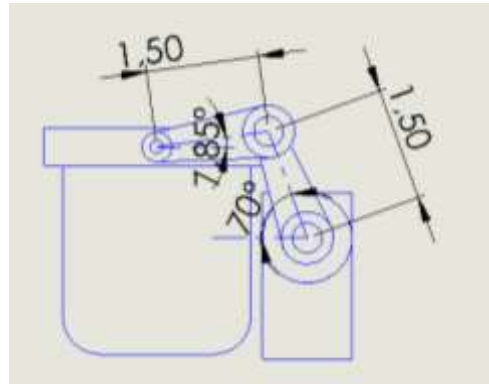


Figura 2. 8 Esquema del mecanismo ocultando el relieve

En este punto se utiliza la ecuación 1 para tener las posiciones tanto del punto B como del C.

- $\overrightarrow{r_{B/A}} = 0.015 * \cos 70 \vec{i} + 0.015 * \sin 70 \vec{j}$

$$\overrightarrow{r_{B/A}} = 0.0051\vec{i} + 0.0141\vec{j}[m]$$

- $\overrightarrow{r_{C/B}} = 0.015 * \cos 7.85 \vec{i} + 0.015 * \sin 7.85 \vec{j}$

$$\overrightarrow{r_{B/C}} = 0.0148\vec{i} - 0.0020\vec{j}[m]$$

Obtenidas las posiciones anteriores, se utiliza la ecuación 2 para obtener la posición final del botón.

$$\overrightarrow{r_C} = (0.0051\vec{i} + 0.0141\vec{j}) + (0.0148\vec{i} - 0.0020\vec{j})$$

$$\overrightarrow{r_C} = 0.02\vec{i} + 0.0124\vec{j}[m]$$

Con los cálculos realizados se observa el movimiento lineal, ya que en las respuestas se percata de que en el eje x representado por \vec{i} siempre es 0,02 metros es decir 2 centímetros, eso significa que en el lapso del rango no hay movimiento alguno en el eje x; en el eje y representado por \vec{j} , se nota lo opuesto ya que en el primer caso se tiene 0.0007 metros o 0.07 centímetros y en el segundo un incremento a 0.0124 metros o 1.2 centímetros, eso da a entender que el

mecanismo da un relieve lineal de 1.13 centímetros, suficiente para demostrar un relieve.

2.7 Selección de actuadores.

La selección de actuadores se tomó en cuenta su tamaño, su funcionalidad y su precisión.

En el caso del micro-servo se pudo analizar diferentes fallas en su precisión, se notaba mucho ruido, pese a su respectivo filtrado diseñado y por último mostraba índices de sobrecalentamiento, poniendo en peligro la integridad del dispositivo según sus especificaciones.

En el caso del motor lineal se analizó, y pudo ver que era mucho más práctico, su costo bajo y su funcionamiento, iban de acuerdo con el objetivo. Pero con respecto a su tamaño, se sobre dimensionaría el módulo, y tener una fuente externa de respaldo para su consumo que era excesivo, tomando en cuenta que necesitaba 10 de ellos.

Con respecto al Micro – Servomotor HD-1810MG fue el más óptimo, su precisión de control HD, no daba espacio a perturbaciones, el movimiento era el limpio en el ascenso como el descenso, su consumo de los 10 motores era ideal y trabajaba bien con los filtros de protección del driver.

2.4 Diseño Electrónico

El diseño electrónico se divide en siete módulos. A continuación, en la figura 2.5, se presenta el esquema electrónico para el procesamiento de datos de entrada al sistema; y las señales de control que comandarán a los dispositivos de salida.

Tomando en cuenta las protecciones se utilizó dos tipos de fuentes, una fuente para el consumo del funcionamiento de los servomotores, que es una batería tipo LIPO de 11.5

Voltios de 2.2 Amperios, y una batería de 5 voltios de 2 amperios sólida para la utilización de control digital.

Se tomo esta resolución, ya que el consumo máximo de los servomotores implicaba bajas de corrientes y hacía que, el sistema microprocesado se reinicie por su fusible interno.

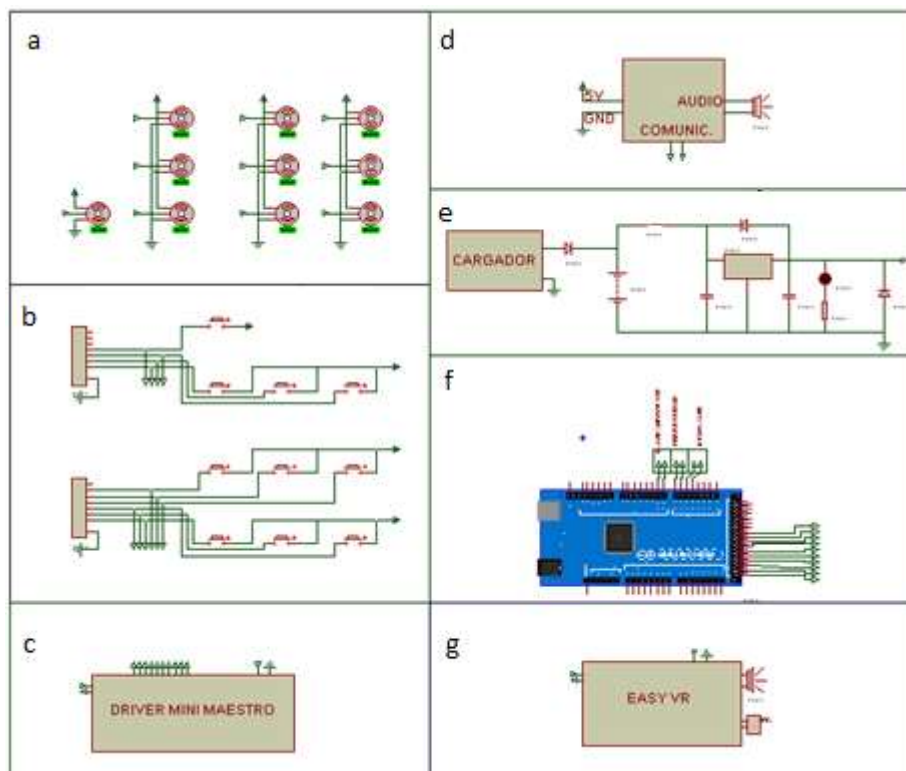


Figura 2. 9 Elementos del sistema electrónico, a.) Tablero guía, b.) Tablero de enseñanza, c.) Driver de servomotores, d.) MD Player Mini, e.) Fuente de alimentación, f.) Arduino Mega y g.) Modulo comando de voz

2.4.1 Simulación

- a) Tablero de guía: (figura 2.9 a) en el tablero de guía se ubican los servomotores los cuales están ubicados según su encajonamiento con el código Braille.

- b) Tablero de enseñanza: (figura 2.9 b) Refuerza la destreza de los niños utilizando el método de comparación con el tablero de guía creada para dar un relieve para cada carácter.
- c) Driver Controlador de Servos USB - 12 Canales: (figura 2.9 c) con este se manipula los servos, se obtiene una señal limpia gracias a sus filtros y retroalimentación.
- d) Mp3 Trigger o MD Player: (figura 2.9 d) es el módulo de mp3 que a través de comunicación rs232 dirigida por el Arduino mega, da su funcionamiento:
- e) Fuente de alimentación y regulación de voltaje, a través proporciona protección contra cortocircuitos, altas y bajas de voltaje.
- f) Arduino Mega 2560: (figura 2.9 f) Es la placa con la que interactúa como microprocesador, la cual se encarga de operar la lógica tanto de las variables de entrada como de la salida.
- g) Módulo de comandos de voz: (figura 2.9 g) en este da las ordenes al juguete braille para diferentes tipos de modalidades y prácticas.

2.4.2 Validación

En los parámetros de validación se consideró:

- Calibración y posicionamiento de los servomotores.
- Consumo.
- Interferencias en servomotores.
- Señal de los pulsadores sin interferencias.
- Tiempo estimado de consumo de la batería.
- Tiempo estimado de carga.
- Audio del dispositivo.

2.5 Diseño del algoritmo de funcionamiento

En la figura. 4 se muestra el diagrama de bloques desarrollado para el dispositivo mecatrónico, toda la programación se centraliza en el módulo de Arduino. Los algoritmos de funcionamiento permiten que el dispositivo antes señalado cuente con las siguientes modalidades como: enseñanza (1), de práctico (2), de evaluación (3), de juego (4), y cuenta cuentos.

1. Modo Enseñanza: utiliza ejemplos donde el niño aprende los patrones generados en el tablero guía que recrea en el tablero de enseñanza.

2. Modo Práctico: ejerce diferentes tipos de ejercicios didácticos, donde el niño/a no vidente aplica los conocimientos adquiridos mediante ejemplos que retroalimentan algún error.

3. Modo Evaluación: en este modo se presentan ejercicios con resultados cualitativos que ayuda a precisar el grado de avance en el aprendizaje del lenguaje Braille.

4. Modo juegos: en este se muestran juegos que permita aplicar los conocimientos adquiridos y desarrollar la motricidad del niño no vidente.

Los parámetros siguientes, se tomaron en cuenta para establecer los estándares de programación en el módulo Arduino:

- Patrones de metodologías en cada modalidad
- Manejo de comunicaciones para cada módulo
- Redistribución de información y base de datos
- Manejo de interrupciones y retardos
- Calibración del módulo de comando de voz
- Grabación y prueba de 654 pistas de audio

2.5.1 Diagrama de bloques

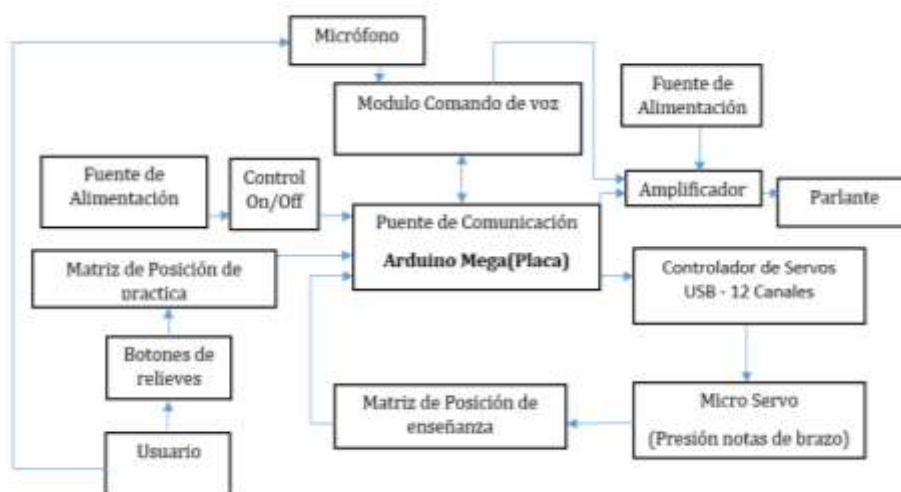


Figura 2. 10 Fuente de alimentación con circuito de regulación interno.

Usuario. Este módulo comprende la entrada inicial de datos a cargo de la persona no-vidente. La primera vez, la persona tendrá una inducción acerca del funcionamiento del dispositivo. Seguido a esto, la persona podrá introducir una señal al sistema de manera auditiva y táctil.

Micrófono. Es un transductor que transforma la energía sonora proveniente de la voz de la persona que usa el dispositivo, a energía eléctrica analógica. Esta energía es analizada en módulos posteriores.

Módulo de comando de voz. Se transforma la señal eléctrica analógica en una señal digital. Después de esto, esta señal digital será equiparada con una señal guardada para enviar una instrucción equivalente a dicha señal al módulo de procesamiento de datos.

Puente de comunicación - Arduino Mega. El Mega 2560 es un tablero del microcontrolador basado en el ATmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se utilizan como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16

MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, Y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador. En este se hallará la programación con las diferentes modalidades, y da la comunicación abierta full duplex entre el módulo comando de voz, módulo mp3 y driver de servomotores mini maestro de 12 canales.

Amplificador. Con la ayuda de este dispositivo, se tiene una fidelidad en el audio amplificando y en la onda de respuesta auditiva para ser transportado en el parlante.

Fuentes de Alimentación. Estas fuentes LIPO de 11,5 Voltios y 2.2 amperios, están distribuidas una en la parte del panel de servos y la otra batería en la parte del procesamiento. Con el fin de aislar las interferencias que podrían producir errores en las señales de control.

Parlante. Este dispositivo emite el accionamiento o respuesta auditiva al usuario, permitiéndole dar una guía y respuesta en cada una de las modalidades.

Controlador de servos USB 12 canales. Este dispositivo que es una tarjeta pololu driver-mini-maestro de 12 canales, permite manipular todos los servos a través de comunicación serial; obteniendo mayor exactitud en su manipulación, y a la vez protegiéndoles contra alza o bajas de voltaje y cortocircuitos.

Micro servo. El servo digital HD-1810MG de Power HD es un servo miniatura con electrónica de control digital que se encargará de expulsar o retraer los botones, para mostrar un carácter al usuario.

Matriz de Posición de enseñanza. Esta matriz esta distribuida por 10 servomotores los cuales están alineados correspondientemente a las normas de la CBE (Comisión de Braille Española)

Botones de Relieve. Estos botones cilíndricos de MDF ayudan a recrear el relieve y están conectados con los servomotores a través de un mecanismo biela – manivela.

Matriz de posición de práctica. Esta Matriz está hecha por un tablero de 10 botones de enclavamiento, en un orden específico según las normas de la CBE (Comisión de Braille Española). Donde la persona recreará los patrones aprendidos.

2.5.2 Funcionalidad

El funcionamiento del algoritmo de aprendizaje es la recopilación de una investigación exhaustiva de metodologías de aprendizaje en educación inclusiva, obviamente haciendo énfasis en el área de no videntes.

Para obtener este resultado se utilizó diferentes modalidades las cuales son:

- Modo Tutorial
- Modo Práctico
- Modo de Enseñanza
- Modo de Evaluación
- Modo Juegos
- Modo Cuenta Cuentos

Bajo estas modalidades el niño no vidente aprenderá los siguientes puntos:

- Vocales
- Abecedario
- Números
- Signos

- Mayúsculas
- Motricidad fina y gruesa
- Interacciones constructivas en diálogos

El juguete se programó con un módulo de comando de voz, para una interacción más cercana del juguete con el niño, a la vez haciendo que el juguete sea mucho más fácil de manejar sin necesidad de siempre haber algún tutor de por medio. Este consta de dos paneles que son el de aprendizaje que se constituye con mecanismos para recrear el relieve y el de práctica que lleva consigo pulsadores de enclavamiento, lo cual facilita al utilizar un método comparativo, para que el niño recree el relieve del panel de aprendizaje con los botones del panel de práctica, esto consigue que el aprendizaje sea más dinámico.

El flujograma de la información del procedimiento analítico del programa se encuentra en el anexo 2.

2.5.4 Desarrollo del software de reconocimiento de voz

En el proceso se anticipó la preparación del software, instalando el programa llamado “**EasyVR Comander**”, desde su sitio web , así mismo como de la instalación del IDE de Arduino desde su sitio web.

Una vez instalado los dos softwares, se descargas e instalala librería “EasyVR Arduino libraries” desde el id de arduino con la ubicación de descargas.

Ya preparado el software, se continua con la parte del hardware con la conexión del shield al arduino mega, siguiendo las especificaciones de conexiones de la figura 2.11 y sobre montando el shield en el arduino.

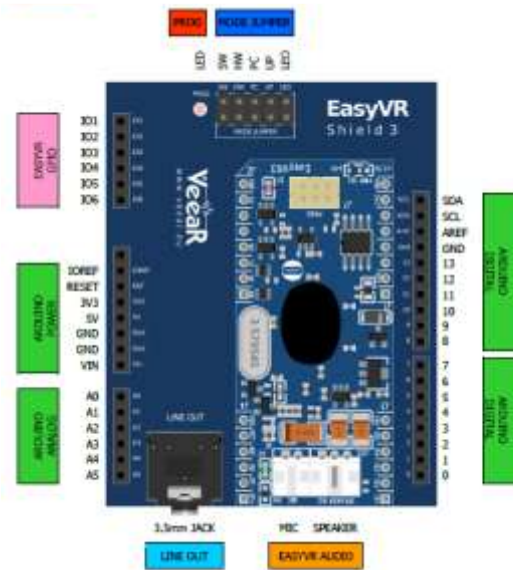


Figura 2. 11 Conjunto de conectores en el shield EasyVR.

Las modalidades se alternan dependiendo la ubicación del jumper en JUMPER MODE como está en la figura 2.11, entre lo que es configuración, monitoreo y punto nativo, esta configuración depende también del tipo de tarjeta arduino con que se la maneja, como se lo especifica en la tabla 2.2.

Tabla 2. 2 Tabla de parámetros del VR sound 3.0. con cada tarjeta arduino designada.

Main Board	Arduino Sketch		EasyVR Commander		Download / Update	
	Mode Jumper	USB Port	Mode Jumper	USB Port	Mode Jumper	USB Port
Arduino Zero / MO Pro	HW	Programming	HW	Programming	LEO	Programming
Arduino Uno / Mega / 2009	SW	Monitor	SW / PC	Monitor	UP	Monitor
Arduino Leonardo / Due	HW	Native	HW	Native	LEO	Native
Arduino Due	HW	Native	PC	Programming	UP	Programming

Una vez entendidas las conexiones e instalados los programas y librerías se procede a utilizar el software siguiendo el siguiente procedimiento de la figura 2.12.

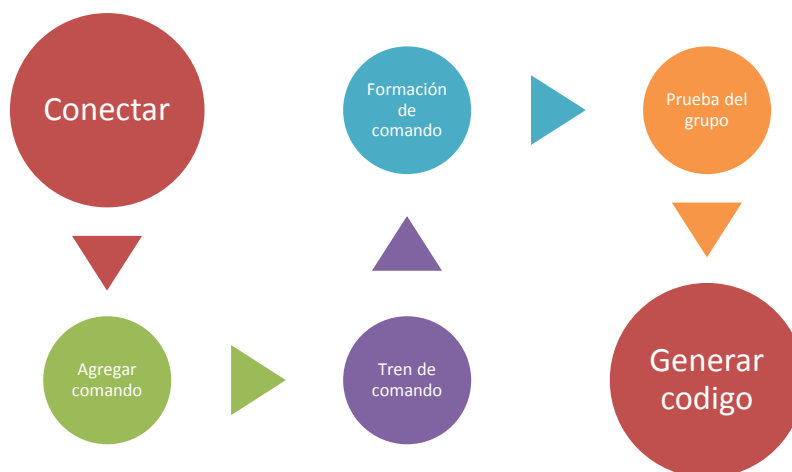


Figura 2. 12 Diagrama del proceso de implementación de comandos de voz.

En la etapa “**add Comander**” (agregar comando) se agrega el comando de voz a designar, generado el comando, luego en la etapa “**train Command**” (Tren de comando), esta etapa de comandos soporta hasta 20 caracteres escritos y 32 comandos de voz.

Al momento de que entremos al entrenar comando, tendremos que repetir dos veces para confirmar el entrenamiento de dicho comando seleccionado.

Al momento de que se termina el entrenador de comandos, se recomienda probar el comando en la etapa de “**Test Group**” (Prueba del Grupo), esta da un color verde en el cual indica que la grabación es correcta.

Este procedimiento se repite dependiendo del número de comandos que se solicite, en el caso del juguete autónomo de aprendizaje braille tenemos los siguientes comandos.

Grupos de comandos designados

- **Grupo Trigger**

En este grupo se tiene la palabra clave, para empezar con el funcionamiento del módulo.

- **Grupo 1**

En este grupo se halla el menú principal, con opciones de aprendizaje y diálogos con el que el usuario se sienta familiarizado.

- **Grupo 2**

En este realizamos un submenú, para las vocales, ya que son 5, se hizo partícipe de dos modalidades que son Enséñame y Practiquemos.

El modo enseñame comenzará con la utilización del módulo de enseñanza junto con el de práctica; y en el de práctica únicamente diremos la vocal y se realizará la codificación de relieve del carácter dicho.

- **Grupo 3**

En este grupo tenemos el modo práctico de las vocales, donde se emplea el comando de voz para recrear el relieve como antes se lo había mencionado.

- **Grupo 4**

En este grupo se da rienda a la práctica y aprendizaje de las letras, donde habrá relieve de letras randomicas, que será interpretada en el módulo de práctica, a lo que digamos dame una letra y al momento de salir solo se dice gracias.

- **Grupo 5**

En este grupo tenemos la modalidad de números, con el método comparativo como el anterior grupo.

- **Grupo 6**

En grupo tiene el contenido de los cuentos infantiles, se dirá la lista de cuentos y designará según la lista que se diga.

- **Grupo 7**

En este último grupo se tiene canciones infantiles, de igual manera se designa según la lista del principio, para salir solo se dice “*salir*” y se sale del grupo.

Una vez hechos todos los comandos se da clic en el icono llamado generar código o “**Generate Code**”.

El siguiente paso es guardar el programa en alguna dirección específica, una vez ya guardado se abre el archivo en arduino, teniendo ahí el código fuente para la utilización de los comandos, incluyendo las librerías del EasyVR.

2.5.5 Implementación y trabajo del MP3 Trigger

Para la utilización de este módulo de reproductor mp3, se recomienda descargar las librerías para arduino en la página principal de SPARKFUN (SPARKFUN, 2017), o se puede recomendar la librería en la página principal de GITHUP.

Una vez descargado la librería se utiliza la herramienta anterior de arduino para implementar la librería.

Para la utilización del módulo tener en cuenta sus conexiones, según la utilización, sea portable o trabajando con comunicación serial con cualquier tipo de microprocesador.

Los conectores para la comunicación serial se los muestra en la figura 2.13, Estos son 6 pines que ayudan a mantener una comunicación con el microprocesador que conforman el puerto FTDI vía serial TTL.



Figura 2. 13 Puerto de comunicación FTDI en el módulo Trigger MP3 (PERFORM, 2014)

Para el almacenamiento de las reproducciones en MP3 el módulo dispone de un socket para memoria MicroSD como se muestra en la figura 2.14.



Figura 2. 14 MicroSD Socket en el módulo Trigger MP3 (PERFORM, 2014)

Para este módulo se utiliza una memoria MicroSD de 8 GB, en la cual el número de grabaciones son de 160 grabaciones en formato Mp3, las cuales se utilizan para: saludos, contestaciones de comando de voz, vocales, letras, números, signos, canciones, cuentos e interacciones con el usuario.

Para reproducir estas grabaciones del módulo, es necesario especificar su número en 3 dígitos y seguido sin espacio de la palabra Track como “001Track”, caso contrario no se reproducirá.

Para la reproducción de la pista, la cual su nomenclatura da **Trigger.play(“número de la pista”)**, seguida de un **delay** para el tiempo de

reproducción; de esta sencilla manera se maneja las reproducciones de la tarjeta MicroSD.

2.5.6 Implementación del Mini Maestro Driver Servos Pololu

Para el uso de este Módulo, se procede a descargar la librería a través de la página principal de pololu (pololu, 2016), de igual manera se utiliza la herramienta de arduino para acceder a la librería.

Esta librería ayuda a utilizar los 10 servomotores a la vez a través de comunicación serial con un baudiaje sugerido de 115200 Baudios, utilizando el driver con líneas de comando sencillas, redirigiendo la velocidad y posición.

El **SetTarget** toma el número de canal que desea controlar, y la posición objetivo en unidades de 1/4 microsegundos. Un típico RC servo afición responde a pulsos entre 1 ms (4000) y 2 ms (8000).

Aquí se complementa el uso básico con el cual se pudo manejar los micro servos.

2.5.7 Validación

En los parámetros de validación se consideró:

- Patrones de metodologías en cada modalidad
- Manejo de comunicaciones para cada módulo
- Redistribución de información y base de datos
- Manejo de interrupciones y retardos
- Calibración del módulo de comando de voz
- Grabación y prueba de 654 pistas de audio

2.6 Ensamblaje del Prototipo

En esta parte se detalla todo el proceso de ensamblaje que se llevó a cabo, tanto de la etapa mecánica como de la parte electrónica.

2.6.1 Implementación Etapa Mecánica

En esta etapa se da inicio a la colocación de los servomotores en el tablero para ensamblar los botones con una configuración mecánica manivela – correderas como se observa en la figura 2.15.

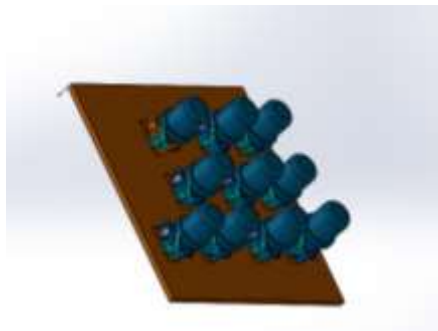


Figura 2. 15 Tablero Porta servomotores.

Luego de ello se encaja los botones en los cilindros del tablero principal hasta que queden alineados como se muestra en la figura 2.16 a), una vez que esté ahí, se prueba los servomotores con el programa de prueba mostrado en el anexo 3, luego de que cumpla con los estándares la tapa es sellada en el tablero principal como en la figura 2.16 b).

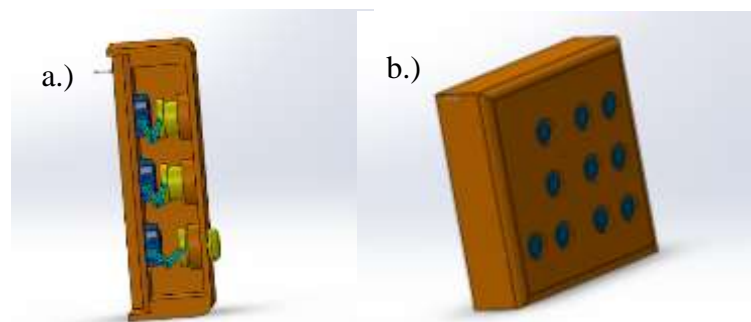


Figura 2. 16 a) Vista interna de la alineación b) Vista de la tapa de servomotores sellada

Una vez hecho esto, se coloca la segunda parte de la caja, donde estarán los dispositivos electrónicos, como se muestra en la figura 2.17.

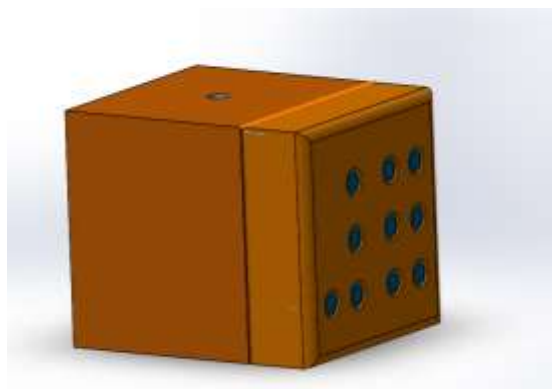


Figura 2. 17 Ensamblada parte 2 con parte 1 de la carcasa.

Ya aseguradas con pernos la 2 etapa se procede a colocar la tapa trasera del módulo como se lo ve en la figura 2.18.

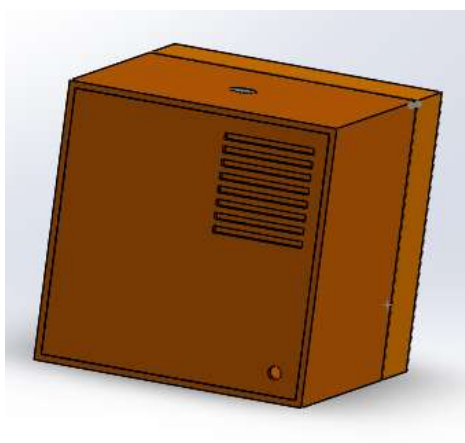


Figura 2. 18 Ensamblada Tapa trasera.

2.6.2 Implementación Etapa Electrónica

En esta Etapa se siguió todas las especificaciones dadas según los Datasheet y las restricciones del programa, para cada una de las conexiones, como están especificadas en el diagrama pictográfico o de conexiones Figura 2.19.

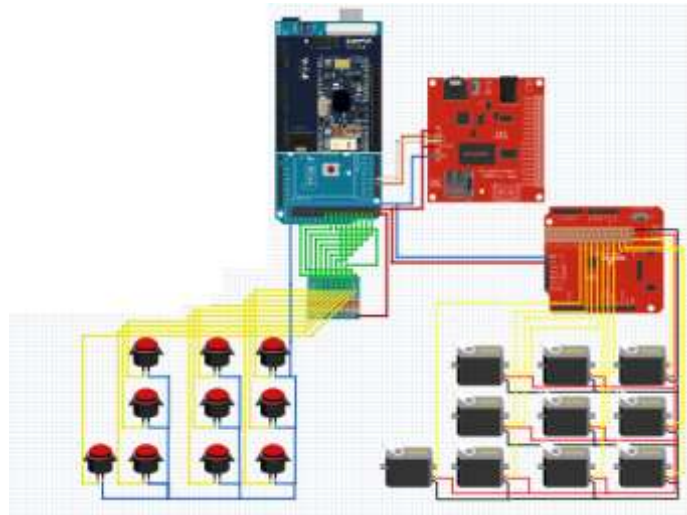


Figura 2. 19 Diagrama Pictográfico de conexiones.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1 Características de la persona de estudio

Las personas analizadas para el estudio del módulo son niños con capacidades especiales, por motivo de factores mínimos o nulos del sentido de la visión, en un rango de edad de 3 a 8 años, tener en cuenta, que existe diversos tipos de ceguera, lo cual el juguete didáctico, sigue una didáctica capaz de cubrir, las necesidades especiales que se requiera.

El estudio también dio a entender que el usuario necesitaba una estructura con diferentes texturas rellenas de felpa para que sea amigable para el mismo, dado entender también en su tamaño que va de acuerdo con las preferencias de los infantes como con las normativas CBE (Comisión braille española) “Normas para la transcripción y adaptación de textos en sistemas braille”, 2013, en este detalla toda la nomenclatura de caracteres o signos dados en el código braille y la Norma ecuatoriana NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) INE 2850, “Requisito de accesibilidad para la rotulación”, normativa anexo D, las cuales detallan las medidas entre espacios en diferentes escalas, de igual manera la medida de contorno y relieve.

3.2 Tutorial y Protocolos

Antes de comenzar con las pruebas, para determinar si el módulo cumple las expectativas y objetivos didácticos. Se procede hacer una tutorial, para que infante pueda detectar, las características de audio, espaciales, de contorno y textura del Juguete.

Para seguir en paso con los puntos anteriores se diseñó diferentes protocolos que se los cataloga con su palabra clave, que son: Música y Ergonómico como se indica

en las siguientes tablas 3.1 y 3.2, estos ejercicios se realizaron a dos niños no videntes (Carlita y Steven, cuyos nombres son seudónimos, de acuerdo con el pedido de confidencialidad de sus padres) de tres años. En el caso del protocolo de música el ejercicio se realizó dando tonalidades con un piano a una figura, como ejemplo: DO estaba relacionado con el Cuadrado, el MI con el círculo y el sol con el triángulo, este ejercicio se realizó en tiempos distintos dependiendo del usuario en la memorización.

Tabla 3. 1 Tabla del protocolo musical.

	Carlita	Steven
Do-Cuadrado	4 min	6 min
Mi-Circulo	4 min	3 min
Sol-Triangulo	2 min	3 min
Tiempo total	10 min	12 min

Con este ejercicio se fortalece la relación entre la audición y el tacto, en referencia hacer mapas mentales que ellos usualmente crearán en sus mentes, en el protocolo Ergonómico como se observa en la tabla 3.2, se realizó utilizando 3 tipos de figuras, estos 3 tipos de figuras eran: círculo, Cuadrado y triángulo, cada uno de estos 3, tenían 3 figuras tridimensionales más en diferentes escalas, la duración del ejercicio dependía de la captación del usuario.

Tabla 3. 2 Tabla del protocolo musical.

	Carlita	Steven
Círculos	2 min	1 min
Cuadrados	2 min	3 min
Triángulos	2 min	2 min
Tiempo total	6 min	6 min

3.3 Pruebas

Para evaluar el dispositivo mecatrónico se utilizó 5 modalidades a saber: práctico, enseñanza, evaluación, juegos y cuenta cuentos. Las pruebas se realizaron a dos niños no videntes (Carlita y Steven, cuyos nombres son seudónimos, de acuerdo con el pedido de confidencialidad de sus padres) de tres años, la duración de las pruebas fue de 3 semanas. Se seleccionó en modo de comando de voz, para tener una interacción más cercana del juguete con el niño no vidente.

Como resultados se tienen que los niños aprenden las vocales, el abecedario, los números, los signos y las mayúsculas en lenguaje Braille. Además, desarrolla la motricidad fina y gruesa. Las siguientes figuras presentan los resultados.

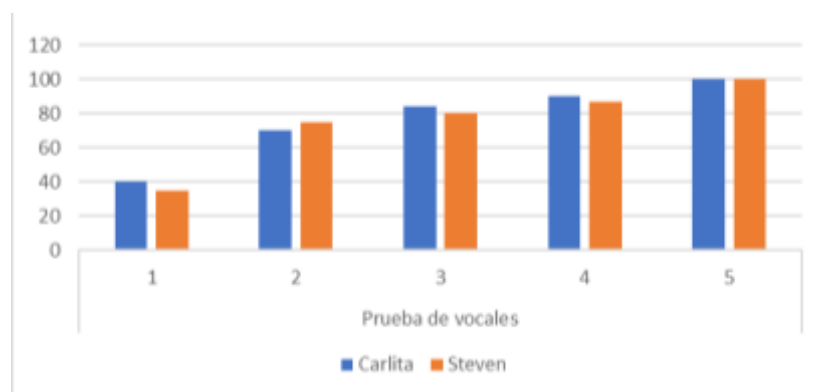


Figura 3. 20 Prueba de enseñanza de vocales

La figura 3.1 hace referencia a las pruebas de las vocales, se aplicaron cinco pruebas en diferentes días de la semana, previo su uso, se capacitó en el manejo del dispositivo a los niños y a sus representantes, explicando la metodología de las pruebas que se iban a realizar. Siguiendo el protocolo de pedagogía Braille, (Pilar Aguirre Barco, y otros). Se inicia las pruebas con la modalidad de enseñanza, práctica y juegos; una vez realizadas estas modalidades se aplica el modo test.

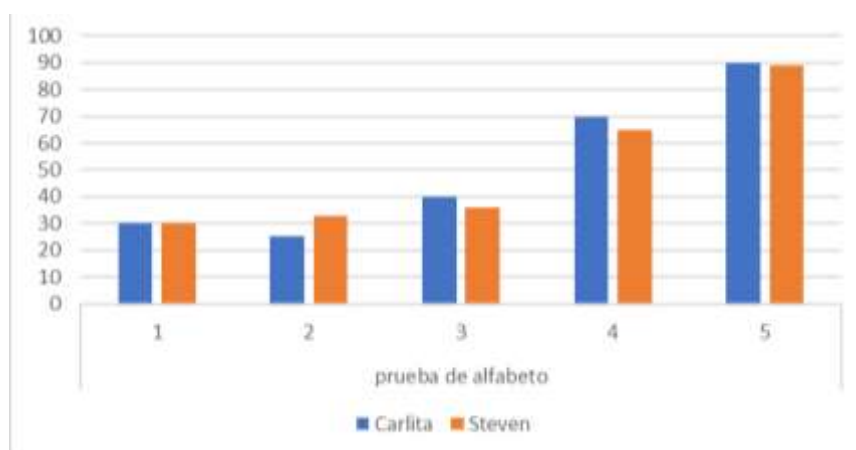


Figura 3. 21 Prueba de enseñanza del abecedario

Se conserva el mismo protocolo de las pruebas de las vocales para las del abecedario (figura 3.2). En esta prueba solo se evalúa el 30% del contenido. Manteniendo el protocolo de pedagogía braille, se aplicó las pruebas en las modalidades de enseñanza, práctica y juegos; al finalizar se realiza el modo test.

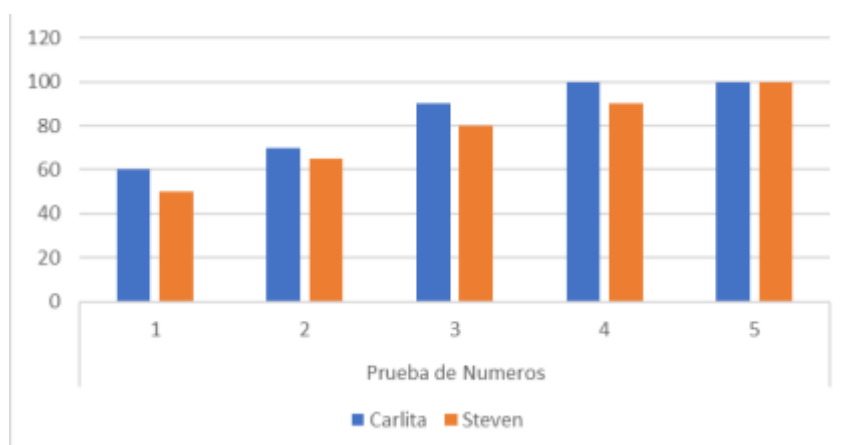


Figura 3. 22 Prueba de enseñanza de Números

Para las pruebas de los números se mantiene el mismo protocolo que las antes mencionadas. En la figura 3.3 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se resentan los resultados.

3.4 Resultados

Las figuras 3.1, 3.2 y 3.3 detallan un avance en el aprendizaje de los niños no videntes, dando como resultado de casi el 100% de los aciertos en casi todas las pruebas.

No obstante, de acuerdo a estas pruebas se pudo detallar ciertos aspectos con respecto a su eficiencia en usabilidad detallando las siguientes características alineados con las necesidades educativas y los puntos procederes de la Comisión de Braille Española:

- **Uso Equitativo:** Es el aspecto de diseño útil y llamativo para los niños con diferentes condiciones o características.
- **Flexibilidad de uso:** El diseño se acomoda al rango del usuario y espacios.
- **Uso simple e intuitivo:** Si es fácil de entender de acuerdo a la experiencia del usuario.
- **Información perceptible:** La información necesaria efectiva para el usuario.
- **Tolerancia al Error:** Si el diseño minimiza riesgos a accidentes involuntarios.
- **Bajo esfuerzo físico:** Si el diseño es eficiente y confortable, y con un mínimo de esfuerzo físico.

Estos Puntos de evaluación como resultados los podemos ver en la tabla 3.3, fueron evaluados cuantitativamente sobre 10, de acuerdo con los errores o dificultades que los niños tuvieron en las pruebas, obviamente a excepción de los protocolos antes mencionados, ya que no son netamente calificados, si no más bien una preparación para la utilización del juguete.

Tabla 3. 3 Tabla de Evaluaciones hechas.

	Carlita	Steven
Uso Equitativo	10	8
Flexibilidad de uso	10	10
Uso simple e intuitivo	10	10
Información perceptible	7	7
Tolerancia al Error	9	9
Bajo esfuerzo físico	8	8
Promedio	9	8.6

Los resultados exponen de que el juguete autónomo braille es una herramienta efectiva para la alfabetización de los niños.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El módulo propuesto aplica las mismas bases y fundamentos sobre los cuales se creó el sistema de aprendizaje Braille. Esto propone un escenario familiar para los usuarios no videntes, ya que se basa en un estándar de lectura-escritura.
- Los distintos modos de funcionamiento permitirán al usuario perfeccionar sus técnicas de aprendizaje en la escritura y lectura, puesto que estos incluyen ejemplificación audible y varios ejercicios de entrenamiento.
- Esta investigación representa una manera de combinar la tecnología con la pedagogía, convirtiéndose en la idea perfecta para enseñar a las personas con capacidades visuales diferentes.
- La tecnología empleada en el Módulo Braille permitirá que los niños con capacidades visuales diferentes se integren al proceso de aprendizaje. Adicionalmente, logra motivarlos, que disfruten del proceso y se interesen en el mismo.
- Contribuye al desarrollo del sentido del tacto, que es esencial en las personas no videntes. Promueve la autonomía del niño con capacidades visuales diferentes, mejorando su sistema auditivo gracias al módulo de voz con el que cuenta.
- Promueve el acceso al sistema educativo de niñas y niños de entre 3 y 8 años lo que contribuye a la inclusión en la sociedad y proyecta una mejor calidad de vida.
- Se diferencia de otras investigaciones similares ya que cuenta con un sistema amigable de enseñanza de lenguaje braille que incluye un sistema de audio, modo de juego, y modo cuenta cuentos. Y su estructura mecánica es portable, liviana, resistente, interactiva, y lúdica.

- Después de las pruebas se concluye que el método de aprendizaje fue el adecuado ya que el niño identificó correctamente los puntos de las secuencias sin mostrar confusión en el aprendizaje de vocales y números.

4.2. Recomendaciones

- Leer las especificaciones de cada dispositivo antes de implementarlo.
- Se recomienda que el tamaño del juguete sea proporcional a la estructura del módulo para lograr una estabilidad en la posición del módulo al momento de usarlo.
- Usar una fuente de energía que pueda abastecer a todos los circuitos del módulo.
- Fijar bien los actuadores para que puedan permitir el desplazamiento correcto de los pulsadores.
- Usar un regulador de voltaje con filtro para atenuar las perturbaciones que genera el ruido, los cuales afectan desfavorablemente el desempeño de los dispositivos electrónicos.
- Realizar varias pruebas del módulo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

REFERENCIAS

- Aldaz, A., & Pallo, J. (08 de Marzo de 2016). Sistema Electrónico para la enseñanza del Lenguaje Braille a Personas Invidentes. Artículos Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Obtenido de <http://redi.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/31073>
- ARDUINO. (2015). DATASHEETARDUINOMEGA. Ivrea: Arduino.
- ARTERO, O. T. (2013). Curso Práctico de Formación. Madrid: ALFAOMEGA.
- BAHUNG. (2015). BAHUNG. Obtenido de BAHUNG: <https://es.aliexpress.com/item/1500N-330lbs-Load-multi-function-DC12V-Linear-actuator-4-Electric-Motor-for-car-boat-home-application/32482331085.html?spm=a219c.search0304.4.15.KgpMCU>
- Barlow-Brown, N. C. (2016). Reading difficulties in blind, braille-reading children. *British Journal of Visual Impairment*, 24(1), 37-39. doi:10.1177/0264619606060035
- Calderón Sánchez, R., & Vega Sánchez, A. (2011). Elaboración de una guía del uso del material didáctico para el proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de matemáticas para niños con discapacidad visual incluidos en el segundo año de educación básica. Cuenca: UPS.
- Cesar Hernández, Luis F. Pedraza , & Danilo López. (2011). Dispositivo tecnológico para la optimización del tiempo de aprendizaje del lenguaje Braille en personas invidentes. Bogota: Rev. salud pública. *REVISTA DE SALUD PÚBLICA*, 13(5), 865-873. Obtenido de <http://www.scielosp.org/pdf/rsap/v13n5/v13n5a15.pdf>
- Comisión de Braille Española. (24 de 02 de 2015). ONCE. Obtenido de ONCE: <http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad->

visual/braille/documentos/DOCUMENTO%20TECNICO%20B%2011%20DIDACTICA%20DEL%20BRAILLE%20V1.pdf

- CONADIS. (15 de diciembre de 2016). Concejo de discapacidades Ecuador. Obtenido de Concejo de discapacidades Ecuador.
- CONADIS Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (2 de Mayo de 2016). INFORMACIÓN ESTADÍSTICA DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD. Obtenido de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
- Consejería de Educación Junta de Andalucía. (2015). Manual de Atención al Alumnado con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo Derivadas de Discapacidad Visual y Sordoceguera. Madrid: Tecnographic, S.L.
- Elfedera. (1 de Marzo de 2015). Obtenido de Veteranosde guerra editan libros en braille: <http://pre.elfederal.com.ar/nota/revista/26331/veteranos-de-guerra-editan-libros-en-braille>
- FENCE. (2016). fenceecuador. Obtenido de fenceecuador: www.fenceecuador.org/decsediv.html
- Foundation, F. S. (2017). Free Software Foundation,. Obtenido de Free Software Foundation,: <http://www.fsf.org/>
- Giraldo Peñaranda, L., Jiménez Hernández, L., Hernández Suárez , C., Acosta Villamizar, F., & Dussán Álvarez, M. (2004). Sistema electrónico mecánico para el aprendizaje de la lecto-escritura del braille. . Umbral Científico, 59-65.
- Hernández S. , C., Jiménez H. , L., Juez C. , G., & Galvis , J. (s.f.). El SEMLEB Una Herramienta Para La Enseñanza De La Lecto-Escritura En Niños Con Discapacidad

Visual. Obtenido de
<http://www.iiis.org/cds2008/cd2008csc/cisci2008/paperspdf/c673jl.pdf>

- IMSERSO. (2004). Transtornos Neurodegenerativos. Minusval, 4.
- ISMAEL MARTÍNEZ, L. D. (2004). Guía Didáctica para la Lectoescritura Braille. Madrid: ONCE.
- LUCIANO CHIANG SÁNCHEZ. (2003). DISEÑO CONCEPTUAL DE PRODUCTOS MECATRÓNICOS. Obtenido de <http://docentes.uto.edu.bo/mruizo/wp-content/uploads/5562256-DISENO-CONCEPTUAL-DE-PRODUCTOS-MECATRONICOS.pdf>
- Lugo Agudelo, L., & Vanessa Seijas. (2012). La discapacidad en Colombia: una mirada global. Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación, 22(2), 164-179. Obtenido de <http://www.revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/64>
- NORTON, R. L. (2009). Diseño de Maquinas. Mexico: McGrawHill.
- PERRY, Y. (26 de Junio de 2015). fayerwayer. Obtenido de fayerwayer: <https://www.fayerwayer.com/2015/06/blitab-crea-la-primer-tablet-en-braille-para-invidentes/>
- Pilar Aguirre Barco, José Miguel Gil Angulo, Jorge Luis González Fernández, Victoria Osuna Gómez, Dolores Carmen Polo Serrano, Diana Vallejo de Castro, & M^a Carmen Angulo Domínguez. (s.f.). MANUAL DE ATENCIÓN AL ALUMNADO CON NECESIDADES ESPECÍFICAS DE APOYO EDUCATIVO DERIVADAS DE DISCAPACIDAD VISUAL Y SORDOCEGUERA. Consejería de Educación - México.

- pololu. (14 de 11 de 2016). pololu. Obtenido de pololu:
https://www.pololu.com/file/download/HD-1810MG.pdf?file_id=0J508
- Pring, L. (1994). Touch and Go: Learning to Read Braille. International Reading Association, 29(1), 67-74. Obtenido de
http://research.gold.ac.uk/5739/1/Pring_1994_RRQ.pdf
- RNIB - Supporting people with sight loss. (017). Smart Beetle braille display. (Royal National Institute of Blind People Shop) Obtenido de
<http://shop.rnib.org.uk/braille/clover-handle-1a6ab8.html>
- ROBOTECH. (2015). User Manual. Toronto: VeeR.
- Rodríguez, D. (19 de Junio de 2016). Inclusión educativa para niños ciegos. Recuperado el Lunes de Abril de 2017, de
<http://inclusionparaciegos.blogspot.com/2016/06/sistema-braille.html>
- Tower Pro. (21 de agosto de 2013). <http://akizukidenshi.com>. Obtenido de
<http://akizukidenshi.com>:
<http://akizukidenshi.com/download/ds/towerpro/SG90.pdf>
- UNESCO. (2009). ALFABETIZACIÓN EN EL ECUADOR. QUITO: UNESCO. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001851/185161s.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: PLANOS DEL JUGUETE AUTÓNOMO

BRAILLE

ANEXO 2: DIAGRAMA PITOGRÁFICO

ANEXO 3: DATASHEET ARDUINO MEGA

**ANEXO 4: DATASHEET MD PLAYER
REPRODUCTOR MP3**

**ANEXO 5: DATASHEET VR SOUND 3.0 MODULO
COMANDO DE VOZ**

**ANEXO 6: DATASHEET MINI MAESTRO POLOLU
DRIVER SERVOMOTORES**

ANEXO 7: FOTOGRAFIAS DEL DESARROLLO

**ANEXO 8: FOTOGRAFIAS DE LAS PRUEBAS
REALIZADAS**