

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

TEMA:

**“JUGUETE ELECTRÓNICO PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE
ALFABETIZACIÓN BAJO LENGUAJE BRAILLE EN NIÑOS DEL ÁREA DE NO
VIDENTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.”**

AUTOR: TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ.

DIRECTOR: ING. OMAR RICARDO OÑA ROCHA

IBARRA – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN

Certifico que la Tesis de grado "JUGUETE ELECTRÓNICO PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE ALFABETIZACIÓN BAJO LENGUAJE BRAILLE EN NIÑOS DEL ÁREA DE NO VIDENTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE." ha sido realizada en su totalidad por la señorita: Tatiana Elizabeth Ortega Pérez portadora de la cédula de identidad número: 100315846-4.



Ing. Omar Ricardo Oña Rocha.

Director de la Tesis

CERTIFICACIÓN

Ibarra, 19 de enero de 2017

Señores

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Presente

De mis consideraciones. -

Siendo auspiciantes del proyecto de tesis de la Egresada TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ con CI: 100315846-4 quién desarrolló su trabajo con el tema Tesis **"JUGUETE ELECTRÓNICO PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE ALFABETIZACIÓN BAJO LENGUAJE BRAILLE EN NIÑOS DEL ÁREA DE NO VIDENTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE."**, me es grato informar que se han superado con satisfacción las pruebas técnicas y la revisión de cumplimiento de los requerimientos funcionales, por lo que se recibe el proyecto como culminado y realizado. Una vez que se ha recibido la capacitación y documentación respectiva, nos comprometemos a continuar utilizando el mencionado aplicativo.

El egresado TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ puede hacer uso de este documento para los fines pertinentes en la Universidad Técnica del Norte.

Atentamente,



Sra. Janeth Enriquez

Encargada del Área de No videntes

BIBLIOTECA UTN.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ, con cedula de identidad Nro. 100315846-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **"JUGUETE ELECTRÓNICO PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE ALFABETIZACIÓN BAJO LENGUAJE BRAILLE EN NIÑOS DEL ÁREA DE NO VIDENTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE."**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Tatiana", is written over a dotted line.

TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ.

100315846-4

Ibarra a los 19 días del mes de enero del 2017



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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de forma 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 se pone a disposición la siguiente investigación:

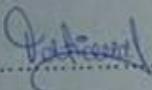
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD	100315846-4
APELLIDOS Y NOMBRES	TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ
DIRECCIÓN	Pastora Alomía 2-46 y Paraguay – Ibarra
EMAIL	tatianaortega2020@gmail.com, teortegap@utn.edu.ec.
TELÉFONO FIJO	(06) 2606-361
TELÉFONO MÓVIL	0988299106
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“JUGUETE ELECTRÓNICO PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE ALFABETIZACIÓN BAJO LENGUAJE BRAILLE EN NIÑOS DEL ÁREA DE NO VIDENTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.”
AUTOR	TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ
FECHA	19 DE ENERO DEL 2017
PROGRAMA	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN
DIRECTOR	OMAR RICARDO OÑA ROCHA

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ, con cedula de identidad Nro. 100315846-4, 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 y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

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



.....

Firma

Nombre: TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ.

Cédula: 100315846-4.

Ibarra a los 19 días del mes de enero del 2017

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a las personas más importantes en mi vida: mi mami Olga, mi papi Miguel, mi hermana Angélica, a mi papá Campo y a Dios por darme salud, vida y fuerza cada día, darme todo y permitirme terminar mi carrera.

A mis tíos por apoyarme en todo y creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Olga Pérez y mi ñañita Angélica por confiar en mí y darme todo su amor, paciencia y cariño.

A mis tíos por el apoyo desinteresado, las palabras de aliento en las situaciones difíciles, me ayudaron en todo momento y en muchas decisiones importantes para mí, especialmente a Marco y Diana, nunca lo olvido y les agradezco todo cuanto hicieron para que siga adelante.

A Iván por la comprensión, el amor que siempre me has dado, gracias por estar siempre junto a mí.

A mi papi Miguel por cuidarme es mi gran tesoro, dedicado para usted desde lo más profundo de mi corazón.

A mis amigos, amigas por ser parte de mi vida gracias por sus palabras de sustento, la confianza y esa gran amistad que siempre tendremos.

A los Ingenieros que son un pilar importante de mi carrera, agradezco la enseñanza que recibí de ellos.

Taty.

RESUMEN

El proyecto consiste en el desarrollo de un prototipo de Jugete Electrónico Didáctico para la mejora del sistema de enseñanza – aprendizaje braille, para niños y niñas entre 3 a 7 años de edad; este juguete involucra un aprendizaje didáctico del sistema braille.

El Jugete Electrónico Braille diseñado tiene como propósito involucrar a niños no videntes a la sociedad sin discriminación y rechazo, el prototipo tendrá la modalidad de aprendizaje y la modalidad test o practica todo esto con el fin de que el infante aprenda el alfabeto braille de forma lúdica.

Este prototipo está diseñado bajo la plataforma Arduino, este documento presenta toda la información referente al proyecto el cual está distribuido en cuatro capítulos que se detallan de la siguiente manera:

El capítulo uno, contiene el problema que impulsó a realizar esta investigación, los objetivos planteados para llevar a cabo este proyecto y el alcance que tendrá.

El capítulo dos contiene conceptos, información sobre métodos y herramientas braille, herramientas de hardware libre, componentes electrónicos.

El capítulo tres contiene el análisis y selección de la plataforma a utilizar, además se describe el proceso de diseño del Jugete Electrónico Braille, estudio de factibilidad, evaluación de aprendizaje y análisis de costos.

El capítulo cuatro contiene las conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

The project is in the development of a prototype Electronic Didactic Toy for the improvement of the braille teaching and learning system, for children between 3 and 7 years old; this toy involves a didactic learning of the braille system.

The Braille Electronic Toy is designed to involve blind children in society without discrimination and rejection, the prototype has the learning mode and the modality tests or practices all this in order for the infant to learn the Braille alphabet in a playful way.

This prototype is designed under the Arduino platform; this document presents all the information related to the project which is distributed in four chapters that are detailed as follows:

The chapter one, contains the problem that drives this research, the objectives set to carry out this project and the scope it has.

The chapter two contains concepts, information on Braille methods and tools, free hardware tools, electronic components.

The chapter three contains the analysis and selection of the platform to use, in addition to describing the design process of the Braille Electronic Toy, feasibility study, learning assessment and cost analysis.

The chapter four contains the conclusions and recommendations.

TABLA DE CONTENIDOS

Pág.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	i
CERTIFICACIÓN.....	;Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN.....	;Error! Marcador no definido.
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN;	;Error! Marcador no definido.
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	;Error! Marcador no definido.
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
TABLA DE CONTENIDOS.....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xvi
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
INDICE DE ECUACIONES.....	xxii
1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES.....	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. EL PROBLEMA.....	1
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3

1.4.	ALCANCE.....	3
1.5.	JUSTIFICACIÓN.....	6
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.	Introducción.....	8
2.2.	Situación Actual.....	8
2.3.	Discapacidad.....	8
2.3.1.	Limitación Visual.....	9
2.3.2.	Tipos de discapacidad visual.....	9
2.4.	Educación.....	11
2.5.	Sistema Braille.....	12
2.5.1.	Historia.....	12
2.5.2.	Braille para personas adultas.....	15
2.5.3.	Braille para niños no invidentes.....	16
2.5.4.	Inicio de la escolarización.....	17
2.5.5.	Como recoge la información el niño con deficiencia visual.....	18
2.5.6.	Comparativa entre un niño con discapacidad y un niño sin discapacidad.....	18
2.5.7.	Porque es necesario empezar la escolarización desde los 3 años.....	20
2.5.8.	Métodos de enseñanza braille.....	21
2.5.9.	Herramientas de enseñanza braille.....	23
2.5.10.	El braille en soporte informático.....	26
2.5.11.	Materiales Macros.....	27
2.6.	Herramientas Open Source.....	28
2.6.1.	Arduino.....	29
2.6.2.	Raspberry PI.....	37
2.7.	Módulos mp3.....	42

2.8.	Componentes electrónicos	44
2.8.1.	Baterías recargables.....	44
2.8.2.	Pulsadores	47
2.8.3.	Resistencias	48
2.9.	Materiales para juguetes	49
2.10.	Herramientas De Software.....	49
2.10.1.	Cool Edit	49
2.10.2.	Loquendo TTS	50
2.10.3.	Proteus.....	50
2.10.4.	Eagle.....	51
3.	CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL JUGUETE ELECTRÓNICO	52
3.1.	Diagrama de bloques inicial	52
3.2.	Diagrama de bloques general.....	53
3.2.1	Bloque Instrucciones.....	54
3.2.2.	Bloque de Programación.....	55
3.2.3.	Bloque de Comunicación	55
3.2.4.	Bloque Aplicación Final	56
3.3.	Diseño del hardware del prototipo.....	56
3.3.1.	Hardware del proyecto	56
3.3.2.	Pulsadores	58
3.3.3.	Alfabeto Braille	59
3.3.4.	Diseño del tablero de puntuaciones para el juguete braille	63
3.3.5.	Diseño del tablero de control del juguete braille.....	65
3.3.6.	Módulo de audio	68
3.3.7.	Circuito de conexión	70

3.4.	Software del prototipo	72
3.4.1.	Combinación de bits para alfabeto minúsculo	72
3.4.2.	Combinación de bits para alfabeto mayúsculo.....	74
3.4.4.	Combinación de bits para vocales y vocales tildadas.....	76
3.4.5.	Combinación de bits para números	78
3.4.6.	Combinación de bits para signos de puntuación	80
3.4.7.	Generación de pistas de audio	82
3.4.8.	Diagrama de flujo.....	84
3.5.	Pruebas de Funcionamiento	87
3.4.1.	Material para diseño del juguete.	88
3.4.3.	Diseño de las placas del circuito realizado en Eagle	93
3.6.	Consumo de energía	95
3.6.1.	Consumo de energía del módulo DFPlayer Mini	96
3.6.2.	Consumo de energía de la plataforma Arduino Mega 2560	96
3.6.3.	Consumo de energía del pulsador.	96
3.6.4.	Consumo total de energía.	99
3.4.3.	Fuente de alimentación.....	100
3.6.5.	Tiempo de duración de la batería LIPO	101
3.7.	Pruebas de funcionamiento con niños.	103
3.7.1.	Evaluación observativa	105
3.7.2.	Análisis de factibilidad.....	106
3.7.3.	Planificación de aprendizaje.....	109
3.7.4.	Taller de enseñanza aprendizaje braille.....	111
3.7.5.	Análisis de Resultados	111
3.8.	Prototipo Final	112

3.9.	Análisis costo beneficio.....	113
3.9.1.	Costo de Hardware.....	114
3.9.2.	Costo de Software.....	115
3.9.3.	Costo de diseño.....	115
3.9.4.	Relación Beneficio / Costo.....	118
3.9.5.	Factibilidad Económica.....	118
3.9.6.	Beneficios.....	119
3.9.7.	Impactos.....	119
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		120
4.1.	CONCLUSIONES	120
4.2.	RECOMENDACIONES	121
BIBLIOGRAFIA.....		123
GLOSARIO DE TÉRMINOS		129
ANEXO “A”: DISTRIBUCIÓN DE PINES ARDUINO MEGA 2560		130
ANEXO “B”: PROGRAMACIÓN FINAL DEL JUGUETE ELECTRÓNICO BRAILLE		133
ANEXO “C”: LISTADO DE PISTAS DE AUDIO GRABADAS Y AMPLIFICADAS		174
ANEXO “D”: MANUAL DE USUARIO		175
ANEXO “E”: TALLER Y EVALUACIÓN.....		191
ANEXO “F”: TABLAS DE DISTRIBUCIÓN DEL JHI CUADRADO		194

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Lo específico en la educación y rehabilitación de las personas con baja visión.</i>	16
Tabla 2. <i>Comparativa característica de un niño normal y un niño con discapacidad.</i>	19
Tabla 3. <i>Libertades básicas del Software libre Arduino.</i>	30
Tabla 4. <i>Características Técnicas Arduino Nano</i>	31
Tabla 5. <i>Características técnicas Arduino Yun.</i>	33
Tabla 6. <i>Especificaciones técnicas Arduino Mega 2560.</i>	34
Tabla 7. <i>Comparativa 1 de modelo de placas Arduino.</i>	35
Tabla 8. <i>Comparativa 2 de modelo de placas Arduino.</i>	36
Tabla 9. <i>Características técnicas Raspberry PI A+.</i>	39
Tabla 10. <i>Características técnicas Raspberry PI B+.</i>	40
Tabla 11. <i>Comparativa modelos de plataformas Raspberry Pi.</i>	41
Tabla 12. <i>Comparativa entre Arduino y Raspberry PI.</i>	56
Tabla 13. <i>Descripción y función de los pines, módulo Mp3 DFPlayer Mini.</i>	69
Tabla 14. <i>Combinación de bits para alfabeto minúsculo.</i>	72
Tabla 15. <i>Combinación de bits letras mayúsculas.</i>	74
Tabla 16. <i>Combinación de bits para las vocales y vocales tildadas.</i>	76
Tabla 17. <i>Combinación de bits para números</i>	78
Tabla 18. <i>Combinación de bits para signos de puntuación.</i>	80
Tabla 19. <i>Modalidades de trabajo.</i>	84
Tabla 20. <i>Pruebas iniciales de funcionamiento del prototipo.</i>	87
Tabla 21. <i>Comparativa de Materiales.</i>	88
Tabla 22. <i>Consumo de corriente Arduino Mega 2560.</i>	96
Tabla 23. <i>Comparativa de tipos de baterías recargables.</i>	100
Tabla 24. <i>Voltajes de carga de las baterías LIPO con recuento de celdas.</i>	101
Tabla 25. <i>Especificaciones batería LIPO.</i>	101
Tabla 26. <i>Lista de cotejo para metodología didáctica y tradicional</i>	105
Tabla 27. <i>Escalas de Puntuación.</i>	106

Tabla 28. <i>Análisis mediante el Jhi Cuadrado.</i>	107
Tabla 29. <i>Planificación Por Destrezas Con Criterios De Desempeño.</i>	110
Tabla 30. <i>Escala de calificaciones.</i>	112
Tabla 31. <i>Costos de hardware.</i>	114
Tabla 32. <i>Costos de Software.</i>	115
Tabla 33. <i>Costos de diseño.</i>	115
Tabla 34. <i>Distribución de pines Arduino Mega 2560.</i>	131
Tabla 35. <i>Lista de pistas de audio realizadas.</i>	174
Tabla 36. <i>Taller enseñanza - aprendizaje alfabeto braille.</i>	191
Tabla 37. <i>Resultado de Evaluación practicada.</i>	193
Tabla 38. <i>Distribución Jhi Cuadrado χ^2</i>	194
Tabla 39. <i>Distribución Jhi Cuadrado χ^2. (Continuación)</i>	196

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Discapacidad Visual	9
<i>Figura 2.</i> Tipos de discapacidades visuales	10
<i>Figura 3.</i> Valentin Haüy.....	13
<i>Figura 4.</i> Charles Barbier de la Serre.....	14
<i>Figura 5.</i> Louis Braille.....	14
<i>Figura 6.</i> Regleta y Punzón.....	24
<i>Figura 7.</i> Máquina Perkins.....	24
<i>Figura 8.</i> Herramienta de braille hablado.....	25
<i>Figura 9.</i> Línea Braille.....	25
<i>Figura 10.</i> Máquina Thermoform	26
<i>Figura 11.</i> Materiales Macro para no videntes.....	28
<i>Figura 12.</i> Placa Arduino Nano.....	31
<i>Figura 13.</i> Placa Arduino Yun.....	32
<i>Figura 14.</i> Placa Arduino MEGA 2560.....	34
<i>Figura 15.</i> Diseño en el cual esta creado Raspberry PI.....	37
<i>Figura 16.</i> Placa Raspberry PI A+	39
<i>Figura 17.</i> Placa Raspberry PI B+.....	40
<i>Figura 18.</i> Módulo mp3 SOMO - 14D.....	43
<i>Figura 19.</i> Módulo MP3 WTV020 - SD.....	43
<i>Figura 20.</i> Módulo MP3 DFPLAYER Mini.....	44
<i>Figura 21.</i> Batería recargable de Níquel de Cadmio.....	45
<i>Figura 22.</i> Batería recargable de Níquel y Metal de Hidruro.....	45
<i>Figura 23.</i> Batería de Ion de Litio.....	46
<i>Figura 24.</i> Batería de Polímero de Litio.....	47
<i>Figura 25.</i> Funcionamiento de Pulsadores	48
<i>Figura 26.</i> Símbolo esquemático.....	48
<i>Figura 27.</i> Pack de resistencias.....	48

<i>Figura 28.</i> Logo Software Cool Edit Pro.	50
<i>Figura 29.</i> Logo Software Loquendo TTS	50
Figura 30. Logo del Software Proteus.	51
<i>Figura 31.</i> Logo software Eagle.	51
<i>Figura 32.</i> Diagrama inicial de bloques.	52
<i>Figura 33.</i> Diagrama de general de bloques.	54
<i>Figura 34.</i> Diseño pulsador con retención.	58
<i>Figura 35.</i> Signo generador código braille.	59
<i>Figura 36.</i> Combinación de puntuaciones para vocales	59
<i>Figura 37.</i> Signo generador para números	60
<i>Figura 38.</i> Números del 0 - 9	60
<i>Figura 39.</i> Alfabeto braille minúsculo.	61
<i>Figura 40.</i> Signo generador para letras Mayúsculas	61
<i>Figura 41.</i> Alfabeto braille Mayúsculo	62
<i>Figura 42.</i> Vocales acentuadas.	62
<i>Figura 43.</i> Signos de puntuación.	63
<i>Figura 44.</i> Tablero de puntuaciones braille.	64
<i>Figura 45.</i> Esquema de conexión Plataforma Arduino y Pulsadores.	64
<i>Figura 46.</i> Tablero de control.	66
<i>Figura 47.</i> Esquema de conexión Plataforma Arduino y Tablero de control.	68
<i>Figura 48.</i> Diagrama de pines Modulo MP3.	69
<i>Figura 49.</i> Esquema de Plataforma Arduino y módulo MP3.	70
<i>Figura 50.</i> Esquema del diagrama de conexión.	71
Figura 51. Diagrama de flujo para letras minúsculas.	73
<i>Figura 52.</i> Ejemplo de programación para letras minúsculas	74
Figura 53. Diagrama de flujo para letras mayúsculas.	75
Figura 54. Ejemplo de la programación para letras mayúsculas.	76
<i>Figura 55.</i> Diagrama de flujo para vocales y vocales tildadas.	77
<i>Figura 56.</i> Ejemplo de la programación para vocales y vocales tildadas.	77
Figura 57. Diagrama de flujo para números.	79

<i>Figura 58.</i> Ejemplo de la programación para números	79
<i>Figura 59.</i> Diagrama de flujo para signos de puntuación.	81
<i>Figura 60.</i> Ejemplo de la programación para signos de puntuación.	81
<i>Figura 61.</i> Interpretación de texto en audio.	82
<i>Figura 62.</i> Formato de audio software Loquendo.	83
<i>Figura 63.</i> Pistas de audio programa Cool Edit.....	84
<i>Figura 64.</i> Diagrama de flujo.	86
<i>Figura 65.</i> Circuito armado en Protoboard.	87
<i>Figura 66.</i> Modelo de la caja exterior del juguete braille.....	89
<i>Figura 67.</i> Cubo interno del juguete braille	90
<i>Figura 68.</i> Cubierta frontal para pulsadores.....	90
<i>Figura 69.</i> Cubierta frontal para botones circulares	91
<i>Figura 70.</i> Diseño interior y frontal del juguete electrónico.	91
<i>Figura 71.</i> Tablero del signo generador para el juguete braille.....	92
<i>Figura 72.</i> Cableado del prototipo.	92
<i>Figura 73.</i> Esquema del circuito en EAGLE 7.5.0.....	93
<i>Figura 74.</i> Diseño de pistas del circuito.	94
<i>Figura 75.</i> Circuito en baquelita de cobre.	94
<i>Figura 76.</i> Baquelitas para diseño final.....	95
<i>Figura 77.</i> Circuitos de diseño final.	95
<i>Figura 78.</i> Conexión del pulsador.....	97
<i>Figura 79.</i> Divisor de voltaje.	97
<i>Figura 80.</i> Circuito para el cálculo de corriente.....	98
<i>Figura 81.</i> Pruebas con niños no videntes.....	104
<i>Figura 82.</i> Juguete Braille.....	113
<i>Figura 83.</i> Representación de pines Arduino Mega 2560.....	130
<i>Figura 84.</i> Juguete Braille.....	176
<i>Figura 85.</i> Grupo de instrucciones juguete braille.	177
<i>Figura 86.</i> Puntuaciones Signo Generador 2.....	178
<i>Figura 87.</i> Puntuaciones Signo Generador 1.....	179

<i>Figura 88.</i> Combinación para letras Mayúsculas.	180
<i>Figura 89.</i> Combinación para Números	180
<i>Figura 90.</i> Botón ON	182
<i>Figura 91.</i> Botón OFF.....	182
<i>Figura 92.</i> Botón modo aprendizaje.....	183
<i>Figura 93.</i> Combinación letra p.	184
<i>Figura 94.</i> Combinación Letra G	185
<i>Figura 95.</i> Combinación vocal a.	186
<i>Figura 96.</i> Combinación número 3.	187
<i>Figura 97.</i> Botón test Vocales.....	188
<i>Figura 98.</i> Botón test Abecedario	188
<i>Figura 99.</i> Botón test Números.	189

INDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Ecuación para el divisor de tensión.	97
Ecuación 2. Formula del cálculo de corriente.	98
Ecuación 3. Tiempo de duración de una batería.....	102
Ecuación 4. Tiempo de duración de una batería.	102
Ecuación 5. Frecuencia esperada.....	107
Ecuación 6. Grado de libertad.	108
Ecuación 7. Calculo del Chi Cuadrado.....	108
Ecuación 8. Costo total.....	116
Ecuación 9. Costo día de trabajo	116
Ecuación 10. Horas de trabajo.....	117
Ecuación 11. Costo mano de obra directa (MOD).....	117
Ecuación 12. Costo de mano de obra directa total (MODT)	117
Ecuación 13. Fórmula para calcular Beneficio / Costo	118

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1. TEMA

Juguete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje Braille en niños del área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte.

1.2. EL PROBLEMA.

El aprendizaje del sistema braille es un proceso complejo, debido a que las personas no videntes carecen de las mismas facultades que una persona sin discapacidad, es por ello que se analiza una serie de problemas a nivel general en el método de aprendizaje, “según investigaciones realizadas se dice que desde el año 1987 hasta la actualidad no se ha visto o practicado un método específico de enseñanza, al contrario se ha venido analizando las formas en las cuales las personas no videntes pueden aprender a manejar el sistema braille” (CL & E, 1995) su estructura, los requisitos básicos para su aprendizaje y orientaciones psicopedagógicas que precisan su enseñanza. Para niños no videntes que están empezando a involucrarse en la fase educativa se torna aburrido y poco didáctica, por este motivo es difícil su ingreso a las unidades educativas ordinarias limitando su desarrollo lingüístico – lógico, ya que, al aprender letras del alfabeto, signos auxiliares, signos de puntuación, símbolos matemáticos y lógicos se construye la base para el conocimiento futuro fomentando la importancia que este código tiene como medio de acceso a la información. Hoy en día existen centros que cuentan con un área de no videntes, las cuales tienen el compromiso de educar a niños, niñas, adolescentes y adultos con discapacidad visual, en el proceso de incursionar los primeros pasos del alfabeto braille, la mayoría de estas áreas de educación no poseen material didáctico y de apoyo por lo que es difícil la autoevaluación, en general la enseñanza braille se da por medio de herramientas que simulan los seis puntos en relieve que representan su código, centrándose en programas

educacionales que enfatizan el desarrollo de las habilidades motoras y físicas, programas de aprendizaje que puedan identificar obstáculos adicionales, tales como las formas más leves y más funcionales del autismo o del trastorno de déficit de atención, de esta manera generando un plan de estudios inteligentemente diseñado para involucrar ejercicio, el cual desarrolla la fuerza, el equilibrio y realizando actividades adicionales que explotaran otros sentidos, especialmente el tacto y la audición, una persona no vidente tiene la necesidad de sentirse útil, conocer el espacio en el que habita con la meta de impulsar la empatía, autoestima, expresión y comunicación en ellos mismos y ante la sociedad. Actualmente se cuenta con materiales tecnológicos a gran escala, que nos permiten diseñar y crear diferentes sistemas didácticos de acuerdo a la tecnología actual, con el fin de dar solución a este tipo de problemáticas que se viven diariamente, en general existen métodos que nos podrían ayudar a corregir este tipo de dificultades pero lamentablemente la mayoría de las personas no videntes son de bajos recursos económicos y no es permisible para ellos costear un método más innovador para su educación, en base a ese análisis se tiene la necesidad de diseñar e implementar un juguete didáctico para niños no videntes de 3 a 7 años de edad, usando un lenguaje lúdico; así jugando y aprendiendo asegurar una instrucción y capacitación para que la adquisición de conocimientos, de forma interactiva y dinámica permitan desarrollar sus capacidades cognitivas, sensoriales e intelectuales.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo general.

Mejorar del proceso de Alfabetización en niños del área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte a través de un juguete electrónico, con el fin de establecer una enseñanza básica del sistema braille, mediante herramientas de Hardware Libre.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Investigar métodos y herramientas que se usan para el proceso de enseñanza aprendizaje braille de forma general, con el fin de efectuar un análisis de la situación actual mediante el estudio del arte.
- Diseñar un juguete didáctico con base electrónica, para la instrucción de niños, y optimizar el método habitual de alfabetización y desarrollo de sus destrezas en el sistema braille, satisfaciendo así las necesidades del usuario.
- Implementar el material didáctico braille en el área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte, para realizar pruebas de funcionamiento con niños de 3 a 7 años y efectuar la corrección de errores.
- Realizar un taller de enseñanza, para que los niños comprendan los beneficios que tienen con el uso del material didáctico aplicado al código braille y medir su nivel de aprendizaje adquirido mediante evaluaciones prácticas.

1.4. ALCANCE.

Este proyecto requiere de una recolección de información acerca de los modos de enseñanza y herramientas que se usan para el aprendizaje del sistema Braille de forma global y mediante ello hacer el análisis de la situación actual que se vive tanto en el país como en el área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte. Generalmente la enseñanza – aprendizaje de este sistema es común a nivel mundial ya que las personas no videntes usan macro tipos que simulan el alfabeto braille como libros, revistas, programas

que permiten dar a conocer el manejo de este lenguaje, y realizan actividades que permitirán desarrollar más fácilmente sus destrezas táctiles y auditivas.

El proceso de aprendizaje de este sistema, se llevará a cabo mediante un juguete electrónico en el cual se representará los seis puntos de código braille brindando a las personas privadas de la visión un método más tecnológico y actual para su educación, lo que se pretende lograr con esta nueva metodología es modernizar y agilizar el aprendizaje inicial en niños y niñas desde los 3 años hasta los 7 años, tomando en cuenta que actualmente este proceso demora de 8 meses a 1 año en ser absorbido, es por ello que la meta a lograr es reducir este tiempo de aprendizaje al 50 % del actual, dando así una mejor solución de aprendizaje a los usuarios.

Con la información obtenida y el análisis realizado el siguiente paso será buscar los componentes electrónicos adecuados para desarrollar el diseño del juguete electrónico, en este caso se ha planteado herramientas de software libre de tecnología actual, como son: módulo Arduino y módulo Raspberry PI, para ello se efectuará un análisis funcional y característico de los módulos, con el objetivo de hacer un comparativo general para escoger el sistema embebido más óptimo y el más conveniente. Ya definido el sistema embebido a utilizar se procede a diseñar el juguete electrónico, material didáctico que será diseñado para brindar a personas privadas de la visión una mejor didáctica de aprendizaje y enseñanza en su medio, este juguete tendrá medidas aproximadas de 40 cm de alto, 20 cm de ancho y 30 cm de profundidad, el material que se usará para elaborarlo será debidamente investigado y analizado asegurando que dicho material no afecte la salud del infante y dañe los componentes electrónicos manipulados, cabe recalcar que se usaran baterías de litio de para alimentar la placa que controlará su funcionamiento, dando a notar que este juguete será ampliamente inalámbrico.

Este material didáctico será diseñado como un muñeco de juguete común el cual tendrá en la parte frontal los seis puntos que representan el código generador del sistema braille adicionalmente se tendrá cuatro puntos más para el alfabeto mayúsculo y números estos puntos se representaran por medio de pulsadores industriales o los adecuados para ser manejados y manipulados por los niños sin ningún tipo de complicación, dependiendo de qué sistema embebido se va a usar el juguete tendrá un módulo de sonido o mp3 en caso de usar Arduino para que al momento de presionar las combinaciones braille este las reproduzca y el infante escuche que letra del alfabeto, símbolo o número presionó; en caso de usar Raspberry no será necesario adaptar un módulo de sonido ya que lo trae integrado, en este caso el procedimiento será igual al anterior, es necesario mencionar que este material didáctico puede cambiar su forma o modelo, todo esto dependiendo de los materiales y sistema embebido que se usaran para su diseño, por lo cual se da a notar que aún no se tiene una estructura específica que lo detalle más a fondo. Se realizará la implementación del material didáctico, pretendiendo difundir un proceso más de instrucción de la técnica braille en beneficio de las personas con capacidades diferentes.

Posterior a la implementación se efectuará las debidas pruebas de funcionamiento con niños entre el rango de edad especificado con el fin de medir su nivel de aprendizaje en un tiempo establecido de 2 meses y corregir los errores que se presenten al instante y con el paso del tiempo.

Finalmente se realizará el diseño de un taller de capacitación del uso de este material didáctico que el docente aplicará para la comunicación con el estudiante no vidente y estará a cargo del departamento de No Videntes que se encuentra en la Biblioteca de la Universidad, llegando a un análisis de los resultados finales obtenidos.

1.5. JUSTIFICACIÓN.

En el Ecuador un buen porcentaje de la población total padece de algún tipo de discapacidad, en la provincia de Imbabura según los datos del CONADIS hasta abril del 2015 existen 11.371 (CONADIS, REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDADES, 2015), personas con discapacidades diferentes que se representen de la misma manera:

4826	personas con discapacidades físicas,	correspondiente al	42,44%
2571	personas con discapacidad auditiva,	correspondiente al	22,61%
2217	personas con discapacidades intelectuales,	correspondiente	19,50%
1174	personas con discapacidad visual,	correspondiente al	10,32%
213	personas con discapacidades psicosociales,	correspondientes al	1,87%
202	personas con discapacidades psicológicas,	correspondiente al	1,78%
168	personas con discapacidades del lenguaje,	correspondiente al	1,48%

Conscientes de que la educación como entidad socializadora es la herramienta clave para lograr procesos transformadores profundos y duraderos en la cultura existe la necesidad de incidir positivamente en la formación de personas con discapacidad visual, así como el hecho de que importantes sectores de la sociedad están demandando cumplimiento de sus derechos, como la equidad entre los géneros, la eliminación de prejuicios sociales hacia las personas que son “diferentes”. (Sandoval, 2002).

Todo esto para promover, fortalecer sus métodos de educación, agilizar, desarrollar de forma lúdica su aprendizaje, el acceso, la equivalencia de circunstancias y el derecho de una vida totalmente independiente, fueron la base para esta propuesta y empezar a usarla en niños no videntes desde 3 años. La tecnología está avanzando cada vez más y la situación que se ha presentado en personas con discapacidad visual de no contar con un sistema de educación adecuado o avanzado, ha hecho que algunos centros para

discapacitados busquen la manera de automatizar y optimizar sus procesos educativos, para facilitar el aprendizaje de sus estudiantes. Tomando la Política 2.2 “Garantizar la igualdad real en el acceso a servicios de salud y educación de calidad a personas y grupos que requieren especial consideración, por la persistencia de desigualdades, exclusión y discriminación” (Secretaría Nacional de Planeación y Desarrollo, 2013), del proyecto del Plan Nacional del Buen Vivir del país, en la cual el objetivo es apoyar procesos educativos destinados a la eliminación de las diferentes formas de discriminación por razones de discapacidad, con propósitos a una mejor calidad de vida. El juguete electrónico para mejora del proceso de alfabetización braille será diseñado e implementado para niños no videntes y niños con bajo grado de discapacidad visual de 3 a 7 años de edad.

La viabilidad de este material didáctico se considera óptima, ya que no causará daños a los niños al contrario mejoraría sus destrezas táctiles, auditivas y mentales desde temprana edad, mediante un aprendizaje lúdico y no solo usando métodos y herramientas de pre – braille en macro tipos o simuladores, programas y materiales de diferente textura que simula los seis puntos que se usan como signo generador en el código braille.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción

El presente capítulo de fundamentación teórica se inicia con la situación actual que vive una persona con cualquier tipo de discapacidad, lo que permitirá conocer el desenvolvimiento de cada uno y el desarrollo de su inteligencia, se dará a conocer un poco más de la discapacidad visual, métodos y herramientas que se emplean en la educación del código braille, como se lleva la educación en su entorno, además se conocerá herramientas Open Source como Arduino y Raspberry PI con la finalidad de elegir la plataforma adecuada para el diseño de la aplicación y un breve estudio de materiales electrónicos a utilizar.

2.2. Situación Actual

Hoy en día se encuentra personas con discapacidades que requieren de una mejor educación, generalmente este tipo de entes quieren aprender a valerse por sí mismas, es por ello que en la actualidad existen métodos, herramientas e instituciones que se especializan para brindarles una mejor educación y permitirles desempeñar un rol importante ante la sociedad, con el fin de que su futuro profesional mejore así como también su calidad de vida. Con esto la mayoría de personas entienden que con una discapacidad se puede avanzar generosamente y con igualdad ante una persona normal, sin discapacidad alguna.

2.3. Discapacidad

Definida por la DND como:

“Una deficiencia permanente de los distintos órganos, aparatos o sistemas que hace que una persona presente dificultad para realizar las actividades de la vida diaria como por

ejemplo: vestirse, comer, evitar riesgos, aseo e higiene personal, escuchar, ver”
(Ministerio De Salud Pública, s.f.)

2.3.1. Limitación Visual

Al indicar carencia visual o limitación visual se describe a personas que no poseen ceguera total, es decir tienen una breve y ligera percepción de la luz, lo cual denota que podrá distinguir entre la luz y la oscuridad.

Al mencionar ceguera total se debe a que las personas no pueden ver absolutamente nada del mundo que los rodea, pero si puede escuchar, sentir y percibir lo que se encuentra a su alrededor como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Discapacidad Visual

Fuente: Hugo Aguirre Castañeda. (2014). *andina* (AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS). *Iniciarán construcción de centro de rehabilitación para discapacitados.* Obtenido de: <http://goo.gl/Fmresg>.

2.3.2. Tipos de discapacidad visual.

La OMS clasifica los diferentes grados de pérdidas visuales en cuatro categorías, la Figura 2 presenta esta clasificación.

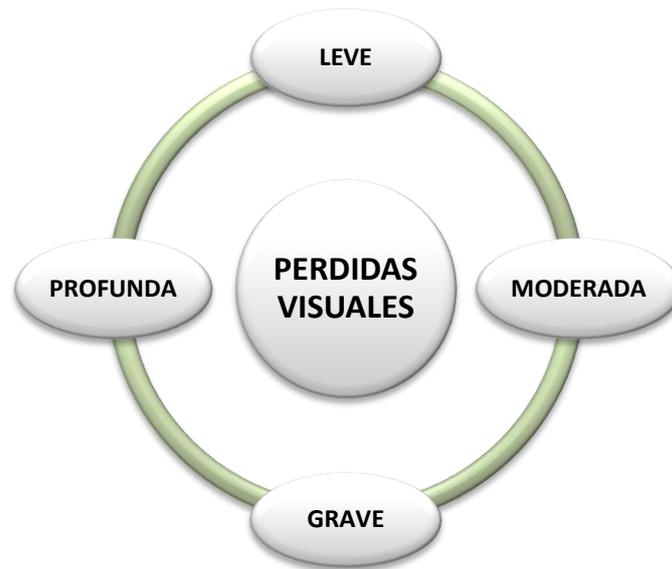


Figura 2. Tipos de discapacidades visuales
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

- **Discapacidad visual Leve:** En esta discapacidad las personas tienen la capacidad de diferenciar cuerpos, ilustraciones y símbolos de tamaño pequeño.
- **Discapacidad visual moderada:** Las personas con este tipo de discapacidad pueden distinguir objetos de gran tamaño mediano y grande en movimiento, sin excluir complementos especiales y colores. Pueden aprender a leer y escribir normalmente, así como también Braille.
- **Discapacidad visual grave:** Las personas con esta discapacidad distinguen la luz, pero es necesario que aprendan Braille para que puedan leer y escribir.
- **Discapacidad visual profunda:** En esta discapacidad están las personas con pérdidas visuales muy altas, es decir ya no poseen ceguera total, usan la percepción de: objetos, personas, animales, colores, formas, tamaños, volumen, entre otros.

Datos y cifras según la (OMS, 2016) de ceguera y discapacidad visual.

- En el mundo hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual, de las cuales 39 millones son ciegas y 246 millones presentan baja visión.

- Aproximadamente un 90% de la carga mundial de discapacidad visual se concentra en los países de bajos recursos.
- El 82% de las personas que padecen ceguera tienen 50 años o más.
- En términos mundiales, los errores de refracción no corregidos constituyen la causa más importante de discapacidad visual, pero en los países de economía media y baja, las cataratas siguen siendo la principal causa de ceguera.
- El número de personas con discapacidades visuales son atribuibles a enfermedades infecciosas. Pero esto ha disminuido considerablemente en los últimos 20 años.
- El 80% del total mundial de casos de discapacidad visual se pueden ser evitados o curables.

2.4. Educación

La educación es la base principal que podría ayudar a las personas con discapacidad a integrarse a la sociedad, como se conoce a este tipo de personas en la mayoría de los casos se les presentan barreras como: discriminación, racismo, pobreza, falta de infraestructura en unidades educativas, falta de materiales adecuados y de tecnología, que generalmente son inconvenientes que provocan que este tipo de personas no quieran formarse y tener una profesión, limitando así el cumplimiento de sus objetivos.

Actualmente en el mundo hay personas de edades avanzadas que no han tenido la oportunidad de ir a la escuela y no han aprendido un sistema adecuado para integrarse e igualarse al mundo que los rodea, pero también hay que recalcar que hoy en día existen unidades educativas de acorde a personas con discapacidades que cuentan con buenos

métodos, materiales y tecnología para su formación; existen niños, adolescentes, jóvenes e incluso adultos con discapacidad que estudian para mejorar su calidad de vida.

Se han visto pocas investigaciones acerca de las formas o métodos de enseñanza de código braille para personas no videntes o deficientes visuales, pero aún no existe ningún tipo de acuerdo entre alumnos y profesores de niños, jóvenes y adultos con discapacidad visual, sobre los métodos de enseñanza de lectoescritura más adecuada para su formación, lastimosamente nosotros tampoco podemos dar una solución eficiente para que estas personas puedan aprender a leer y escribir de una forma mucho más fácil y creativa.

Sin embargo, a nivel mundial se plantea un esfuerzo considerable de dificultad, la estructura de países desarrollados experimenta niveles elevados de enseñanza, ampliando los programas de estudios, incorporando tecnologías, desarrollando aptitudes sociales y personales, con el propósito de llegar a tener igualdad de oportunidades, en cuanto a los países pobres estos niveles de enseñanza no son lo suficientemente avanzados para poder llegar a un nivel alto en educación. Por otra parte, la educación de personas que no tienen ningún tipo de discapacidad es generosamente avanzada en países con buena economía, el avance de tecnologías permite crecer de manera rápida el aprendizaje en cada uno, mientras que en los países que poseen una situación económica baja, la formación se presenta con menos avance, pero mucho más elevado al de una persona con discapacidad.

2.5. Sistema Braille

2.5.1. Historia

Para facilitar la lectura y las escritura para personas privadas de la visión desde años atrás existen herramientas e inventos que permiten tener una educación más adecuada, pero su uso no es lo suficientemente habitual y extendido; sin embargo a finales del siglo

XVIII, la actitud de la sociedad frente a personas con discapacidades diferentes y en particular con ceguera ha venido cambiando. (Ministero de Educación - España, 2015)

En París, **Valentin Haüy**, se muestra en la Figura 3, fundó el primer centro educativo para personas invidentes, en donde usaban para la lectura el sistema de Haüy, el cual consistía en la grabación en alto relieve de los caracteres que personas videntes usan normalmente, mediante esta herramienta las personas no videntes aprendían a leer lentamente , pero no podían escribir. (Ministero de Educación - España, 2015)



Figura 3. Valentin Haüy

Fuente: Atom. (2011). *Cristal Polarizador. Hacia el sistema Braille*. Obtenido de: <http://cristalpolarizador.blogspot.com/2011/03/hacia-el-sistema-braille.html>

En el año de 1821, **Charles Barbier de la Serre**, ver Figura 4, capitán de artillería crea un sistema de escritura nocturna o sonografía, puntos y rayas el cual permitía enviar mensajes en relieve que se leían con el tacto en la oscuridad, este método no permitía el deletreo de las palabras ni una buena ortografía. (Ministero de Educación - España, 2015)



Figura 4. Charles Barbier de la Serre.

Fuente: Grant Oster (2013). *HANKERING FOR HISTORY. Napoleons Influence of Braille*. Obtenido de: <http://hankeringforhistory.com/napoleons-influence-on-braille/>

Louis Braille, ver Figura 5, a sus tres años de edad perdió la vista y a los 15 años analizó el sistema de Barbier, método al que realizó una simplificación dando un completo aspecto impredecible para generar un auténtico alfabeto; en 1827 fue publicado el código de lectoescritura denominado sistema braille por su eficiente beneficio didáctico, al cual se le adecuó matemáticas, música, ciencias, un sistema de abreviaturas y una pauta que permite la escritura. (Ministero de Educación - España, 2015)



Figura 5. Louis Braille

Fuente: Deborah Kent Stein. (2009). *Louis Braille. The father of Literacy for the Blind*. Obtenido de: <https://nfb.org/images/nfb/publications/fr/fr28/fr280105.htm>

Hoy en día gracias a la alta difusión del sistema braille personas con discapacidad visual han logrado integrarse al ámbito educativo y social; así como también el acceso a la información y formación se ha convertido en una realidad. (Ministero de Educación - España, 2015).

El código braille es considerado una herramienta muy importante y vital, ya que permite aprovechar la capacidad de captar por medio de las terminales nerviosas de las yemas de los dedos. Actualmente el símbolo generador de este código se representa por 6 puntos distribuidos en dos columnas cada una de ellas con 3 puntos, los cuales permiten realizar 64 combinaciones que ayudan a representar el alfabeto, números del 0 al 9, signos de puntuación, vocales tildadas, entre otros. (ALFONSO SETARÉS SALAS, 2005)

2.5.2. Braille para personas adultas

Si un adulto pierde la vista necesita instruirse mediante código braille, por lo que deberá dominar las destrezas necesarias que exige el sistema de lectoescritura y tener la capacidad suficiente para emprender una nueva técnica de aprendizaje, por medio de (Ministero de Educación - España, 2015) se describen algunas consideraciones a tomar en cuenta.

- Deberán desarrollar sus destrezas táctiles, auditivas y manipulativas.
- Seguir un tratamiento para que puedan adaptarse psicológicamente ante la nueva situación en la que se encuentran.
- Evidentemente enseñarle código braille a una persona adulta no debería ser igual que enseñarle a un niño, en primera instancia el adulto debe adaptarse a su situación, sin dejar de tomar en cuenta que tendrá dificultad en manipular con el tacto las letras en relieve, ya que no posee desarrollada su percepción táctil.

- La enseñanza-aprendizaje braille se debe realizar como un programa de rehabilitación individual, tratando de que no se genere un rechazo permanente que los lleve a un desorden psicológico y discriminatorio.

La Tabla 1, muestra los tipos de prácticas para educar y rehabilitar a personas con baja visión.

Tabla 1.

Lo específico en la educación y rehabilitación de las personas con baja visión.

PRACTICAS PARA EDUCAR Y REHABILITAR	
Estimulación visual	Su objetivo es promover el uso eficiente del resto visual de bebés y niños. Constituye una serie de técnicas que difieren según la edad, el remanente visual, el desarrollo global del sujeto, debe ser llevada a cabo por un estimulador visual.
Rehabilitación visual	Es una práctica o conjunto de prácticas propensos a que la persona adulta con baja visión utilice a nivel óptimo su resto visual. Debe ser llevada a cabo por un rehabilitador visual.

Fuente: Mon Fabiana (1998). *Periódico sobre discapacidad "El Cisne". Algunas definiciones entorno al concepto de discapacidad visual.* Obtenido de: <http://goo.gl/nS1HQ9>.

Se dice que el 70% de la información que nos llega es a través de la vista. Este dato nos puede dar idea de la limitación que la ceguera impone en este punto. (Trevijano, 2016)

2.5.3. Braille para niños no invidentes

Un niño con discapacidad visual de nacimiento tiene un modo muy diferente de distinguir el mundo, recoger información, entre otros; a diferencia de un niño normal que con el tiempo fue privado de la vista, la principal diferencia consiste en la forma en la que operan sus propiedades sensoriales. (García, 2003)

Según estudios realizados se dice que no se debe tener una psicología especial con personas con ceguera, ya que lo único que ellos no poseen es la vista, pero si cuentan con recursos físicos y psicológicos que les permite desdoblarse de mejor manera sus cualidades cognitivas, debido a la forma en que las perciben y almacenan la información, en si desarrollan más sus capacidades intelectuales. No se debe dejar a un lado que para niños con discapacidades diferentes será un poco difícil dejarse guiar por la voz de otra persona durante su aprendizaje, ya que ellos no pueden desarrollarse de igual forma que un niño sin deficiencias. (García, 2003)

2.5.4. Inicio de la escolarización

Una integración no se debe hacer apresuradamente, ya que esta exige una evaluación bastante cuidadosa de cuáles son las posibilidades emocionales de un niño con cualquier tipo de discapacidad que posea y también de su familia, acerca de los cambios que el niño tendrá que enfrentar por su discapacidad y las nuevas experiencias que vivirá. (Trevijano, 2016)

La Psicóloga (Trevijano, 2016), dice que se debe tomar en cuenta algunas necesidades básicas para que un niño con discapacidad visual inicie su escolarización y adaptación, como:

- Poseer madurez emocional y social que facilite la integración.
- Estar en un proceso ordenador apropiado.
- Disponer de un lenguaje comunicativo y una expresión oral.
- Disponer de experiencias previas de separación.
- Disponer de experiencias de socialización con otros niños.

Debido a esto antes de enviar a un niño con discapacidades diferentes a escolarizarse lo primero que se debe de realizar es un proceso de aceptación con el profesional que lo atenderá fuera de casa, así como también se debe realizar con la madre o el padre que será su responsable, mientras el infante no acepte de manera objetiva el nuevo entorno en el que se encontrará fuera de su hogar, no se podrá avanzar con su educación y el proceso será más largo.

No hay que olvidar que un niño con discapacidad visual o cualquier otra discapacidad, deberá iniciar su proceso de educación a la edad normal que es desde los 3 años para que su proceso de aprendizaje no se vea afectado con el paso del tiempo y vaya conjuntamente con la educación que tiene un niño con capacidades normales. Es necesario que antes de iniciar con su formación aprendan a desarrollar más a fondo sus destrezas sensoriales, cognitivas y táctiles.

2.5.5. Como recoge la información el niño con deficiencia visual.

Cada vez es más habitual hallar escenarios educativos y frecuentemente de la vida cotidiana con distintos tipos de gráficos, emblemas, diagramas, planos, que atraen nuestra atención, para poder comprender estas representaciones se debe de tener una significativa destreza en la actual sociedad de la información, para poder tener un acceso preciso a dicha información, que para personas discapacitadas simboliza un progreso en sus oportunidades, facilitando camino a la educación, la cultura y el empleo; mediante una aplicación grafica que representa un objeto real, llegando así a tocar, escuchar y percibir para explorar, aprender y disfrutar. (García, 2003)

2.5.6. Comparativa entre un niño con discapacidad y un niño sin discapacidad.

Generalmente las destrezas de un infante se desarrollan de manera diferente y de acuerdo a la edad, habitualmente se da entre los 3 y 6 años.

A continuación, en la Tabla 2, se presenta las características más relevantes e importantes en un niño normal y un niño con discapacidad.

Tabla 2.

Comparativa característica de un niño sin discapacidad y un niño con discapacidad.

Características	Niños con discapacidad	Niños sin discapacidad
Desarrollo motor	Muestra una gran variedad de deficiencias en la organización del esquema corporal, anomalías en la marcha, desorientación espacial, baja habilidad manual, tics, estereotipias y poca expresividad facial que se muestra en los gestos de cada niño, lo que nos permite un desarrollo avanzado en el proceso motor.	Es una habilidad que permite surgir otra destreza progresiva ya que almacena inicialmente funciones simples, seguido por funciones complejas. El sistema nervioso actúa de una forma sistematizada para facilitar el desarrollo de cada área que interactúa con otras áreas y así haya una explotación secuencial de habilidades.
Desarrollo cognitivo	Un niño ciego llega a tener retraso cognitivo debido a falta de estimulación, más no a otro tipo de discapacidades asociadas o la falta de visión, dando así de baja su control emocional. En ellos se observa rápidamente la falta de representación ya que tienen bajo conocimiento de la realidad, mientras que la representación de imágenes mentales es lo mejor que poseen ya que el material auditivo es más eficaz en ellos.	Es un proceso psicofisiológico, mediante el cual, el infante recibe la información, procesa y entrega un tipo de respuesta. Intervienen a su vez otros procesos como: La percepción donde el niño descubre, organiza e interpreta la información procedente del medio interno y externo, la memoria, proceso por el cual adquiere, retiene, registra, reproduce y consolida información, el razonamiento donde el niño hace inferencias necesarias y llega a conclusiones y la reflexión en la cual representa la eficacia de ideas, pensamientos, emociones.

Desarrollo lingüístico	Un niño que presenta ceguera no habla al mismo tiempo que un niño normal, generalmente en ellos aparece más tarde, sus preguntas son referentes a los aspectos visuales, y solo hablan para tener comunicación con un adulto o para ponerse en contacto con el entorno.	El lenguaje es el aspecto más importante e impresionante que tenemos, el progreso en esta etapa es espectacular, aprende rápidamente y se interesa por el nombre de objetos que no conoce. Es importante, como en todas las etapas, hablarle con claridad, diciendo las cosas por su nombre y no imitando la lengua de trapo del niño.
Desarrollo afectivo	Algunos niños exponen pasividad, defectuosa imagen corporal, conflictos para afrontar situaciones ambientales, interacción social, dependencia afectiva, retraimiento, inseguridad y sentimiento de inferioridad. Para asegurar un buen desarrollo debe prolongarse el establecimiento de un vínculo adecuado con la madre, comenzando lo más rápido posible la estimulación precoz.	El desarrollo emocional es un complemento indispensable del proceso cognitivo, favorece el progreso integral de los niños y la capacidad de comprender y regular emociones, se unen la senso-percepción, la inteligencia y el desarrollo intelectual para dar como resultado el desarrollo afectivo. Todo esto lleva a una sensación, adaptación e interacción ante el mundo que los rodea.

Fuente: Criterio de diseño del proyecto, basada en: (Ramos) y (Cruz Jessica, 2013)

2.5.7. Porque es necesario empezar la escolarización desde los 3 años

Habitualmente desde los 3 meses los infantes tienden a socializar con las personas especialmente con los padres, a los 12 meses los padres empiezan a buscar la manera de controlar y poner límites al comportamiento de sus hijos. Hasta los 3 años de edad los niños aún no saben y comprenden si lo que hacen está bien o mal, es por ello que a esta edad es recomendable empezar su escolarización; con el fin de reafirmar los límites de sus actos, respeto, responsabilidad, alimentación, higiene, aprendizaje, sueño.

2.5.8. Métodos de enseñanza braille

Cuando se ha conseguido que las personas con deficiencia visual hayan desarrollado sus capacidades táctiles, destrezas necesarias y determinadas se puede comenzar con el proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema braille.

Para ello actualmente existen algunos métodos que ayudarán a la formación de este tipo de personas; con el fin de mejorar su calidad de vida. El, (Ministero de Educación - España, 2015), presenta los siguientes:

2.5.8.1. Alborada

Cartilla que permite aprender a leer, muestra las letras en un orden lógico, se considera un método bastante fácil de utilizar y motivador para estudiantes adultos, ya que les permite desde el inicio leer palabras y frases, esta cartilla contiene signos de puntuación, letras del alfabeto mayúsculas y minúsculas, números y vocales tildadas. (Ministero de Educación - España, 2015)

2.5.8.2. Bliseo

Él (Ministero de Educación - España, 2015) es una técnica de instrucción para adultos ya alfabetizados, en este método se empieza enseñando el signo generador utilizado en el código braille, luego se introducen las primeras letras en 3 grupos diferentes.

- Grupo 1: letras desde (a hasta j)
- Grupo 2: letras desde (k hasta la t), en este grupo o se toma en cuenta la ñ
- Grupo 3: letras desde (u hasta la z)

2.5.8.3. Pérgamo

Es un método de alfabetización para personas adultas con ceguera, el aprendizaje comienza con los seis puntos que presenta el código braille, tiene un orden de presentación de letras mayúsculas, minúsculas, después se indicará las letras que no son muy nombradas como: x, q, ch, k, w, ü; para luego seguir con las silabas trabadas pl, cl, bl, tr, entre otras; por último se aprende los signos numéricos y los signos de puntuación: punto, coma, dos puntos, punto y coma, interrogación, admiración, comillas, paréntesis. (Ministero de Educación - España, 2015)

2.5.8.4. Punto a punto

Según (Ministero de Educación - España, 2015) es un método presentado en castellano y catalán, está formado por dos series.

- **Primera serie:** Constituye un programa de pre-lectura y pre-escritura; para la pre-lectura, se ofrece una cadena de ejercicios con los que se podrá ejecutar un reconocimiento de los tamaños de formas geométricas tales como: triángulos, cuadrados, rectángulos, círculos, seguimiento de líneas horizontales y verticales, ubicaciones espaciales con líneas y cuadrados, series de diversos conjuntos de puntos. Finalmente, en esta serie se habla sobre el aprendizaje del sistema braille, signo generador y sus posiciones para empezar a explorar las primeras letras: a, b, l, e, o; así como también se entabla la pre-escritura, y se exhiben varias consideraciones metodológicas que deberán aplicar los profesores.
- **Segunda serie:** Muestra la enseñanza del código braille, en el que se presenta todas las letras del alfabeto, ejercicios de reconocimiento táctil e identificación para combinar las letras anteriormente aprendidas y comenzar con la lectura de

silabas, palabras y frases, el orden de enseñanza se presenta con la enseñanza de signo generador común, vocales tildadas, alfabeto minúsculo, signo generador letras mayúsculas, signo generador números de 0-9, signos de puntuación, todo esto contiene dibujos en alto relieve así como también contiene la ilustración del método y de cómo los maestros deben usarlo.

2.5.8.5. Tomillo

Es un método en el cual se inicia con la lectura braille y la exploración táctil, orientado a infantes, se exhiben frases cortas y sencillas que el infante pueda concebir formadas de combinaciones lingüísticas que un niño puede percibir con facilidad. Para este tema se utilizan materiales didácticos con alto relieve de acorde con las edades, inicialmente introducen las vocales tildadas, seguido por una secuencia de las letras en el orden siguiente: a, o, u, e, l, p, á, b, c, d, m, signo de mayúscula, punto, i, n, v, ó, s, g, t, f, r, í, ll, j, z, ñ, é, h, y, ch, ú, q, rr, r, gu. Se emplean primero las letras con más facilidad ante el tacto, seguido por las letras con más dificultad fonética evitando la composición con letras simétricas, finalmente emplean doble espacio para facilitar la lectura. (Ministero de Educación - España, 2015)

2.5.9. Herramientas de enseñanza braille

La escritura en código braille se la puede llevar manualmente, en forma mecánica, o en forma informática. La ULPGC (Canaria) muestra y describe algunas herramientas que se usan en el sistema braille:

2.5.9.1. Escritura manual

Se ejecuta con un punzón (parecido a una pequeña lezna), con el que se perfora el papel, está colocado sobre un soporte llamado pauta afirmada por una rejilla, existen en varios tamaños y formas, cuya designación genérica es la de regleta, en la Figura 6 se observa este tipo de material.

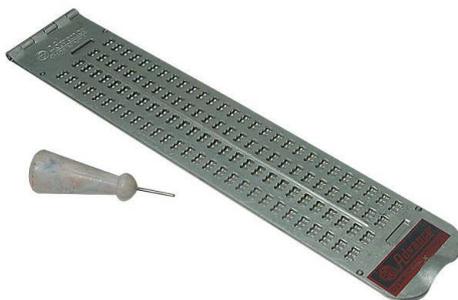


Figura 6. Regleta y Punzón

Fuente: Vanessa Torres. (2014). *Mary's aprendiendo. Discapacidad visual.* Obtenido de: <http://vaanneblog-s.webnode.cl/articulos-marys/>

2.5.9.2. Para la escritura mecánica:

Se utilizan herramientas que se basan en la perforación de papel mediante palancas que el instrumento posee, esta máquina es conocida con el nombre de “perkins”. Como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Máquina Perkins

Fuente: LIBRARY OF CONGRESS. (sf). *Louis Braille: His Legacy and Influence. Exhibition Items.* Obtenido de: <https://www.loc.gov/exhibits/louis-braille/exhibition-items.html>

En la actualidad existen técnicas más avanzadas que permiten tener un mejor acceso a la información y también a su almacenamiento con el código braille, es por ello que a continuación se nombra algunas de estas herramientas:

2.5.9.3. Braille hablado

Es una herramienta portátil que permite el procesamiento y almacenamiento de la información a través de un teclado de siete teclas, permite reproducir síntesis de voz y también de manera impresa en alto relieve o código braille, admite conectarse a un Pc. Esta herramienta se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Herramienta de braille hablado.

Fuente: CREENA. (2014). *Gobierno de Navarra-Departamento de Educación. Equipo de Visuales.* Obtenido de: http://creena.educacion.navarra.es/equipos/visuales/material_tecnologico.php

2.5.9.4. Sistemas de adaptación de los PC

Permite reproducir información que se encuentra en el ordenador mediante la línea braille en forma de puntos o mejor conocido como braille efímero. Se puede apreciar la forma de esta herramienta en la Figura 9.



Figura 9. Línea Braille.

Fuente: Word Press. (2011). *Taller Proyecto Informático. Lector braille.* Obtenido de: <https://lectorbraille.wordpress.com/2011/10/11/lineas-braille/>

2.5.10. El braille en soporte informático

Constan otro tipo de sistemas de almacenamiento de información a través de dispositivos creados para personas con discapacidad visual, según la (ONCE) .

2.5.10.1. Thermoform:

Máquinas de termo formado ver Figura 10, permite duplicar imágenes táctiles en segundos, este tipo de maquinarias, por sus características físicas es recomendable para textos cortos o pies de ilustraciones en relieve, ya que, según muestran los beneficiarios, presenta varios problemas de percepción táctil para uso extenso.



Figura 10. Máquina Thermoform

Fuente: Richard Holloway. (2006). *GOPBC.org. Technology for you Blind child. What will you need.*
Obtenido de: http://www.gopbc.org/gopbc_technology.htm

2.5.10.2. El material impreso sobre soporte de papel

El material impreso en braille es hecho por maquinarias rotativas y especiales que imprimen las letras en alto relieve sobre papel más fino y grueso que el que normalmente se usa para imprimir o dibujar.

Hay textos realizados en alto relieve o braille para iniciar la lectura con personas con déficit visual compuestos de frases cortas, intercalación de líneas en blanco, graficas en relieve, para fácil manejo de los alumnos; así como también existen textos para niveles de lectura superiores que se imprimen a dos caras y lo usan personas con ceguera de manera profesional. Uno de los principales inconvenientes de los libros en braille es el volumen, ya que este tipo de escritura en relieve domina entre tres o cuatro veces más espacio que un libro normal, no hay que descartar que todos los libros deberán tener buena consistencia y resistencia en el relieve ya que este se desgasta y va disminuyendo con el tiempo y el uso.

2.5.11. Materiales Macros

Hay instituciones que usan materiales didácticos o macros que hacen referencia al código braille, este tipo de material ayuda a niños a desarrollar de mejor manera la destreza de tacto. A continuación, en la Figura 11, se presenta el material que habitualmente usan estos centros para empezar con la enseñanza y alfabetización del sistema braille.



Figura 11. Materiales Macro para no videntes.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Estos materiales son una simulación de signo generador braille, cada elemento contiene los seis puntos del código braille y mediante estos materiales personas no videntes aprenden el alfabeto braille.

Como se analizó anteriormente a nivel mundial existen varios métodos de enseñanza; así como también existen varias herramientas que se puede usar para la enseñanza-aprendizaje braille tanto para niños como para adultos, generalmente en la Universidad Técnica del Norte las herramientas más usadas son: libros en relieve, el punzón con la regleta y materiales que simulan los seis puntos del sistema braille, debido a esta situación se plantea realizar un juguete electrónico que permita educar a niños de 3 a 7 años de edad con discapacidad visual.

2.6. Herramientas Open Source

Para poder hacer realidad este proyecto se analizará dos sistemas embebidos para la elaboración de esta aplicación los cuales son: Arduino y Raspberry PI, sistemas de los cuales uno se elegirá como el más conveniente y adecuado, para los usuarios.

2.6.1. Arduino

Arduino es una plataforma que está definida como Hardware y Software libre abierta para uso y contribución a la sociedad, placa única proyectada con un microcontrolador AVR, usa un lenguaje de programación básico como lo es C/C++, que nos permite interactuar y programar en tiempo real, está compuesto por un controlador, varias líneas análogas y digitales de E/S, interface USB o Serial. (Aranda, 2014)

La finalidad de utilizar Arduino es para optimizar costos y volverlo base en proyectos electrónicos, es una plataforma bastante simple de usar y que no requiere de mayor conocimiento de electrónica, característica que lo hizo popular ante expertos y principiantes.

Según las investigaciones de (Pedraza), se sabe que Arduino surgió en el año 2005 en el Instituto de Diseño Ivrea, sus primeras placas se conectaban mediante RS232 del puerto COM de la Pc, pasando luego a ser sustituido a conexión por puertos USB. Actualmente existen varios modelos de placas Arduino. Generalmente la mayoría tienen la misma funcionalidad y se diferencian por:

- Tamaño físico
- Capacidad de almacenamiento
- Entradas analógicas
- Entradas/Salidas digitales

Arduino nos permite realizar un sinnúmero de proyectos con un nivel variado, empezando por la robótica, domótica, monitorización de sensores ambientales, sistemas de navegación, telemática, telemetría, medicina, entre otros temas. Definitivamente las opciones que no brinda esta plataforma para el desarrollo de productos y servicios electrónicos son infinitas, tan solo están limitadas por nuestra imaginación.

Según la FSF, organización encargada de fomentar el uso y desarrollo del software libre a nivel mundial, un software para ser considerado libre ha de ofrecer a cualquier persona u organización cuatro libertades básicas e imprescindibles, que se presentan y describen detalladamente en la Tabla 3:

Tabla 3.

Libertades básicas del Software libre Arduino.

LIBERTADES	DESCRIPCIÓN
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.
Libertad 2	La libertad de distribuir copias.
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.

Fuente: Torrente, Oscar. (2013). *ARDUINO - Curso práctico de formación*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de CV., Mexico.

Hardware libre, también conocido como Open Source, comparte muchos principios y métodos de código abierto o libre, esto permite que los usuarios estudien dicho código para entender de manera rápida el funcionamiento de la programación; con el fin de modificar, reusar, mejorar y compartir cambios que se puedan realizar. Para ello la comunidad deberá tener acceso directo a ficheros esquemáticos del hardware (CAD), los cuales presentan la información completa y necesaria para los beneficiarios que tienen

conocimientos previos en programación de hardware libre y conocimientos en electrónica.

2.6.1.1. Arduino Nano

Es una plataforma basada en Atmega328 (Arduino Nano 3.x) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x), tiene la funcionalidad similar a la plataforma Arduino Duemilanove, pero con un paquete diferente, posee una sola toma de corriente continua y funciona a través de cable USB Mini-B, como se muestra en la Figura 12, es una placa pequeña pero muy completa.

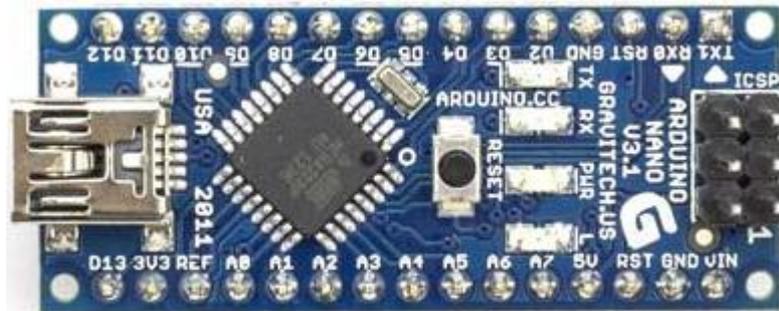


Figura 12. Placa Arduino Nano.

Fuente: ARDUINO. (2016). *Arduino Nano*. Obtenido de: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>

La Tabla 4 presenta las características técnicas específicas y esenciales que la plataforma Arduino Nano tiene:

Tabla 4.

Características Técnicas Arduino Nano

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Microcontrolador	Atmel ATmega168 o ATmega328
Tensión de funcionamiento (nivel lógico)	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límites)	6-20 V
E / S digitales predefinidos	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	8

Corriente continua para Pin I / O	40 mA
Memoria flash	16 KB (ATmega168) o 32 KB (ATmega328) de los cuales 2 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	1 KB (ATmega168) o 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) o 1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz
Dimensiones	0,73 "x 1,70"
Longitud	45 mm
Anchura	18 mm
Peso	5 g

Fuente: ARDUINO (2016). *Arduino Nano*. Obtenido de: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>.

2.6.1.2. Arduino YUN

Es una plataforma electrónica basada en Atmega 32u4 y procesador Atheros AR9331 compatible con OpenWrt-Yun considerado una distribución del Sistema operativo Linux.

La Figura 13 muestra un ejemplo de esta plataforma.



Figura 13. Placa Arduino Yun.

Fuente: Ian Jennings. (2010-2016). *PubNub. Stream Data, Signal, and Trigger actions with Arduino Yún*. Obtenido de: <https://goo.gl/hsJPYQ>

En la Tabla 5, se muestran las principales características técnicas de la plataforma Arduino Yun.

Tabla 5.

Características técnicas Arduino Yun.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Microcontrolador	ATmega32U4
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada	5
E / S digitales prendedores	20
Canales PWM	7
Pines de entrada analógica	12
Corriente continua para Pin I / O	40 mA
Corriente CC para Pin 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (de los cuales 4 KB utilizado por el gestor de arranque)
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
Procesador	Atheros AR9331
Arquitectura	@ 400 MHz MIPS
Tensión de funcionamiento	3.3V
Ethernet	IEEE 802.3 10 / 100Mbit / s
Wi-Fi	IEEE 802.11b / g / n
USB tipo A	2.0 Host
Lector de tarjetas	Sólo micro-SD
RAM	64 MB DDR2
Memoria flash	16 MB
SRAM	2.5 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
soporte para tarjetas 802.3af compatibles con PoE	ver Potencia

Fuente: ARDUINO. (2016). *Arduino Yún*. Obtenido de:
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun>

2.7.1.3. Arduino Mega 2560

Esta plataforma es una versión más actual después de Arduino UNO, en la Figura 14, se puede observar un ejemplo de este dispositivo. Es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega 1280, posee 16 entradas analógicas, 54 Entradas/Salidas digitales de las cuales 14 salidas se pueden utilizar para PWM, UARTS, oscilador de 16MHz, conexión USB, conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Una de las características principales de la MEGA 2560 es que no utiliza el

convertidor USB-serial FTDI, además es compatible con la totalidad de los Shields soportados por las placas Duemilanove y UNO. (Electrónica, 2009)



Figura 14. Placa Arduino MEGA 2560.

Fuente: Leandro Barrios. (2015). *Robótica Aplicada. Taller de Robótica Aplicada en Atalaya*. Obtenido de: <http://robotica-aplicada.lbarrios.com.ar/impresora-3d/se-suma-la-electronica/>

A continuación, en la Tabla 6, se muestra las principales características técnicas que definen la placa Arduino Mega 2560.

Tabla 6.

Especificaciones técnicas Arduino Mega 2560.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Microcontroladores	ATmega1280
Microprocesador	2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de las cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por E / S Pin	40 mA
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	128 KB (4 KB utilizado por el gestor de arranque.)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
Largo	108mm
Ancho	53mm
Peso	55g

Fuente: ARDUINO. (2016). *Arduino Mega*. Obtenido de: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

Tabla 7.

Comparativa 1 de modelo de placas Arduino.

CARACTERÍSTICAS	ARDUINO UNO	ARDUINO MEGA2560	ARDUINO NANO	ARDUINO YUN	ARDUINO MINI-PRO
Microcontrolador	Atmega328	Atmega2560	Atmega2560	Atmega 32u4	Atmega 328
Tensión de funcionamiento	5 voltios	5 voltios	5 voltios	5 voltios	5 voltios
Voltaje de entrada recomendando	7-12 voltios	7-12 voltios	7-12 voltios	5 voltios	7-12 voltios
Voltaje de entrada límite	6-20 voltios	6-20 voltios	6-20 voltios	5 voltios	5-12 voltios
Pines de entrada/salida digitales	14 los cuales 6 proporcionan salida PWM	54 los cuales 15 proporcionan salida PWM	14 los cuales 6 proporcionan salida PWM	20 los cuales 7 proporcionan salida PWM	14 los cuales 6 proporcionan salida PWM
Pines de entrada analógicos	6	16	8	12	6
Corriente DC por pin de entrada/salida	40ma	40mA	40ma	40mA	40mA
Corriente DC del pin de 3.3 Voltios	50ma	50mA	50ma	50mA	50mA
SRAM	2 KB de memoria flash	128 KB de memoria flash	256 KB de memoria flash	2,5 KB	2KB
EEPROM	1 KB	4 KB	4 KB	1 KB	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz	16MHz	16MHz	16 MHz	16 MHz
Precio aproximado	28 dólares	35 dólares	20 dólares	110 dólares	9 dólares

Fuente: ARCUINO. (2016). *Compare board specs*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Products.Compare>

Tabla 8.

Comparativa 2 de modelo de placas Arduino.

CARACTERÍSTICAS	ARDUINO MICRO	ARDUINO ETHERNET	ARDUINO FIO	ARDUINO ROBOT	ARDUINO EXPLORA	ARDUINO LILYPAD	
				Control - Motor			
Microcontrolador	Atmega32u4	Atmega328	Atmega328P	Atmega 32u4	Atmega 32u4	Atmega 32u4	Atmega 128V-328V
Tensión de funcionamiento	5 voltios	5 voltios	3.3 voltios	5 voltios	5 voltios	5 voltios	2.7 a 5.5 voltios
Voltaje de entrada recomendando	7-12 voltios	7-12 voltios	3,7-7 voltios	5 voltios	9 voltios	5 voltios	2.7 a 5.5 voltios
Voltaje de entrada límite	6-20 voltios	6-20 voltios	3,35-12 voltios	5 voltios	9 voltios	5 voltios	2.7 a 5.5 voltios
Pines de entrada/salida digitales	20 y 7 proporcionan salida PWM	14 y 4 proporcionan salida PWM	14 y 6 proporciona salida PWM	5 los cuales 6 proporcionan salida PWM	4 y 1 proporciona salida PWM	--	14 los cuales 6 son salida PWM
Pines de entrada analógicos	12	6	16	4 de los pines de E/S	4	--	6
Corriente DC por pin de entrada/salida	40Ma	40mA	40mA	40mA	40mA	--	40mA
Corriente DC del pin de 3.3 Voltios	50Ma	50mA	--	--	--	--	--
Memoria Flash	32 KB	32 KB	32 KB (2KB arranque)	32 KB (4Kb arranque)	32 KB (4Kb arranque)	32 KB (4 KB arranque)	16 KB (2 KB arranque)
SRAM	2,5 KB	2 KB	2 KB	2,5 KB	2,5 KB	2,5 KB	1 KB
EEPROM	1 KB	4 KB	1 KB	1 KB	1 KB	1 KB	512 bytes
Velocidad de reloj	16 MHz	16 MHz	8 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	8 MHz
Precio aproximado	28 dólares	20 dólares	25 dólares	110 dólares		60 dólares	16 dólares

Fuente: ARCUINO. (2016). *Arduino retires boards specs*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Products.Compare>

Como se observó en la Tabla 7 y Tabla 8, hay una variedad de plataformas Arduino, cada una con sus principales características, sin embargo, es necesario escoger una sola entre todas ellas, la cual deberá ser compatible con la aplicación que se desea desarrollar. Se considera entre estas placas la más adecuada Arduino Mega 2560 ya que es la plataforma que posee la mayor cantidad de pines de E/S y apropiada para proyectos de gran magnitud.

2.6.2. Raspberry PI

Es una placa desarrollada en el Reino Unido por la fundación Raspberry PI, con el fin de emprender la enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas. En la Figura 15, se presentan las características principales que forman parte del diseño de esta minicomputadora.

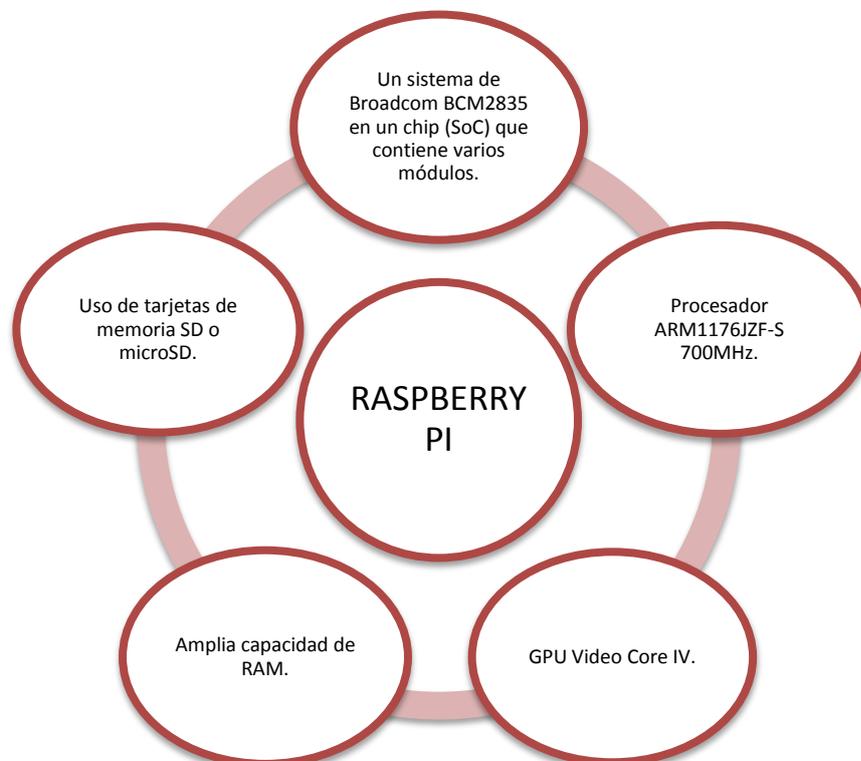


Figura 15. Diseño en el cual esta creado Raspberry PI.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto, Adaptada de: Raspberry PI Shop. (2016). *Raspberry PI*.
 Obtenida de: <http://www.raspberrypi.com/>

Es importante destacar que esta plataforma trabaja bajo el concepto Open Source al igual que Arduino está abierta a los usuarios, admite integrar multimedia con el control de elementos externos.

Para el modelo A y A+, se dispone de al menos un puerto de salida de video HDMI y otro de tipo RCA, mini Jack de audio y un puerto USB 2.0, no disponen de puerto Ethernet, permite conexión a cualquier router o adaptador inalámbrico WiFi que sea compatible. Para el modelo B y B+, se dispone de dos puertos USB, mientras que Raspberry Pi 2 dispone de 4 puertos USB, al que permite conectar un teclado y mouse. (Shop, 2011).

Esta plataforma nos permite trabajar con sistemas operativos como Windows, Ubuntu, Rasbian, Pidora, Arch Linux, RaspBMC, Open Elec, Noobs sin ningún tipo de inconveniente, para ello se necesita integrar una tarjeta SD no menor a 4GB. Nos permite realizar:

- Servidores Web de bajo consumo
- Construir una Smart TV
- Servidores de Impresión
- Domótica
- Localizadores GPS
- Ingreso por SSH
- Acceso a escritorio Remoto
- Cloud

2.6.2.1. Raspberry pi A+

El modelo raspberry A+ se muestra en a figura 16, se sustituye por el del modelo A en noviembre de 2014, el tamaño, que es ahora significativamente más pequeño, esta nueva Raspberry Pi es **más eficiente** y consume menos energía, además de contar con otras características destacadas. (Pastor, 2014)



Figura 16. Placa Raspberry PI A+

Fuente: Evaluamos. (2014). *Periodismo de Código Abierto. Raspberry Pi A+*. Obtenido de: <http://www.evaluamos.com/2014/?home/detail/14800>

A continuación en la Tabla 9, se exponen las características técnicas de Raspberry PI A+.

Tabla 9.

Características técnicas Raspberry PI A+.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
PROCESADOR	ARM Broadcom BCM 2835
RAM	256 MB
FRECUENCIA	700 MHz
ALIMENTACIÓN	5V – USB/GPIO
CONSUMO	400 Ma
POTENCIA	1,5W
SD	1 Ranura
USB 2.0	1 puerto
ETHERNET	-
VIDEO COMPUESTO	RCA – HDMI
GPIO	Aumento a 40 pines
AUDIO	Mejorado salidas Jack, HDMI
TAMAÑO	85x56x12 mm
PESO	23 gm

Fuente: Evaluamos. (2014). *Periodismo de Código Abierto. Raspberry Pi A+*. Obtenido de: <http://www.evaluamos.com/2014/?home/detail/14800>

2.6.2.2. Raspberry PI B+

En la Figura 17, se observa la plataforma Raspberry Pi B+, que mantiene los elementos básicos como: El procesador BCM 2835, presenta un cambio en los reguladores lineales para bajar el consumo de 1,5 watts a 0,5. El cabezal GPIO es de 40 pines, pero sigue manteniendo el patillaje de 26 del modelo original, la ranura de tarjeta SD se ha sustituido por una de microSD.



Figura 17. Placa Raspberry PI B+.

Fuente: PC Y COMPONENTES MULTIMEDIA SLU. (2013). *Raspberry Pi Modelo B+ -Mini PC*. Obtenido de: http://www.pccomponentes.com/raspberry_pi_modelo_b_.html

En la Tabla 10, se observa las características técnicas que posee la placa Raspberry PI B+.

Tabla 10.

Características técnicas Raspberry PI B+.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
PROCESADOR	ARM Broadcom BCM 2835
RAM	512 MB
FRECUENCIA	700 MHz
ALIMENTACIÓN	5V – USB/GPIO
CONSUMO	500 mA
POTENCIA	1,5W
SD	Cambiada por micro-SD

USB 2.0	4 puertos
ETHERNET	1 puerto Eth 10/100
VIDEO COMPUESTO	RCA – HDMI
GPIO	40 pines
AUDIO	Mejorado salidas Jack, HDMI
TAMAÑO	85x56x17 mm
PESO	45 gm
SISTEMA OPERATIVO	Linux/Debian/Fedora/Arch Linux

Fuente: <http://www.evaluamos.com/2014/?home/detail/14800>

La Tabla 11, presenta las características técnicas de las diferentes plataformas Raspberry Pi, que actualmente existen en el mercado.

Tabla 11.

Comparativas modelos de plataformas Raspberry Pi.

	MODELO A	MODELO A+	MODELO B	MODELO B+
SoC	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835
CPU	700 MHz ARM1176JZF-S	700 MHz ARM1176JZF-S	700 MHz ARM1176JZF-S	700 MHz ARM1176JZF-S
GPU	Video Core IV	Video Core IV	Video Core IV	Video Core IV
RAM	256 MB	256 MB	512 MB	512 MB
USB	1	1	2	4
Video	RCA, HDMI	Jack, HDMI	RCA, HDMI	Jack , HDMI
Audio	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI	Jack, HDMI
Boot	SD	Micro SD	SD	Micro SD
Red	-	-	Ethernet 10/100	Ethernet 10/100
Consumo	300 mA/ 1,5W/ 5V	400 mA/ 1,5W/ 5V	700 mA/ 1,5W/ 5V	500 mA/ 1,5W/ 5V
Alimentación	Micro USB/ GPIO	Micro USB/ GPIO	Micro USB/ GPIO	Micro USB/ GPIO
Tamaño	85,6 x 53,98 mm	65 x 56 mm	85,6 x 53,98 mm	65 x 56 mm
Costo	\$ 25,00	\$ 20,00	\$ 35,00	\$ 35,00

Fuente: PE, Isaac. (2014). *Como hacer.eu. Comparativa Raspberry Pi vs la competencia*. Obtenido de: <http://comohacer.eu/comparativa-y-analisis-raspberry-pi-vs-competencia/>.

Se ha observado varias plataformas Raspberry Pi existentes de las cuales se elegirá una, la más adecuada para realizar esta aplicación, como se ha visto en las características técnicas y la tabla comparativa la placa más adecuada a utilizar es Raspberry Pi B+, ya que cuenta con mayor cantidad de pines, más espacio en memoria, puertos USB, Ethernet, entre otras características que la hacen la más potente para realizar cualquier tipo de proyecto.

Después de haber hecho una selección entre Arduino y Raspberry PI, se realiza una tabla comparativa entre los dos sistemas embebidos Arduino y Raspberry PI, con el fin de elegir el más conveniente para el diseño y creación del Jugete Electrónico.

Haciendo uso de la información antes mencionada acerca de los dos componentes, la representación de la tabla siguiente, contiene las características técnicas que diferencian un sistema de otro y por medio de la cual se elegirá la plataforma adecuada.

2.7. Módulos mp3

De acuerdo a la aplicación que se pretende realizar se considera analizar, sistemas de sonido compatibles con las plataformas anteriormente descritas, en este caso se analiza dos módulos mp3, compatibles con Arduino ya que Raspberry Pi tiene incluido un sistema propio de audio.

2.7.1.1. SOMO-14D

Es un módulo de audio y sonido diminuto que puede reproducir archivos de audio pregrabados desde una tarjeta de memoria micro-SD, como se observa en la Figura 18. Compatible con archivos de audio ADPCM de 4 bits con frecuencias de muestreo de

6 kHz hasta 32Khz, posee 14 pines y ocupa un espacio mínimo, adecuado para cualquier aplicación que requiera de audio con sistemas embebidos.



Figura 18. Módulo mp3 SOMO - 14D.

Fuente: 4D SYSTEMS. (2014). *DATASHEETS. Embedded Audio-Sound Module*. Obtenido de: <http://goo.gl/u5zowK>

2.7.1.2. Módulo MP3 WT020 – SD – 16P

Es un módulo de voz compatible con Arduino, el cual nos permite decodificar ficheros de audio, cuenta con una ranura para insertar una tarjeta de memoria SD y 16 pines de salida. Su tamaño es igual al de una SD, se puede observar este dispositivo en la Figura 19, soporta hasta 2GB de memoria y archivos con formato 4 bit ADPCM y WAV. (NetzeK, 2013)

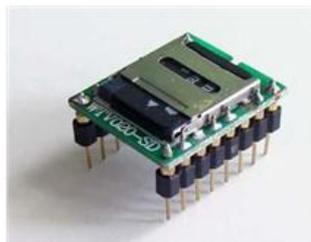


Figura 19. Módulo MP3 WTV020 - SD.

Fuente: alro. (2013). *Arduino de ALRO. Decodificador WT020-SD-16P Arduino*. Obtenido de: <http://goo.gl/WnPkw>

2.7.1.3. DFPLAYER Mini

Es un módulo MP3 compatible con la plataforma Arduino, posee un bajo costo y su apariencia es diminuta, soporta formatos de audio tales como MP3, WAV y WMA a través de un puerto serial, permite la decodificación de hardware WMV, ver Figura 20.

Es compatible con la tarjeta TF con sistema de archivos FAT16 Y FAT32, fácil de usar, estable y fiable son las características más importantes de este módulo. (Picaxe, s.f.)



Figura 20. Módulo MP3 DFPLAYER Mini.

Fuente: DFROBOT DRIVE THE FUTURE. (2016.). *DFPlayer - A Mini DF Player*. Obtenido de: http://www.dfrobot.com/index.php?route=product/product&product_id=1121#.V3p7iPnhDIU.

2.8. Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos son los dispositivos o elementos que conforman un circuito electrónico. Estos elementos suelen estar encapsulados generalmente de material cerámico, metálico o plástico. Están diseñados para ser conectados entre ellos normalmente por soldadura. (Prada, 2015).

2.8.1. Baterías recargables.

A medida que la tecnología ha ido avanzando, resulta bastante costoso usar baterías comunes o descartables, ya que su tiempo de vida útil no es muy prolongado y no sería óptimo el uso de estas de forma constante. Es por ello que existen dispositivos electrónicos que usan baterías recargables, debido al tamaño, tiempo de vida útil, peso, y duración, que los hace más duraderos y menos costosos, ya que se las puede volver a usar. Existen diferentes tipos de baterías recargables.

2.8.1.1. Pilas NiCd (Nickel Cadmio)

Son las primeras pilas recargables que aparecieron, de bajo costo, baja capacidad de carga, de vida útil muy corta y contaminante para el medio ambiente. Presentan un

problema llamado *efecto memoria*, el cual hace que estas dejen de cargar totalmente. Un ejemplo de este tipo de baterías se presenta en la Figura 21.



Figura 21. Batería recargable de Níquel de Cadmio.

Fuente: INFORMÁTICA HOY. (2007-2016). *Electrónica de consumo masivo. Pilas Recargables: Todo lo que tienes que saber.* Obtenido de: <http://www.informatica-hoy.com.ar/electronica-consumo-masivo/Pilas-Recargables.php>

2.8.1.2. Pilas NiMH (Níquel-Metal Hidruro)

Son baterías de mayor uso en la actualidad, debido a: gran capacidad, mayor tiempo de vida útil, mayor número de recargas y su bajo índice de contaminación del ambiente. No presentan el efecto memoria. En la Figura 22, se muestra un ejemplo de estas baterías.



Figura 22. Batería recargable de Níquel y Metal de Hidruro.

Fuente: INFORMÁTICA HOY. (2007-2016). *Electrónica de consumo masivo. Pilas Recargables: Todo lo que tienes que saber.* Obtenido de: <http://www.informatica-hoy.com.ar/electronica-consumo-masivo/Pilas-Recargables.php>

2.8.1.3. Pilas Li-ion (Ion de litio)

Las baterías de ion de litio, se caracterizan por ser livianas, tienen una elevada capacidad energética y una alta resistencia a la descarga, soportan un gran número de ciclos de cargas, comúnmente son usadas en celulares, tabletas y computadores, costo elevado, no presentan el problema del efecto memoria, pero si se degradan rápidamente

y no soportan excesivas temperaturas ya que esto puede causar destrucción por inflamación o incluso explosión. La Figura 23, muestra este tipo de baterías.



Figura 23. Batería de Ion de Litio.

Fuente: Blog Tienda Espía. (2016). *con las manos en la masa. Duración de la batería desde una cámara espía.* Obtenido de:
<http://conlasmanosenlamasa.com.mx/blog/duraciondelabateriaenunacamaraespia/>

2.6.3.3. Pilas LiPo (Polímero de Litio)

La Figura 24, muestra las Baterías de polímero de Litio las cuales comúnmente se las usa en: sistemas eléctricos de radiocontrol, especialmente los aviones, helicópteros y multicópteros.

(Robotics), detalla algunas características de las baterías LIPO.

- Tienen gran cantidad de energía.
- Son ligeras y se pueden hacer de casi cualquier forma y tamaño.
- Poseen una tasa de descarga alta para alimentar los sistemas eléctricos más exigentes, cercana a las NICD.
- Alto voltaje por celda, lo que nos permite voltajes de 14v sin ocupar volúmenes exagerados.
- Escasa resistencia interna, lo cual permite aprovechar casi el 100% de la energía.
- Requieren un cuidado único y adecuado para que duren más tiempo que cualquier otra tecnología.

- No toleran abusos, como descargas profundas o sobreconsumo. En esos casos quedan inutilizadas o se acorta su vida.



Figura 24. Batería de Polímero de Litio.

Fuente: ZEUS. (2016). *Direct Industry. Bateria de litio – polímero*. Obtenido de: <http://www.directindustry.es/prod/zeus-battery-products/product-65996-740511.html>

La mayoría de las baterías LiPo tienen una tasa de descarga interna de 2 a 6 miliohms (0.002 a 0.006 ohm).

2.8.2. Pulsadores

Son interruptores eléctricos que al presionar permite el paso de corriente, y al presionar nuevamente la corriente deja de pasar; la mayoría de pulsadores trabajan en dos posiciones EN (Encendido) y AP (Apagado), se trata de un mecanismo simple constituido por un par de contactos eléctricos que se unen o separan por medios mecánicos. Existen algunos tipos de pulsadores.

- Por medio de llaves
- Por temperatura
- Por campos magnéticos
- Por presión o retención
- Por corriente propia

En la Figura 25, se muestra cual es el funcionamiento de un pulsador el cual puede ser NA (Normalmente Abierto) o NC (Normalmente Cerrado), cabe mencionar que el usuario

al manipular este tipo de dispositivos se convierte en un operador que ordena al botón o pulsador que es lo que debe hacer al momento de establecer contacto entre terminales.

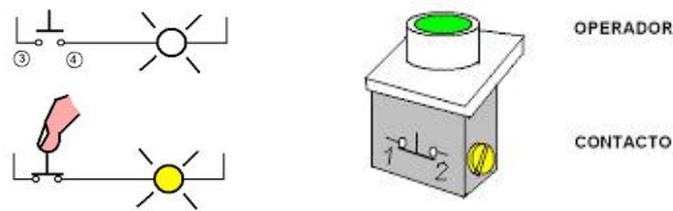


Figura 25. Funcionamiento de Pulsadores

Fuente: paco. (2011). *coparoman. 1,3 BOÓNES PULSADORES*. Obtenido de: <http://coparoman.blogspot.com/2011/03/botones-pulsadores.html>

2.8.3. Resistencias

Son componentes electrónicos pasivos (solo consumen energía, mas no la generan), tienen una resistividad eléctrica específica que nunca cambia la cual limita el flujo de electrones en un circuito. (MCI, 2015), en la Figura 26 se muestra el símbolo esquemático de estos componentes electrónicos.



Figura 26. Símbolo esquemático.

Fuente: MCI Capacitación. (2015). *Resistencias*. Obtenido de: <http://cursos.olimex.cl/resistencias/>

Hay una gran variedad de otras resistencias de propósitos especiales en paquetes pre conectados de cinco o más resistencias, pueden tener un pin común o estar puestas como divisor de voltaje, como se muestra en la Figura 27.

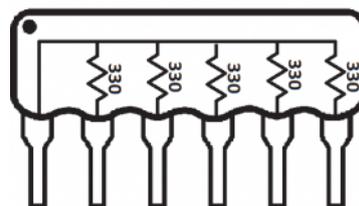


Figura 27. Pack de resistencias.

Fuente: Fuente: MCI Capacitación. (2015). *Resistencias*. Obtenido de: <http://cursos.olimex.cl/resistencias>

2.9. Materiales para juguetes

Para la fabricación de juguetes se puede emplear distintos materiales que pueden clasificarse según su compuesto o en materiales naturales y sintéticos. Los materiales naturales son: la madera, piedras, plástico, metal, algodón, lana entre otros y los materiales sintéticos son aquellos que han sido creados artificialmente y cuya existencia no ha sido observada en la naturaleza.

El tipo de material que se usa para la fabricación de juguetes es sumamente importante tanto para la elaboración como para el consumo de los mismos, sobre todo por la salud de las personas en especial de los niños que son los principales consumidores.

Pero la elección del material no solo va acorde con las personas sino también con el medio ambiente y al costo económico de producción. La explotación de madera, papel y plásticos provoca deforestación de bosques, contaminación del aire, gran consumo de agua y alto costo de procesamiento por lo que se debe tratar de elegir el material más acorde al propósito del juguete y a la vez amigable con el ambiente.

2.10. Herramientas De Software

A continuación, se presentan las herramientas de software que se usan para el diseño de este prototipo.

2.10.1. Cool Edit

Es un software de audio profesional, que nos permite mezclar, crear, editar contenidos de audio con una variedad de herramientas que este software posee, además nos permite acelerar los flujos de producción de video y finalización de audio brindando así excelencia en sonido. La Figura 28, muestra un logotipo de este software.



Figura 28. Logo Software Cool Edit Pro.

Fuente: eazel. (2016). *HOW TO USE EDITING MODES FOR COOL EDIT PRO (PART 2)*. Obtenido de: <http://english.blog.eazel.com/how-to-use-editing-modes-for-cool-edit-pro/>

2.10.2. Loquendo TTS

Es un software interactivo permite crear y escuchar mensajes sintetizados, consiente elegir de una lista de idiomas y voces la más agradable y a gusto del usuario. En este programa se puede escribir un texto en el idioma seleccionado y Loquendo TTS lo leerá, se puede observar en la Figura 29 el logotipo de este programa.



Figura 29. Logo Software Loquendo TTS

Fuente: SODELSCOT (sf). *Loquendo*. Obtenido de: <http://www.sodels.com/loquendo.htm>

2.10.3. Proteus

Es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción. La pantalla inicial de este software se la puede ver en la Figura 30.

Este software está compuesto de dos herramientas fundamentales como son: ISIS y ARES.

- **ISIS:** Permite diseñar un circuito con una variedad de componentes electrónicos como: resistencias, generadores de señales, condensadores, diodos LED, fuentes de alimentación entre otros.
- **ARES:** Se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso.



Figura 30. Logo del Software Proteus.

Fuente: <http://todoproteus.blogspot.com/2014/07/proteus-labcenter-electronics.html>

2.10.4. Eagle

Es un software usado para el diseño de circuitos tanto eléctricos como electrónicos, se considera un editor de esquemas, diseños, módulos de biblioteca e interfaces de usuario, compatible con Windows, Linux, Mac. Es un programa flexible y de alto nivel en cuanto a funcionalidad. La Figura 31, muestra la identificación de este programa.



Figura 31. Logo software Eagle.

Fuente: Telecom Ingeniería. (2011). *Cadsoft Eagle Professional 6.1.0*. Obtenido de: <http://labv87.blogspot.com/2012/08/cadsoft-eagle-professional-610-full-mf.html>

CAPÍTULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL JUGUETE ELECTRÓNICO

3.1. Diagrama de bloques inicial

El diagrama de bloques inicial que se observa en la Figura 32, es una representación del proceso que se realizará con la creación de esta aplicación didáctica, como se muestra a continuación:

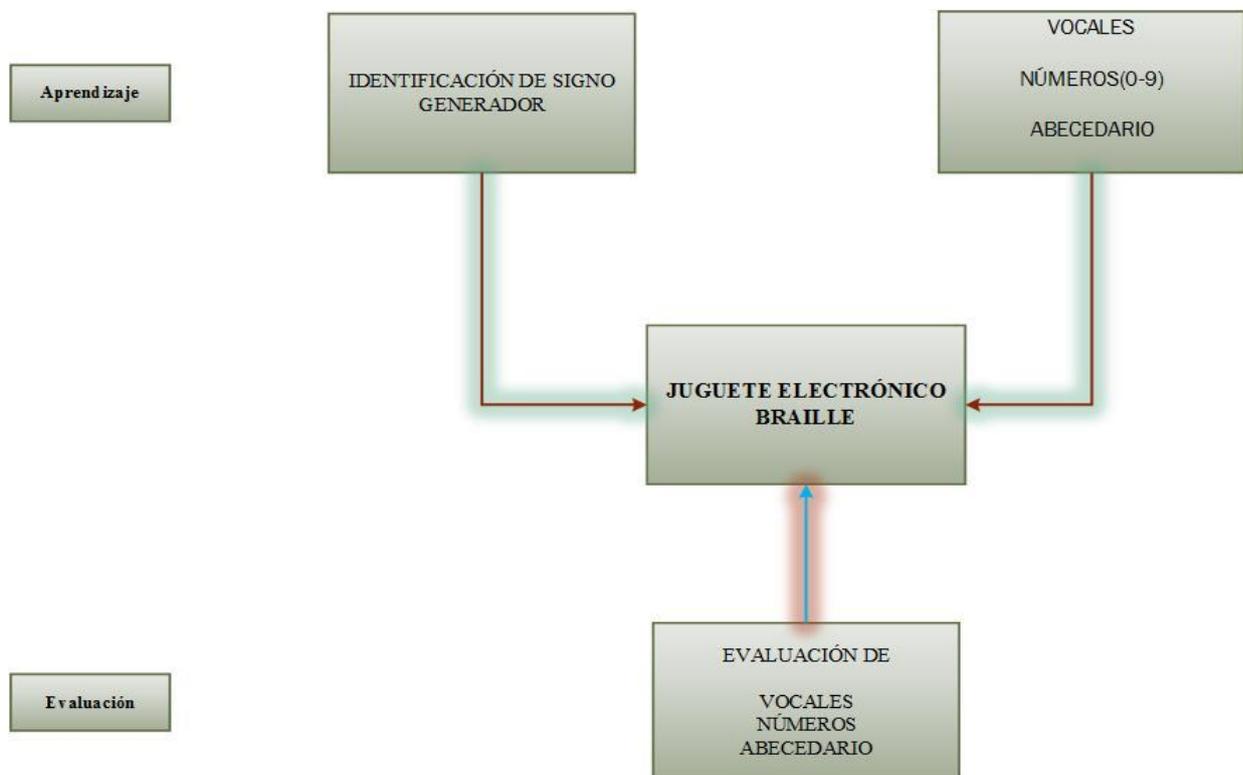


Figura 32. Diagrama inicial de bloques.
Fuente: Criterios de diseño de proyecto.

3.1.1. Aprendizaje

En el bloque Aprendizaje se pretende realizar una instrucción hacia el usuario no vidente, con el fin de que este aprenda las bases necesarias para la lectura braille y en un futuro esto le ayude para que vaya aprendiendo la escritura de manera adecuada y sin complicación alguna.

Se requiere realizar las siguientes actividades:

- Aprendizaje e identificación del signo generador de braille, basado en 6 puntos,
- Aprendizaje e identificación del signo generador para números.
- Aprendizaje e identificación del signo generador para letras mayúsculas.

Continuamente se requiere que aprendan a identificar las puntuaciones braille para vocales, números, abecedario minúsculo y mayúsculo, mediante el juguete didáctico braille.

3.1.2. Evaluación

En el bloque de evaluación que se pretende es evaluar el aprendizaje que el usuario no vidente ha ido adquiriendo mediante el uso del juguete didáctico braille. El proceso de evaluación se realiza de forma práctica usando el material didáctico ya que este tendrá incorporado 3 test con el fin de realizar la evaluación y conocer qué nivel de aprendizaje tiene el estudiante.

En este proceso lo que se realizará es la evaluación para la identificación de signo generador principal, numérico y para letras mayúsculas, seguido por una evaluación individual de aprendizaje adquirido en cuanto a vocales, números y abecedario minúsculo. Hay que tomar en cuenta que la evaluación que el infante realizará será práctica, mientras que el docente tendrá que hacer una evaluación observativa para calificar el aprendizaje adquirido.

3.2. Diagrama de bloques general

Mediante este diagrama de bloques se expresa las fases que tendrán este proyecto y cuáles son los componentes y dispositivos que se usaran para el diseño del prototipo, como se muestra en la Figura 33.

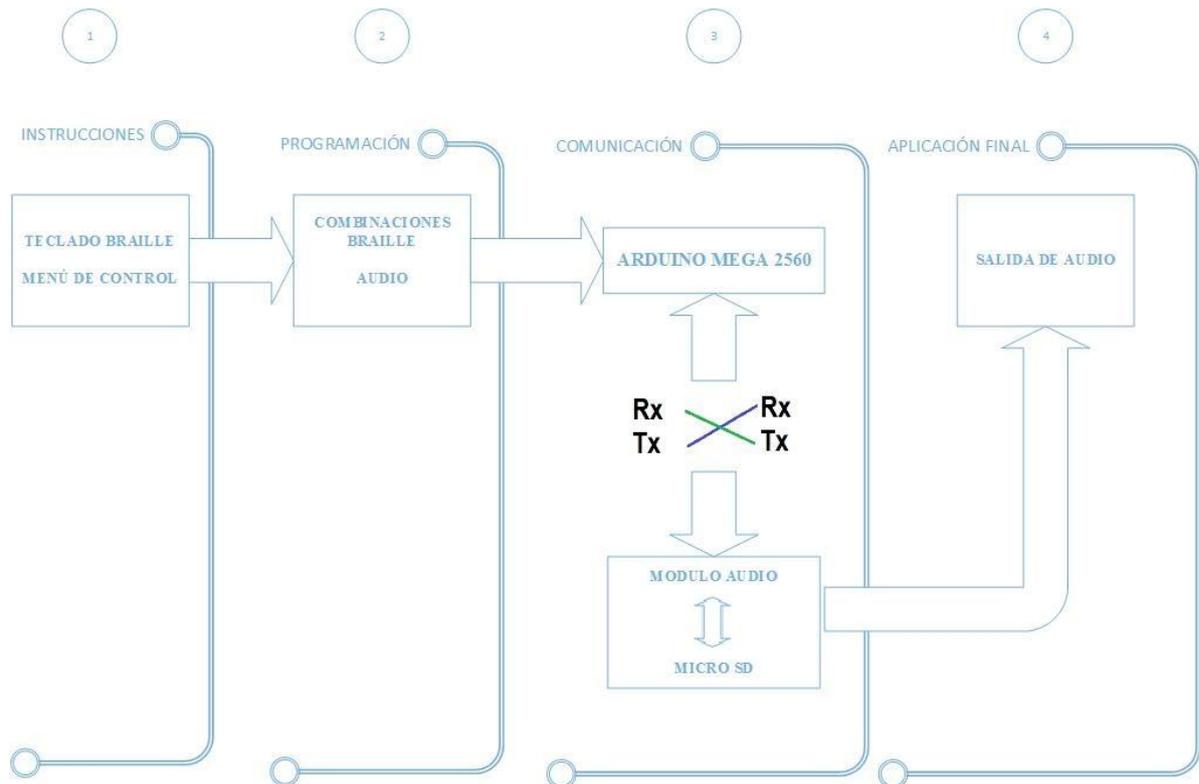


Figura 33. Diagrama de general de bloques.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En cada fase se explica cómo se realizará el diseño, lógica braille, programación, comunicación e interconexión de los dispositivos a usar para la construcción del juguete braille.

3.2.1 Bloque Instrucciones

En este bloque se define las instrucciones para enseñanza y aprendizaje braille, está compuesto de 17 pulsadores, que se distribuirán de la siguiente manera: 10 botones para el teclado braille de los cuales 6 serán destinados para el signo generador braille, 4 para signo generador de letras mayúsculas y números; los 7 botones sobrantes serán para el tablero de control los cuales serán distribuidos para: aprendizaje libre, test de vocales, test para abecedario, test para números, botón de verificación y 2 para control de volumen. Cada uno de estos pulsadores representa instrucciones que el usuario se encarga de enviar,

dependiendo del funcionamiento que vaya a tener el prototipo y la metodología o estrategias que se vaya a usar.

3.2.2. Bloque de Programación

En este bloque se efectúa la lógica del braille, es decir para poder realizar la programación requerida y establecer una comunicación entre los elementos o dispositivos electrónicos que se van a usar para la ejecución de este prototipo. En esta etapa lo que se considera es la Lógica de Programación en la cual las reglas y estructuras se deben cumplir para que el dispositivo a programar interprete las instrucciones de forma correcta. Esta lógica está dirigida a niños de 3 a 7 años por lo que debe ser lo más amigable, fácil y sencilla de entender para los infantes. En este proceso también se realizará la grabación, edición y amplificación de pistas de audio a ser reproducidas mediante el módulo de audio.

Las pistas a reproducirse mediante el módulo de audio, están realizadas en el software Loquendo y amplificadas en el software Cool Edit.

Se cuenta con 105 pistas de audio que se encuentran grabadas en la memoria micro SD que se viene adaptada al módulo de audio.

3.2.3. Bloque de Comunicación

Existe una comunicación mediante instrucciones dadas por los pulsadores hacia el módulo Arduino, a su vez este dispositivo se anuncia mediante comunicación Serial ante el módulo de audio el cual interactúa continuamente con la tarjeta Micro SD que viene incorporada, este dispositivo procesa dichas peticiones las cuales se envían como salidas de audio a unos parlantes externos que poseen un amplificador de audio ya incorporado.

3.2.4. Bloque Aplicación Final

En la aplicación final el juguete electrónico está compuesto de una placa Arduino Mega 2560, un módulo de audio, pulsadores con retención, pulsadores normalmente abiertos, una batería de polímero de litio, parlantes externos, todo esto se encuentra alojado en un cubo de madera, con el fin de proteger los dispositivos electrónicos y la salud del usuario.

3.3. Diseño del hardware del prototipo

Para realizar el diseño del proyecto se hace la selección de la plataforma Open Source, se describió algunas plataformas de Arduino y Raspberry PI de las cuales se elige la más adecuada.

3.3.1. Hardware del proyecto

En el Capítulo II, se describió algunas plataformas de hardware libre tanto pertenecientes a Arduino y Raspberry Pi, en la Tabla 12, se compara las plataformas más aptas para ser usadas en el diseño de esta aplicación, con el fin de elegir la mejor para su ejecución.

Tabla 12.

Comparativa entre Arduino y Raspberry PI.

CARACTERISTICAS	ARDUINO MEGA 2560	RASPBERRY PI B+
Procesador	Atmega 1280	ARM 1176JZF-S /Quad core
Tamaño	68,6 x 53,4 mm	85 x 56 x 17 mm
Memoria RAM	8 KB	512 MB
Memoria Flash	128 KB	-
EEPROM	4KB	-
Velocidad de reloj	16 MHz	700 MHz
Voltaje de entrada	7 - 12 V	5 V
PWM	15 pines	Si
UART	Si	Si
Ethernet	No	Si
SPI	Si	Si

Boot	No	SD / Micro SD
Puertos USB	No	Si
IDE	Libre	S. O Libre
Audio	No	HDMI / Jack
Video	No	RCA / HDMI / Jack
Costo	\$ 40	\$ 35

Fuente: Criterios de diseño del proyecto., Adaptada de: (PE, 2014), (ARDUINO, 2015)

Con la información que se exhibe en la Tabla 12, de acuerdo a las características presentadas se halla como mejor plataforma de uso Raspberry PI B+, debido a que este cuenta con más espacio de memoria tanto RAM como Flash, externamente se puede usar una tarjeta SD para su funcionamiento si así el usuario lo requiere, cuenta con un procesador de mayor capacidad, puertos USB, Ethernet, audio y video. Es una plataforma de uso libre y programación abierta, en si es el sistema embebido más adecuado para trabajar con grandes proyectos sobre el Sistema Operativo Linux.

Por otra parte, Arduino, a pesar de que cuenta con menos espacio de memoria y un procesador más pequeño, es una plataforma flexible la cual se puede usar en cualquier tipo de proyecto de pequeña, mediana y alta capacidad. Aparentemente Raspberry PI denota ser superior a Arduino pero solo es cuando se trata de aplicaciones involucradas con Software, mientras que Arduino presenta una simplicidad mayor en proyectos de Hardware, la capacidad analógica es en tiempo real, IDE más amigable con el usuario, fácil de instalar y manejar, actualmente cuenta con más recursos de aprendizaje a diferencia de la herramienta Raspberry PI que resulta más complejo ya que requiere de una programación avanzada en Linux, sus configuraciones pueden dañarse fácilmente, requiere instalar el Sistema Operativo y no cuenta con una variedad de recursos de aprendizaje, por lo tanto se concluye que la plataforma que se usará para este proyecto será **ARDUINO MEGA 2560**, debido a las especificaciones antes mencionadas.

La distribución de pines de ARDUINO MEGA 2560, se puede observar en el ANEXO “A”.

3.3.2. Pulsadores

Como se analizó en la Capítulo II, hay varios tipos de pulsadores para esta aplicación se ha seleccionado botones con presión o retención ya que estos trabajan con 2 estados y es lo que se necesita para el funcionamiento de este prototipo electrónico.

Actualmente en el mercado existe una variedad de pulsadores con estas especificaciones, por ello, se usa el pulsador que se muestra en la Figura 33, como se puede observar estos pulsadores tienen forma cuadrangular algo que no es óptimo para el aplicativo braille, ya que se requiere que los botones sean circulares.

Para poder solucionar este inconveniente se realizó un diseño circular de material plástico para adaptarlo al pulsador, este diseño tiene una medida de 12 mm de alto en, de los cuales 3 mm son de profundidad en el centro del botón, para adaptarlo con el pulsador como se muestra en la Figura 34.



Figura 34. Diseño pulsador con retención.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Para realizar el diseño del juguete electrónico se da a conocer los siguientes ítems que serán la base para la programación de esta aplicación.

3.3.3. Alfabeto Braille

El alfabeto braille es el medio de comunicación que usan las personas con discapacidad visual, es una herramienta eficaz que permite leer, escribir, incursionar en la educación, cultura e información. El código braille es un sistema que parte de 6 puntos como se observa en la Figura 35.

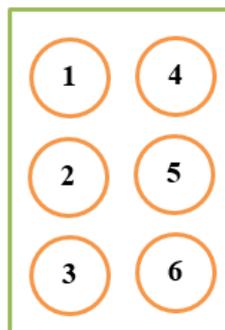


Figura 35. Signo generador código braille
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Estos 6 puntos permiten realizar 64 combinaciones que resultan ser insuficientes para todas las letras, símbolos, números que existen, a continuación, se presenta algunas combinaciones.

3.3.3.1. Vocales

Para las vocales las combinaciones requieren el uso del signo generador mostrado en la Figura 34. A continuación en la Figura 36 se muestra cuáles son las combinaciones para vocales.

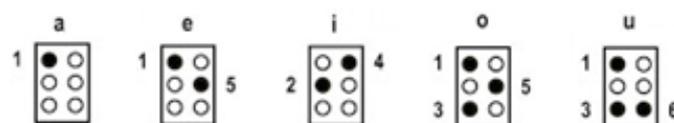


Figura 36. Combinación de puntuaciones para vocales
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Como se observa en la Figura 36, se hace uso únicamente de los 6 puntos del signo Generador, base principal del sistema braille.

3.3.3.2. Números

Para formar los números del 0 al 9 se requiere usar un Signo Generador adicional que se muestra en la Figura 37, como se puede observar este Signo Generador hace uso de los puntos 3, 4, 5 y 6.

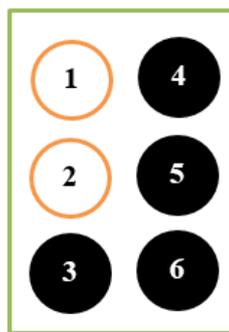


Figura 37. Signo generador para números
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Es una combinación adicional que va seguida por el Signo Generador principal, ver Figura 35, en este caso como son números del 1 al 9 incluido el 0 se usa la combinación de las letras desde la a hasta la j respectivamente, como se muestra en la Figura 38.

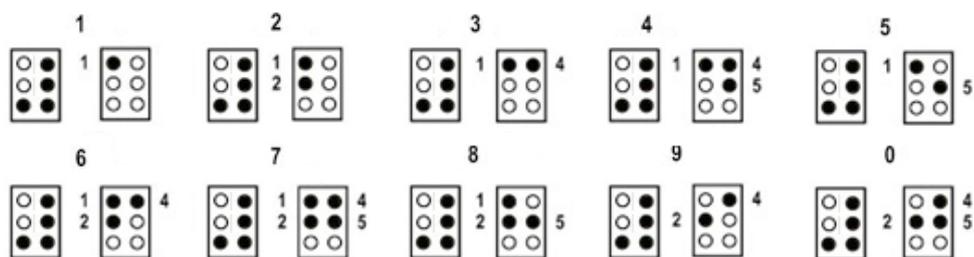


Figura 38. Números del 0 - 9

Fuente: UTN. *Instructor Braille*. Obtenido de: <http://instructorbraille.blogspot.com/p/el-codigo-braille.html>

3.3.3.3. Alfabeto Minúsculo

Para poder identificar las letras del alfabeto minúsculo en la Figura 39 se muestra las combinaciones desde la a hasta la z, que se deben realizar por medio del Signo Generador principal anteriormente mostrado en la Figura 35.

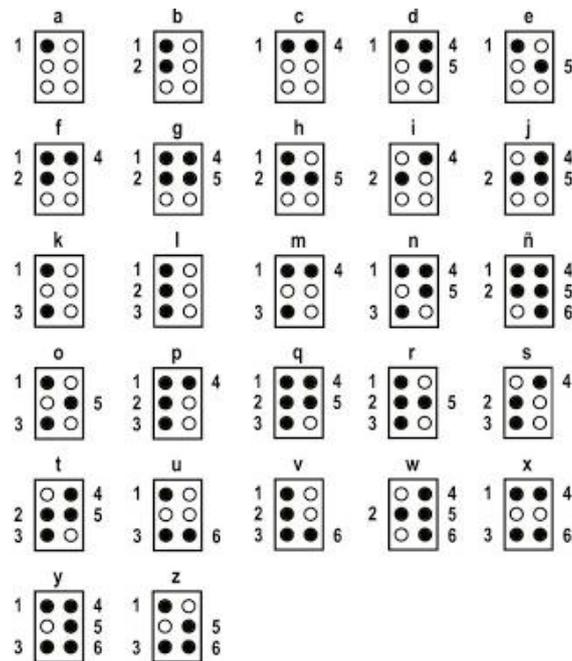


Figura 39. Alfabeto braille minúsculo.

Fuente: UTN. *Instructor Braille*. Obtenido de: <http://instructorbraille.blogspot.com/p/el-codigo-braille.html>

3.3.3.4. Alfabeto Mayúsculo

Para la representación del alfabeto mayúsculo se requiere de un Signo Generador como se muestra en la Figura 40. Se muestra la combinación que se necesita para letras mayúsculas en este caso se usan los puntos 4 y 6.

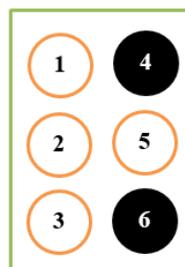


Figura 40. Signo generador para letras Mayúsculas

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

En la Figura 41, se presenta la combinación completa, para el alfabeto mayúsculo, usando el Signo Generador para letras mayúsculas ver la Figura 40 y el Signo Generador principal presentado en la Figura 35.

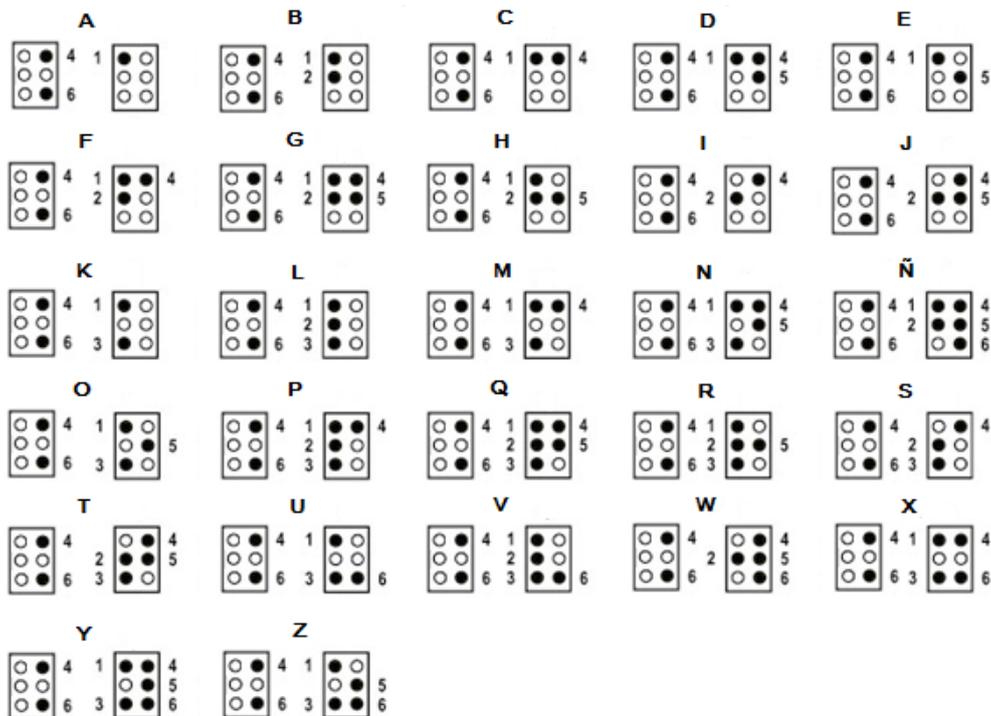


Figura 41. Alfabeto braille Mayúsculo

Fuente: UTN. *Instructor Braille*. Obtenido de: <http://instructorbraille.blogspot.com/p/el-codigo-braille.html>

3.3.3.5. Vocales tildadas

Para las vocales tildadas se presenta la combinación de puntuaciones en la Figura 42, estas combinaciones se realizan usando únicamente el Signo Generador principal, ver Figura 35, es decir no requiere otro signo generador adicional.

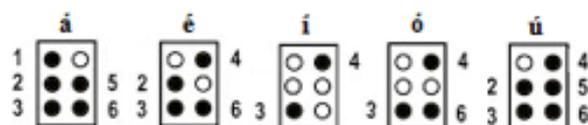


Figura 42. Vocales acentuadas

Fuente: <http://instructorbraille.blogspot.com/p/el-codigo-braille.html>

3.3.3.6. Signos de Puntuación

Para representar los signos de puntuación más básicos se realiza las combinaciones que se observan en la Figura 43, usando el Signo Generador principal mostrado en la Figura 35.

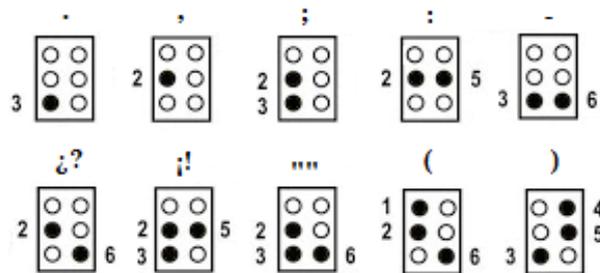


Figura 43. Signos de puntuación.

Fuente: UTN. *Instructor Braille*. Obtenido de: <http://instructorbraille.blogspot.com/p/el-codigo-braille.html>

El juguete didáctico braille contiene vocales tildadas y signos básicos de puntuación estas combinaciones son adicionales para esta aplicación, ya que pueden ser usadas para una enseñanza más avanzada dentro del sistema braille.

3.3.4. Diseño del tablero de puntuaciones para el juguete braille

Para el diseño del tablero de puntuaciones que es una parte del juguete braille se usa 10 pulsadores de los cuales 6 de ellos forman el Signo Generador 2, similar al Signo Generador principal que se observa en la Figura 34. Los 4 pulsadores restantes se los usa como Signo Generador 1 para números y letras mayúsculas de esta manera se simplifica en un solo signo Generador los signos generadores mostrados en las Figuras 37 y 40, como se puede observar en la Figura 44.

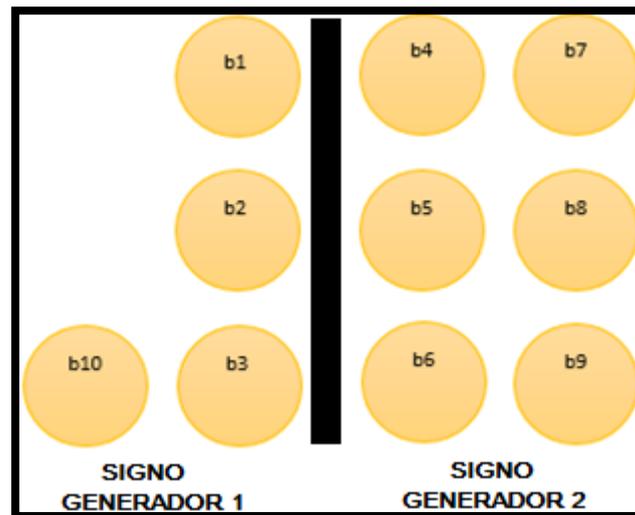


Figura 44. Tablero de puntuaciones braille.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Cada pulsador representa una señal digital, cuyos niveles lógicos se representan como “0” lógico o “1” lógico.

3.3.4.1. Circuito para tablero de puntuaciones del juguete braille.

Para el diseño del circuito se realiza una conexión de 10 pulsadores, como se puede observar en la Figura 43 se utiliza el Signo Generador 2 así como también el Signo Generador 1. En la Figura 45 se observa el circuito del tablero de puntuaciones braille.

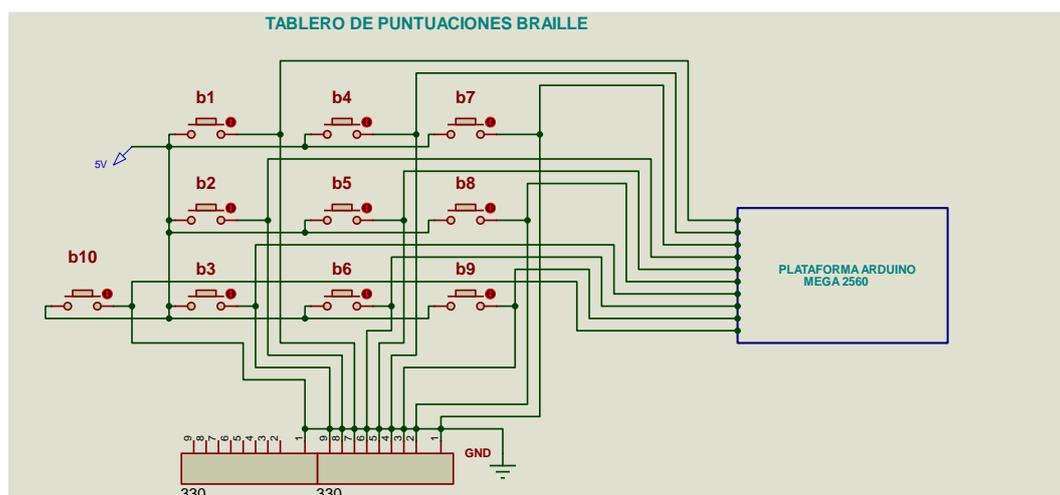


Figura 45. Esquema de conexión Plataforma Arduino y Pulsadores.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Todos los pulsadores están conectados en configuración Pull-down y con una conexión directa al módulo Arduino. Al presionar un botón este emite una señal de voltaje al módulo Arduino, la cual será interpretada como un “0” lógico si el valor del voltaje esta entre 0V a 0,8V, lo cual no permitirá enviar ningún tipo de información, pero si el valor del voltaje se encuentra entre 2,5 V a 5V este se interpreta con un “1” lógico y permitirá el funcionamiento del módulo. Desde el botón b1 hasta el botón b6 simbolizan el Signo Generador 2, ver Figura 44, tablero que se usará para combinaciones braille de letras minúsculas, vocales, vocales tildadas y signos de puntuación, mientras que los botones b7, b8, b9 y b10 representan el signo Generador 1, ver Figura 44, botones que usan como un complemento adicional al Signo Generador 1 para la combinación braille de letras mayúsculas y números del 0 al 9.

Los botones b1, b2, b3 y b10 representan el signo Generador 1 que se muestra en la Figura 43, así como también representa las Figuras 37 y 40.

Los botones b4, b5, b6, b7, b8 y b9 representan el Signo Generador 2 que se muestra en la Figura 44, así como también representan a la Figura 35.

3.3.5. Diseño del tablero de control del juguete braille.

Para el diseño del tablero de control del juguete braille se usa 7 pulsadores como se muestra en la Figura 46.



Figura 46. Tablero de control.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Estos botones se distribuyen de la siguiente manera:

- Botón para Modo Aprendizaje

Al presionar este botón se emite un audio que dice modo aprendizaje, método en el cual el usuario puede aprender vocales, números, abecedario mayúsculo, minúsculo, vocales tildadas, signos de puntuación usando diferentes combinaciones braille. Por ejemplo, si se presiona el botón 1 y el botón 2 de la Figura 35, se emite un audio que representara que botón se ha presionado seguidamente se presiona el botón ENTER y enseguida se emitirá un audio el cual indicará que letra se ha realizado, en caso de que las combinaciones de los botones no sean correctas no se emitirá ningún audio.

- Botón para test de vocales

Al presionar este botón se emite una señal de audio que dice vocales, Seguidamente se presiona el botón ENTER el cual emitirá otra señal de audio que pide la vocal que se debe

combinar, el usuario debe realizar las combinaciones de los botones y presionar el botón ENTER nuevamente el cual emitirá un audio que dirá si es correcta o no la combinación realizada. Este método práctico permite al usuario realizar las combinaciones de vocales de forma ordenada desde la a hasta la u.

- Botón para abecedario

Al presionar este botón se emite un audio que dice abecedario, seguidamente el usuario debe presionar el botón ENTER para que se emita otro audio en el cual se pide que letra debe combinarse mediante los 6 puntos braille, ya realizadas las combinaciones necesarias se presiona nuevamente el botón ENTER para verificar si la combinación es correcta o no. Este método es para el abecedario minúsculo el proceso es aleatorio.

- Botón para números

Al presionar este botón se emitirá un audio que dice números, el usuario enseguida debe presionar el botón ENTER que emitirá otro audio el cual pedirá el número a combinar mediante los 6 puntos braille ya realizadas las combinaciones necesarias se presiona el botón ENTER que verifica si las combinaciones son correctas o no.

- Botón ENTER

Para cualquiera de las modalidades de funcionamiento del juguete se usa el botón ENTER, este botón permite verificar las combinaciones que se realice para cualquier letra, carácter o número.

3.3.5.1.Circuito para el tablero de control del juguete braille.

Se presenta en la Figura 47, el circuito del tablero de control diseñado para el prototipo, son 7 pulsadores normalmente abiertos que se hallan configurados como pull– down.

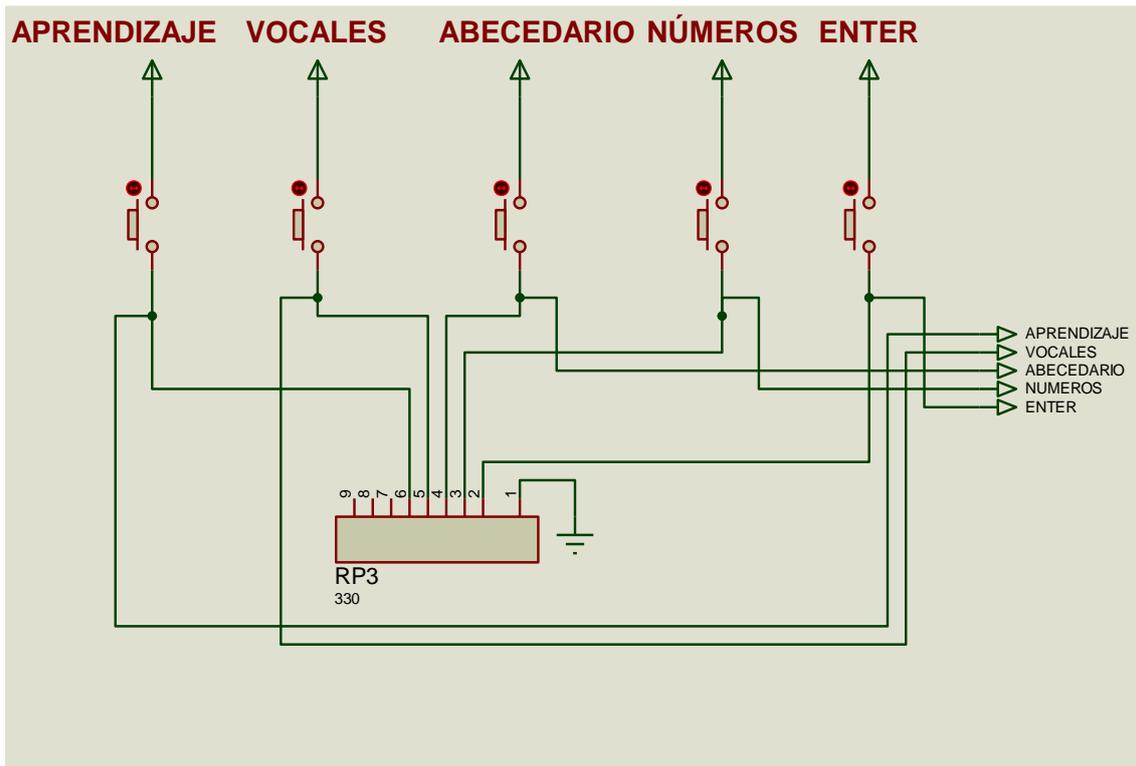


Figura 47. Esquema de conexión Plataforma Arduino y Tablero de control.

Fuente: criterios de diseño del proyecto.

En el diseño de circuito se exhibe las modalidades de funcionamiento del prototipo, así como también se puede observar el botón ENTER y los botones para control de volumen.

3.3.6. Módulo de audio

La aplicación requiere de un sistema de audio, en el Capítulo II se tomó en consideración tres módulos de audio de los cuales se hace la selección de uno de ellos para la elaboración de este prototipo. De acuerdo con las características presentadas para cada módulo se concluye lo siguiente:

El módulo Mp3 DFPLAYER mini, es un módulo de audio adecuado para la ejecución de esta aplicación, ya que cuenta con un mayor número de pines, bajo costo, tamaño y capacidad ideal, sobre todo es apto y compatible con las plataformas Arduino,

actualmente se encuentra vigente en el mercado además de que soporta una SD de hasta 32GB. En la Figura 48, se muestra el número de pines que posee este módulo.

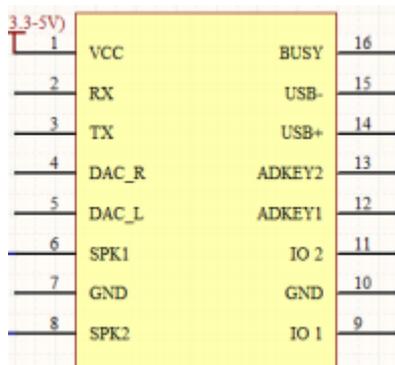


Figura 48. Diagrama de pines Módulo MP3.

Fuente: picaxe. (Sf). *DATASHEET. DFPlayer Mini*. Obtenido de: <http://www.picaxe.com/docs/spe033.pdf>

La descripción de cada uno de los pines que posee el módulo Mp3 DFPlayer Mini se muestra a continuación en la Tabla 13.

Tabla 13.

Descripción y función de los pines, módulo Mp3 DFPlayer Mini.

PIN	SYS	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1	VCC	Voltaje de alimentación	Alimentación de entrada
2	RX	Recepción	Recepción de datos
3	TX	Transmisión	Transmisión de datos
4	DAC_R	Canal de audio izquierdo	Salida de audio PWM al altavoz.
5	DAC_L	Canal de audio derecho	Salida de audio PWM al altavoz.
6	SPK2	Speaker +	Salida de audio +
7	GND	Ground	Puesta a tierra
8	SPK1	Speaker-	Salida de audio -
9	IO1	Trigger puerto 1	Trigger segmento 1
10	GND	Ground	Puesta a tierra
11	IO2	Trigger puerto 2	Trigger segmento 2
12	ADKEY1	Ad puerto 1	Volumen decreciente/pista previa
13	ADKEY2	Ad puerto 2	Volumen incrementa/siguiente pista
14	USB+	USB+ DP	Puerto USB
15	USB-	USB- DM	Puerto USB
16	BUSY	Playing status	Señal Busy

Fuente: datasheets. (2014). *eemarte. Datasheet MWT020-SD-20S MODULE*. Obtenido de: <https://goo.gl/4GzRkk>.

Este módulo de audio mp3, requiere de un parlante o un par de parlantes para su funcionamiento, por tal situación se ha decidido utilizar un par de parlantes para PC que

posea una potencia máxima de 3Watts, para poder obtener un audio de mejor calidad y así cumplir con el requerimiento del fabricante del módulo DF Player mini.

3.3.6.1. Circuito de conexión con el módulo mp3.

Lo que se observa en la Figura 49, es como se realizará las conexiones electrónicas entre los dispositivos, en primera instancia se tiene el diagrama de conexión entre la plataforma Arduino Mega 2560 y el módulo MP3 DFPlayer Mini.

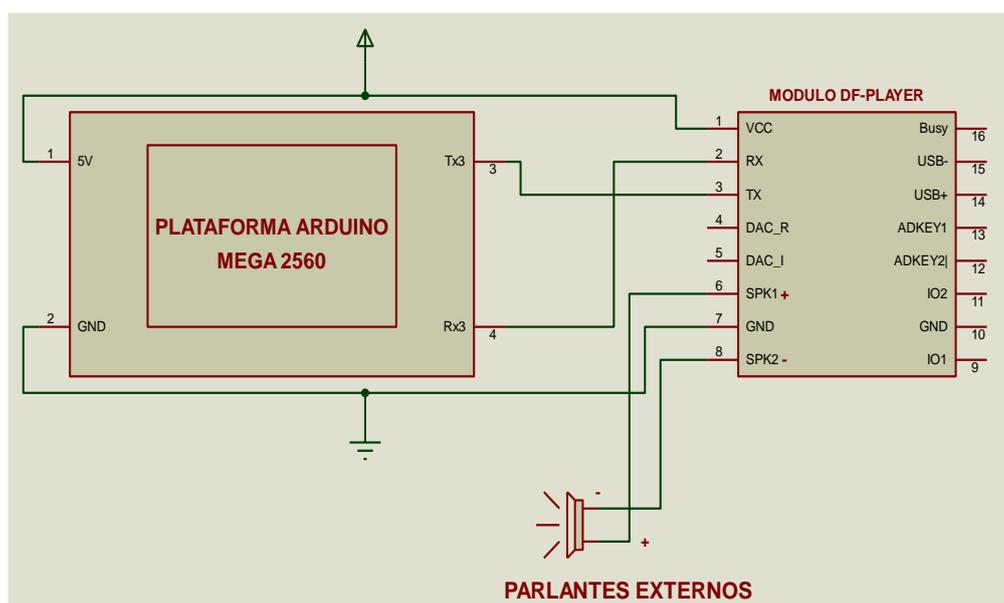


Figura 49. Esquema de Plataforma Arduino y módulo MP3.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

La comunicación entre estos dos dispositivos es mediante comunicación serial, sin dejar de mencionar que es una comunicación half dúplex.

3.3.7. Circuito de conexión

En la Figura 50 se presenta el circuito de conexión de todos los componentes.

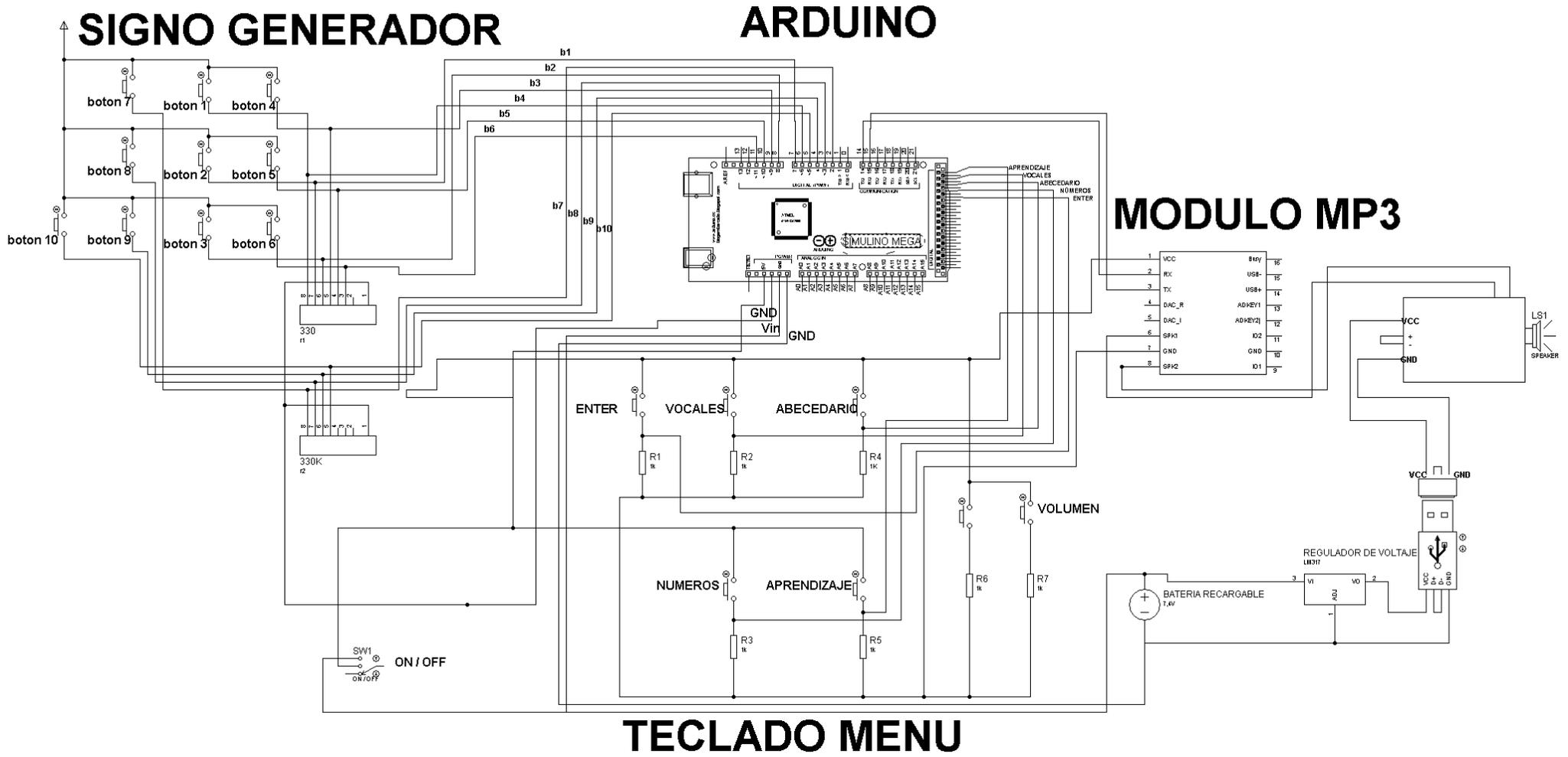


Figura 50. Esquema del diagrama de conexión.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.4. Software del prototipo

Se realiza varias tablas para las combinaciones braille, las cuales se presentan a continuación, estas combinaciones se realizan en base a los 10 pulsadores tanto para el Signo Generador principal como para el Signo Generador de números y letras mayúsculas.

3.4.1. Combinación de bits para alfabeto minúsculo

En la Tabla 14, se presenta la combinación de bits que se han realizado para el abecedario minúsculo.

Tabla 14.

Combinación de bits para alfabeto minúsculo.

Letra	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10
a	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
b	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
c	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
d	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
e	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
f	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
g	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
h	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
i	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
j	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
k	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
l	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
m	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
n	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
ñ	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
o	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
p	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
q	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
r	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
s	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
t	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
u	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
v	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
w	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
x	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
y	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
z	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Para realizar esta tabla de combinaciones se usan únicamente los 6 puntos básicos del Signo Generador 2 mostrado en la Figura 44, en este caso se toma desde el punto b4 al b9, como las combinaciones son binarias tendrá un valor entre “0” lógico y “1” lógico, mientras que los puntos b1, b2, b3 y b10 tendrán obligatoriamente un valor de “0” lógico.

Por ejemplo, para la letra b minúscula los puntos b4 y b5 tendrán un valor de “1” lógico y los puntos b1, b2, b3, b6, b7, b8, b9, b10 tendrán un valor de “0” lógico.

Se muestra en la Figura 51 un ejemplo del diagrama de flujo y en la Figura 52 un ejemplo de la programación que se ha realizado para el diseño del prototipo electrónico.

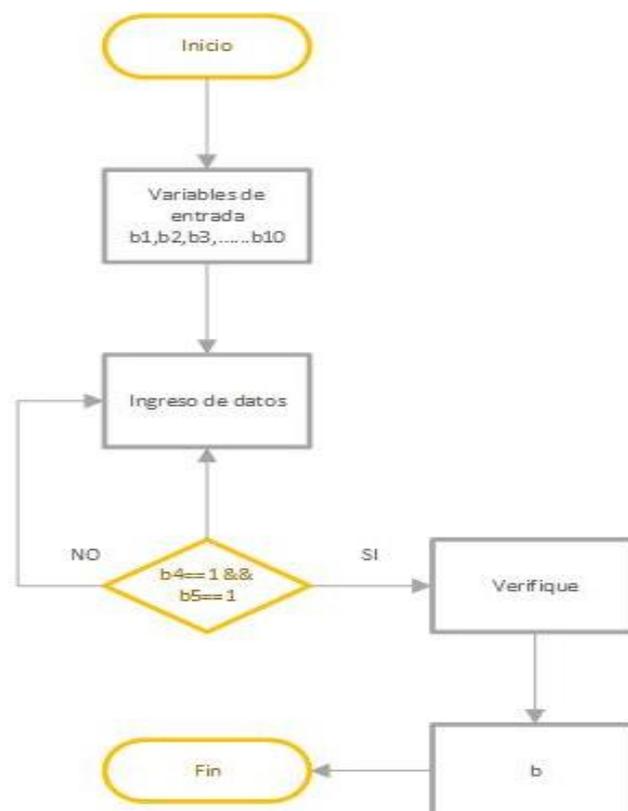


Figura 51. Diagrama de flujo para letras minúsculas.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Ejemplo para la letra b minúscula	
If (a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 && j==0)	Comparación de bits
{	
if (enter1 == HIGH)	Verificación 1L
{	
mp3_play (2);	Reproducción de pista
delay (2000);	Tiempo de retardo
}	
}	

Figura 52. Ejemplo de programación para letras minúsculas

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

3.4.2. Combinación de bits para alfabeto mayúsculo

En la Tabla 15 se presenta la combinación de bits, que se realizó para las letras del alfabeto mayúsculo, en este proceso se usa el Signo Generador 1 para letras mayúsculas y números además del Signo Generador 2 mostrado en la Figura 44.

Tabla 15.

Combinación de bits letras mayúsculas.

Letra	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10
A	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
B	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
C	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
D	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
E	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
F	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0
G	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
H	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
I	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
J	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
K	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
L	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
M	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
N	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0
Ñ	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
O	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0

P	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Q	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
R	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
S	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
T	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
U	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
V	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
W	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
X	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
Y	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
Z	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Para realizar la combinación del abecedario mayúsculo los puntos b1 y b3 tendrán el valor de 1 lógico y las puntuaciones b4 al b9 tendrán valores variables entre 0 y 1 lógico dependiendo que letra se desea realizar. Se muestra en la Figura 53 un ejemplo del diagrama de flujo y en la Figura 54 un ejemplo de la programación para el diseño de este prototipo.

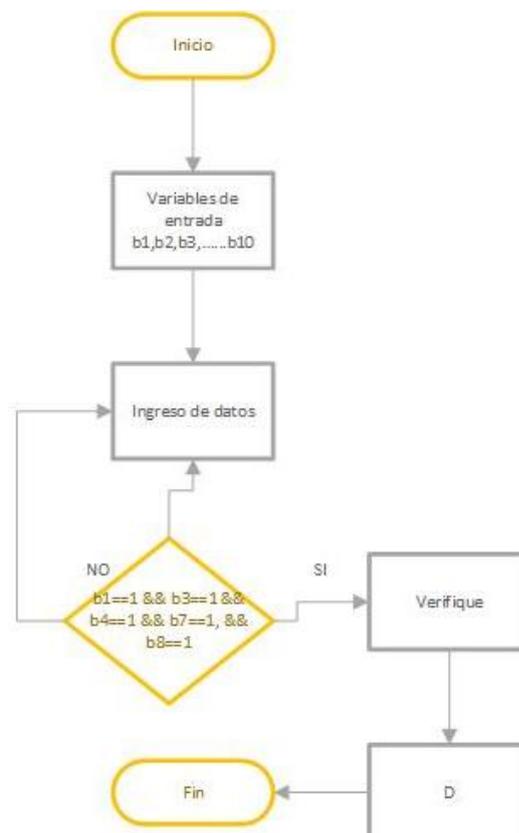


Figura 53. Diagrama de flujo para letras mayúsculas.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Ejemplo para la letra D	
if (a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 && j==0)	Comparación de bits
{	
if (enter1 == HIGH)	Verificación en 1L
{	
mp3_play (55);	Reproducción de pista
delay (2000);	Tiempo de retardo
}	
}	

Figura 54. Ejemplo de la programación para letras mayúsculas.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

3.4.4. Combinación de bits para vocales y vocales tildadas

En la Tabla 16 se muestra las combinaciones realizadas para las vocales normales y vocales tildadas.

Tabla 16.

Combinación de bits para las vocales y vocales tildadas.

Vocal	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10
a	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
e	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
i	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
o	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
u	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
á	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
é	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
í	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
ó	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
ú	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Tanto para vocales normales como para vocales tildadas se usa solo los 6 puntos básicos del Signo Generador 2 mostrado en la Figura 44. A continuación en la Figura 55 y Figura 56 se observa el ejemplo del diagrama de flujo y de la programación respectivamente.

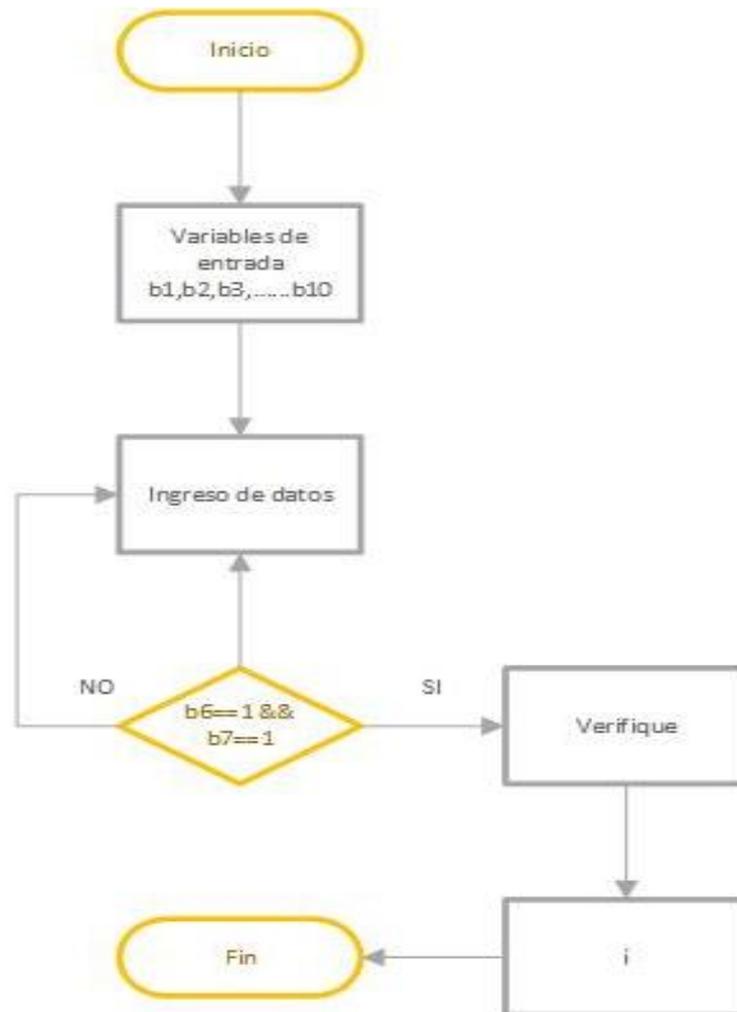


Figura 55. Diagrama de flujo para vocales y vocales tildadas.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

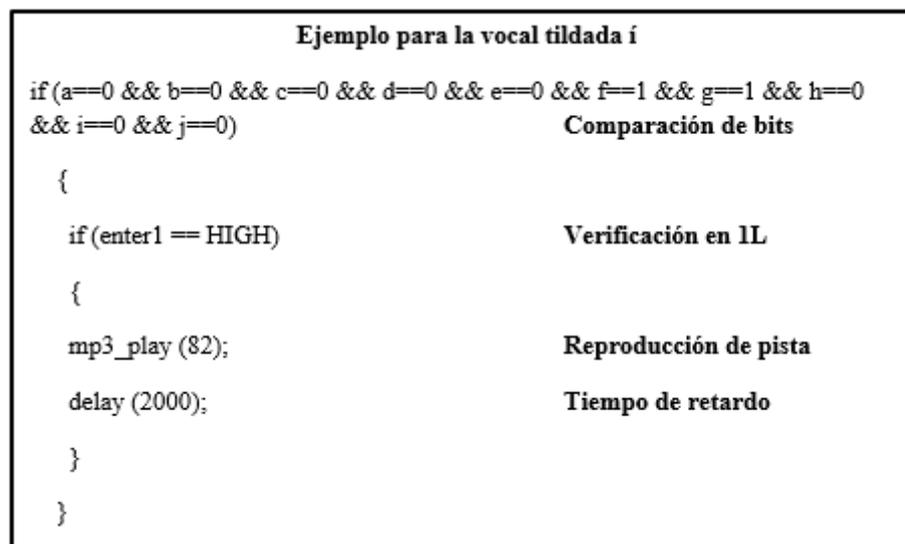


Figura 56. Ejemplo de la programación para vocales y vocales tildadas.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.4.5. Combinación de bits para números

En la Tabla 17 se presenta la combinación de bits para la representación de números del 0 al 9, en esta fase se utiliza el Signo Generador 1 para números y mayúsculas además del Signo Generador 2 presentado en la Figura 44.

Tabla 17.

Combinación de bits para números

Número	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
4	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1
5	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
6	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
7	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
8	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
9	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Para realizar la combinación de números las cuatro puntuaciones adicionales llevan el valor de 1 lógico, mientras que las seis puntuaciones básicas varían su valor entre 0 y 1 lógico. En las Figuras 57 y 58 se presenta un ejemplo del diagrama de flujo y de la programación realizada respectivamente.

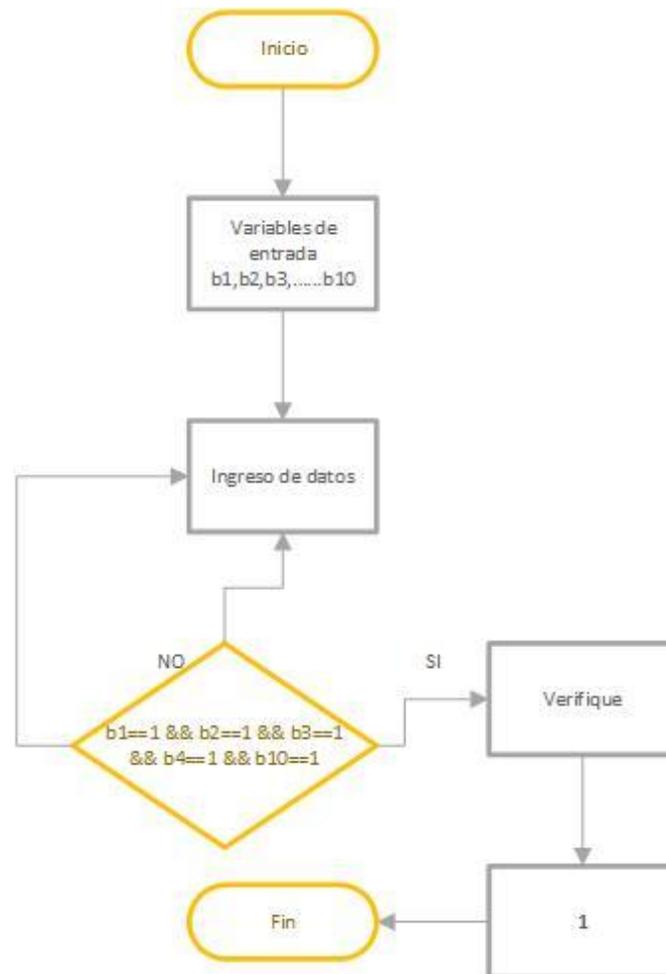


Figura 57. Diagrama de flujo para números.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Ejemplo para el número 1

```
if (a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==0 &&
i==0 && j==1)
```

Comparación de bits

```
{
```

```
  if (enter1 == HIGH)
```

Verificación en 1L

```
  {
```

```
    mp3_play (27);
```

Reproducción de pista

```
    delay (2000);
```

Tiempo de retardo

```
  }
```

```
}
```

Figura 58. Ejemplo de la programación para números
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.4.6. Combinación de bits para signos de puntuación

En Tabla 18 se representan las combinaciones de bits que se usan para los signos de puntuación básicos.

Tabla 18.

Combinación de bits para signos de puntuación.

Signo	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10
.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
,	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
;	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
:	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
¿	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
?	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
!	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
“	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
”	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
(0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
)	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Para estas combinaciones solo se usan los 6 puntos básicos de braille presentados en la Figura 44, en la Figura 59 se observa un ejemplo del diagrama de flujo y en la Figura 60 se ve un ejemplo de la programación.

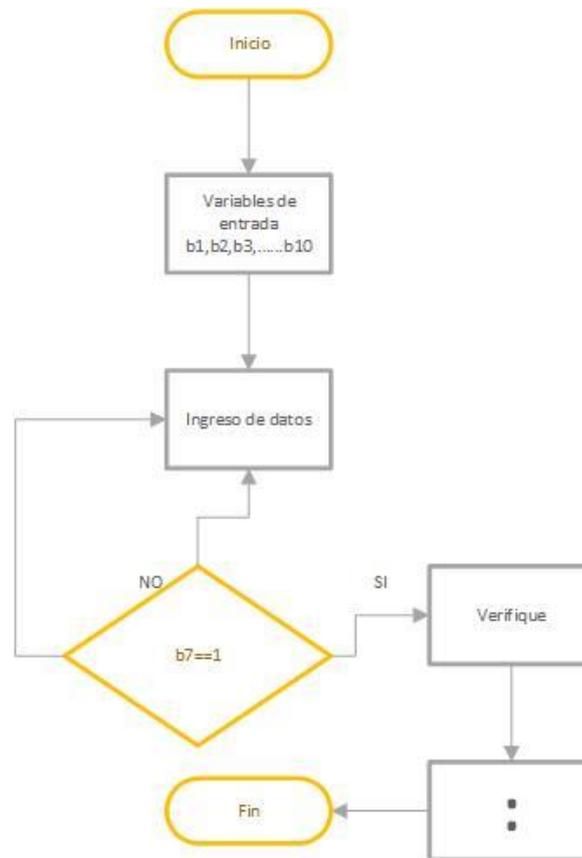


Figura 59. Diagrama de flujo para signos de puntuación.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Ejemplo para el signo de puntuación (dos puntos :)

```

if (a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==0 && h==1
&& i==0 && j==0)
    {
        if (enter1 == HIGH)
            {
                mp3_play (47);
                delay (2000);
            }
    }
  
```

Comparación de bits

Verificación en IL

Reproducción de pista

Tiempo de retardo

Figura 60. Ejemplo de la programación para signos de puntuación.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Como se observa en cada una de las tablas presentadas para realizar el diseño del juguete electrónico se ha planteado una lógica braille basada en los 6 puntos principales

del signo generador, ver Figura 35. En el ANEXO “B” se muestra la programación que se efectuó para esta metodología.

La programación que se realizó es similar para todas las combinaciones simplemente los valores de las variables varían entre “0” y “1” lógico dependiendo de qué combinación se requiera y para qué carácter, letra o número.

3.4.7. Generación de pistas de audio

En esta etapa se realiza la grabación y amplificación de pistas de audio para mensajes de saludo, selección de modalidades, combinaciones braille de vocales, abecedario, números, con la finalidad de obtener un audio entendible y amigable con el usuario, las pistas de audio son realizadas en formato .mp3 y guardadas en una tarjeta micro SD de 2GB que se encuentra insertada en el módulo Mp3.

Para la grabación del audio lo que se realizó fue una introducción de texto en el software Loquendo, como se muestra en la Figura 61.

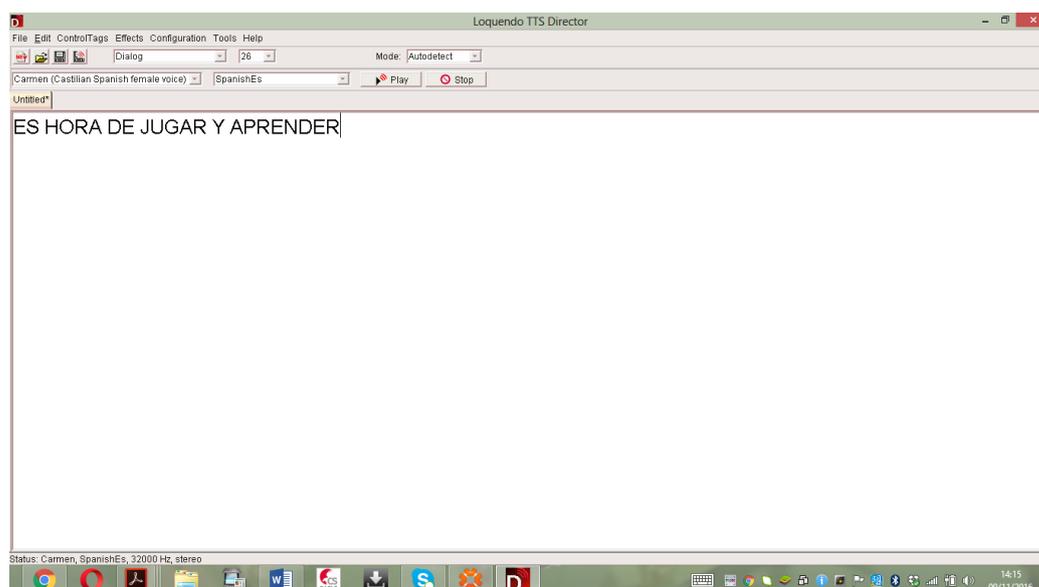


Figura 61. Interpretación de texto en audio.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Este programa permite interpretar cualquier tipo de texto o carácter en audio, en la Figura 61 se muestra un ejemplo de cómo se realizó las pistas de audio. Este programa solo admite grabar el audio en formato .wav, permite seleccionar la frecuencia de muestreo, un tipo de voz, lenguaje y otro tipo de efectos. En la Figura 62 se muestra un ejemplo de cómo guardar el archivo de audio.



Figura 62. Formato de audio software Loquendo.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

En la Figura 63, se presenta mediante el software Cool Edit Pro un ejemplo de cómo se observan las pistas de audio grabadas en el programa Loquendo

Luego de este proceso se realiza la amplificación de todas las pistas grabadas, esto se realiza mediante el software Cool Edit, programa que permite amplificar sonido, realizar recortes de pista, seleccionar frecuencia de muestreo, canales, resolución, entre otros aspectos.

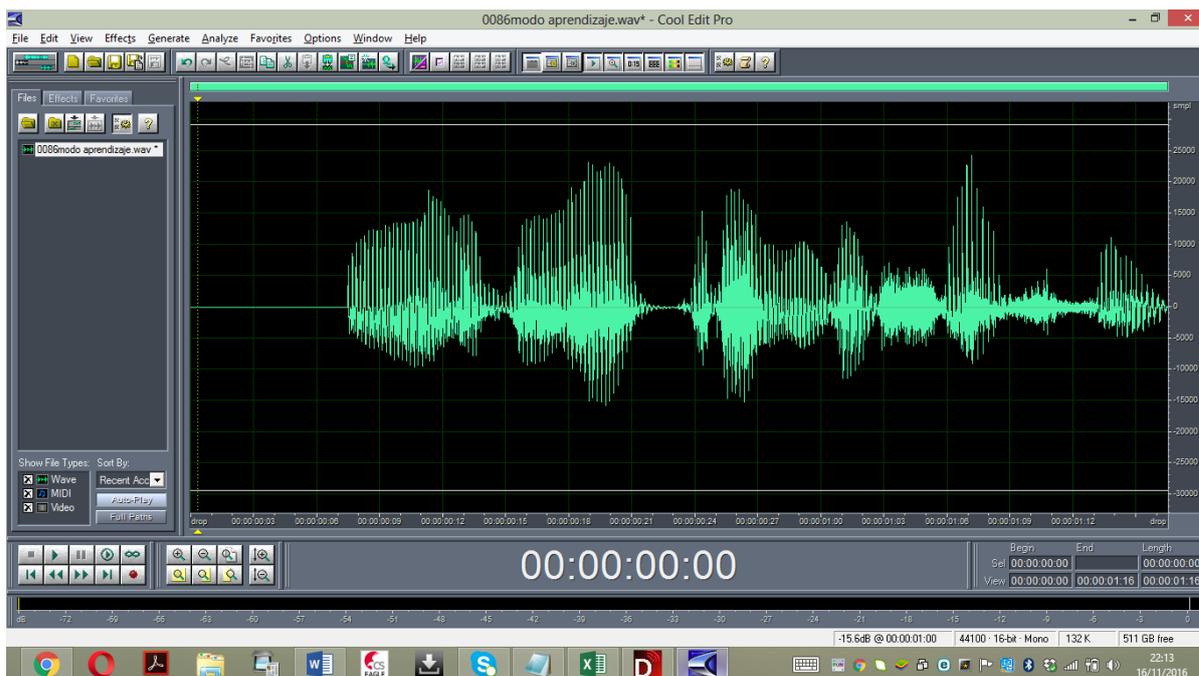


Figura 63. Pistas de audio programa Cool Edit.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Cada una de las pistas se amplificó y se guardó en formato .mp3 para poder ser almacenadas en la tarjeta micro SD que se encuentra insertada en el módulo de sonido DF Player mini. En el “ANEXO C”, se puede observar el número de pistas que se han grabado y el nombre que lleva cada una de las mismas.

3.4.8. Diagrama de flujo

Como ya se había mencionado anteriormente este juguete tiene dos modalidades que se explican en la Tabla 19.

Tabla 19.

Modalidades de trabajo.

MODALIDADES	CONTENIDO
Aprendizaje libre	Mediante esta modalidad el estudiante no vidente puede aprender y memorizar todo lo que engloba el alfabeto braille como son: vocales normales, vocales tildadas, números, abecedario y signos de puntuación.

Evaluación o Test	Esta modalidad ha sido creada con el fin de evaluar el aprendizaje que el estudiante ha obtenido, este método se divide en 3 fases como son: <ol style="list-style-type: none">1. Test vocales2. Test Abecedario3. Test Números
-------------------	---

Fuente: Criterios de diseño del Proyecto.

En la Figura 64 se observa el diagrama de flujo que generalmente explica cómo se realiza el proceso para la ejecución del juguete braille. La Tabla 19 presenta un breve resumen de las modalidades que este aplicativo contiene para la enseñanza – aprendizaje braille.

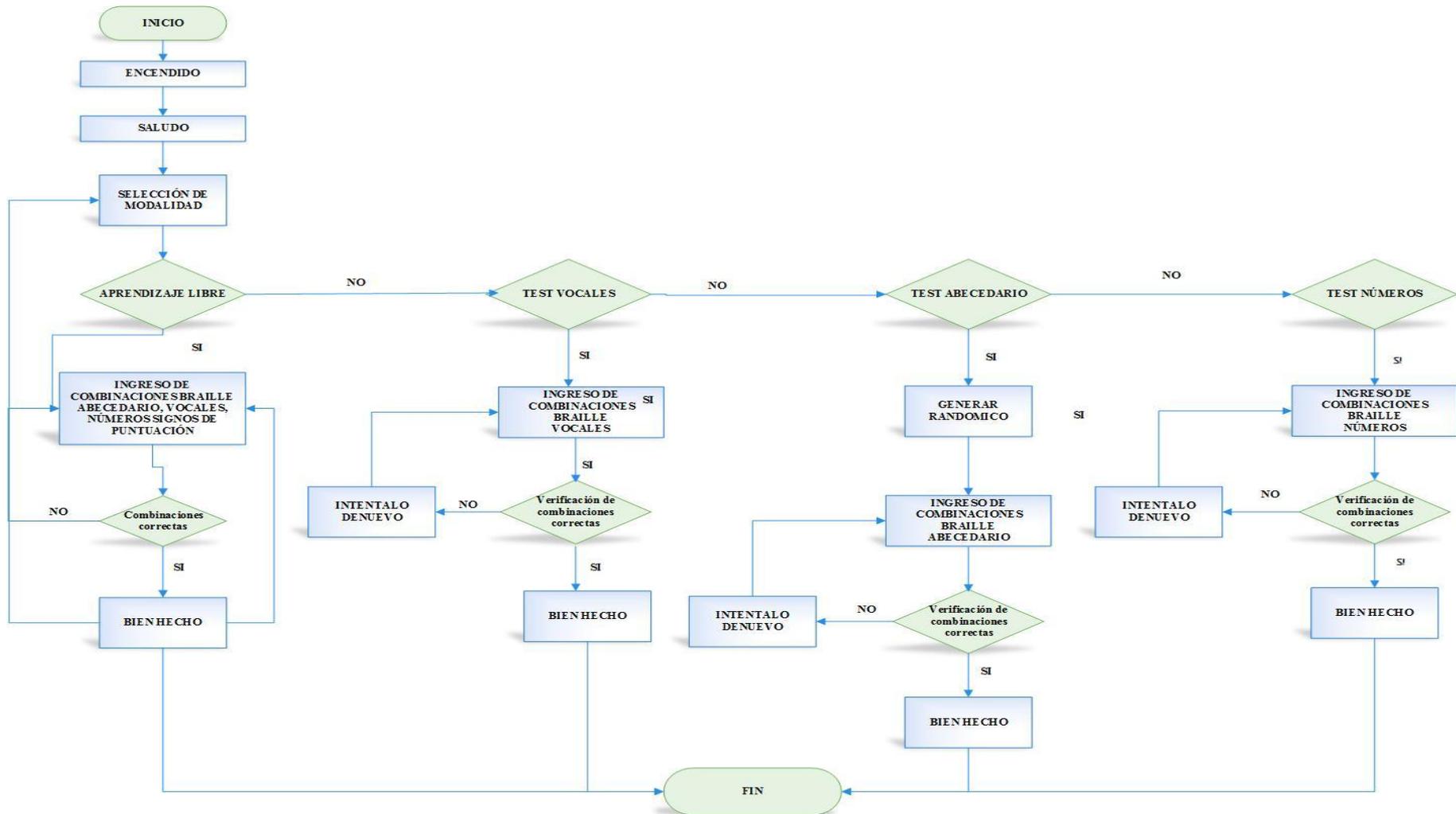


Figura 64. Diagrama de flujo.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.5. Pruebas de Funcionamiento

El circuito se lo ha ensamblado en un tablero protoboard para poder realizar las pruebas de funcionamiento, con las cuales se ha ido comprobando las combinaciones de bits sugeridas en las Tablas 14, 15, 16, 17 y 18. Como se presenta en el Figura 65.

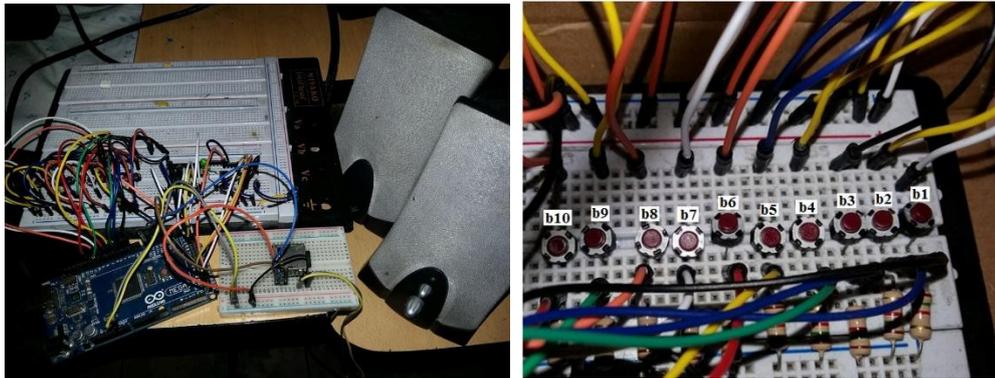


Figura 65. Circuito armado en Protoboard.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

El circuito esta armado con los componentes principales como son Arduino Mega 2560, módulo mp3 DFPlayer Mini, parlantes y pulsadores, los cuales permitirán comprobar el funcionamiento del juguete braille.

La Tabla 20 indica los parámetros que han sido evaluados con las pruebas de funcionamiento.

Tabla 20.

Pruebas iniciales de funcionamiento del prototipo.

PARAMETROS EVALUADOS	CUMPLIMIENTO (SI/NO)
Saludo Inicial	SI
Control de volumen	SI
Lectura de puntuaciones mediante el módulo Mp3	SI
Selección de modalidad de Aprendizaje libre	SI
Selección modalidad test vocales	SI
Selección modalidad test abecedario	SI
Selección modalidad test numérico	SI

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Con las pruebas ya realizadas se ha llegado a la conclusión de que no se presenta ningún tipo de error, cabe mencionar que este modelo no es el definitivo, ya que está sujeto a más cambios y requiere de otros materiales que aún no se encuentran incorporados, los cuales admitirán mejorar la apariencia interna y externa del prototipo de manera que sea didáctico para los usuarios que harán uso del mismo. Con las primeras pruebas de funcionamiento realizadas el siguiente paso a seguir es la selección del material que formará parte del diseño del prototipo.

3.4.1. Material para diseño del juguete.

Para seleccionar el material que se usara para la fabricación de este prototipo se toma en consideración algunos factores que pueden resultar ambiguos ya que depende del gusto y criterio de la persona, hoy en día existen juguetes de plástico, metal o madera; Algunos de estos materiales son más acogidos que otros, todo depende del propósito del juguete, funcionalidades y de las razones de los usuarios. En la Tabla 21, presenta varios tipos de materiales y sus características de los cuales se hará una selección adecuada para el diseño de esta aplicación.

Tabla 21.

Comparativa de Materiales.

CARACTERÍSTICAS	MADERA	PLÁSTICO	METAL
Componente	Natural	Químico sintético	Químico natural
Conductividad eléctrica	Baja (aislante)	Baja (aislante)	Alta (conductor)
Potencial de interferencia	Bajo	Bajo	Alto
Resistencia	Alta	Media	Alta
Flexibilidad	Media (depende del grosor)	Alta (depende del compuesto)	Alta (depende del compuesto)
Durabilidad	Alta	Media	Alta
Elasticidad	Baja	Media	Baja
Costo de procesamiento	Bajo	Medio	Alto

Fuente: Cartagena, Eduardo. (2016). "JUGUETE ELECTRÓNICO DIDÁCTICO, COMO ELEMENTO DE APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE PROGRAMACIÓN A NIÑOS Y NIÑAS DE 4 A 7 AÑOS". p86

Para el diseño de este prototipo se optó por elegir la madera como material principal ya que de acuerdo a sus características es un buen aislante térmico y eléctrico, es resistente a golpes, tiene un alto nivel de duración es un excelente material para conducción acústica y especialmente tiene bajo costo, lo que hace de este material el más óptimo y adecuado para los infantes.

Una vez seleccionado los componentes para el desarrollo del juguete, realizada la programación de acuerdo a la lógica braille planteada y el diseño de los circuitos se procede a inicializar la conexión de dispositivos en protoboard.

3.4.2. Diseño de la estructura interna y externa del proyecto.

Se realizó el diseño de la parte exterior e interior del juguete electrónico, consiste en dos cajas de diferente tamaño, uno de las cajas.

En la Figura 66 se muestra la caja que tiene forma rectangular con medidas de 220 mm de ancho y 170 mm de largo.

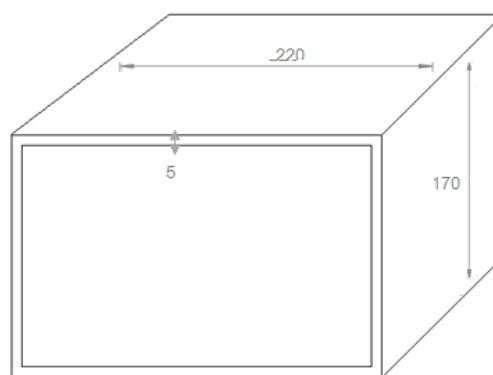


Figura 66. Modelo de la caja exterior del juguete braille.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

La segunda caja es un cubo con medidas de 160 mm de largo y 160 mm de ancho, el cual está formado de 3 partes una caja y dos tapas que se colocaran en la parte frontal del

cubo. En la parte interna de la caja se colocarán los demás componentes electrónicos, con el fin de mantener seguros estos materiales. Este diseño se observa en la Figura 67.

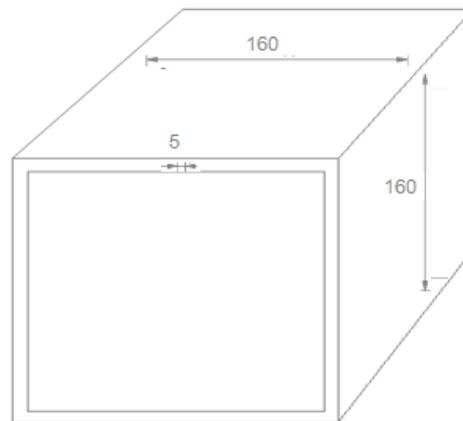


Figura 67. Cubo interno del juguete braille
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

El cubo es de la misma medida para los 4 lados, a este se adhieren dos cubiertas frontales y en el exterior de la parte de atrás se añade el circuito que permitirá el funcionamiento del juguete.

En una de las cubiertas se van a ensamblar los 10 pulsadores que se van a usar para el tablero del signo generador de braille, como se ve en la Figura 68.

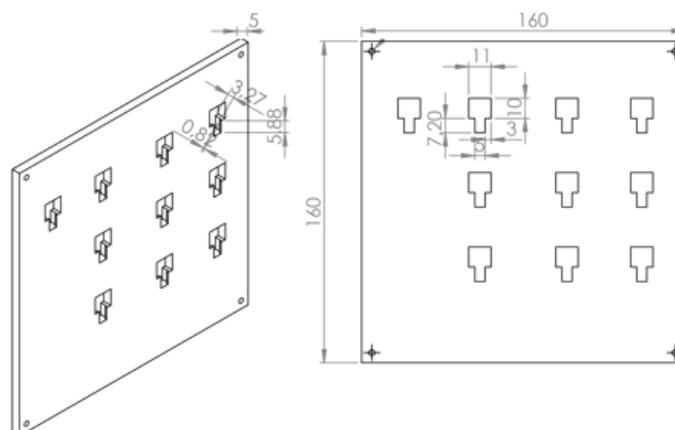


Figura 68. Cubierta frontal para pulsadores.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En la cubierta que se muestra en la Figura 69, se ensamblarán los botones en forma circular, con el fin de obtener un modelo adecuado para braille.

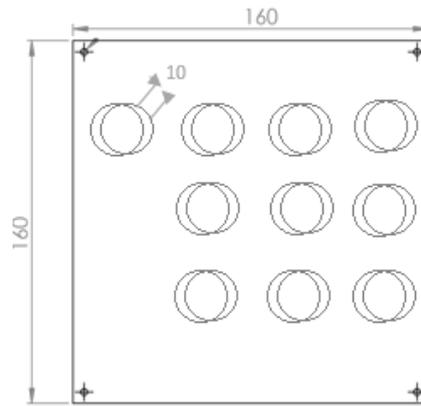


Figura 69. Cubierta frontal para botones circulares
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

El diseño está realizado en madera considerada un material natural, renovable, amigable con el ambiente que se adapta adecuadamente a los propósitos del prototipo a realizar. Según pedagogos y padres de familia la madera logra estimular de forma natural los sentidos de los niños debido a su tacto, olor y sonido agradable que produce, además es muy resistente a golpes, lo que hace que el juguete sea más duradero y que las bacterias no puedan reproducirse fácilmente lo que hace de este material algo excelente para cuidar la salud de los niños. Como se realiza el ensamblaje de los pulsadores en el cubo de madera se muestra en la Figura 70.

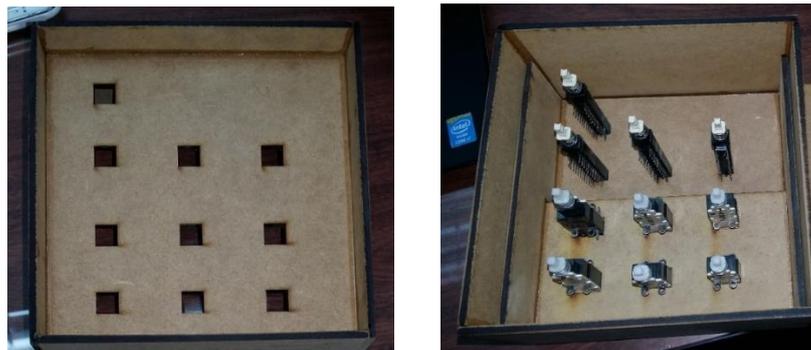


Figura 70. Diseño interior y frontal del juguete electrónico.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

La parte frontal del prototipo está estructurada para que pueda sostener los pulsadores, con el fin de que se encuentren a la misma altura todos los botones.

En la Figura 71 se puede observar que la tapa frontal para los botones que estará adherida al cubo, para luego colocar los botones circulares a cada pulsador, lo que dará la forma apropiada de tal manera que se llega a obtener el tablero del signo generador.

Hay que tomar en cuenta que este juguete estará expuesto a presión, es por ello que se realiza este tipo de modelo en madera, ya que es un material muy resistente.



Figura 71. Tablero del signo generador para el juguete braille.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Ya colocados todos los pulsadores, se realiza el cableado eléctrico de prototipo, sin dejar de aclarar que parte de este sistema aún se encuentra elaborado en protoboard, como se muestra en la Figura 72, el diseño interior y exterior del juguete braille.

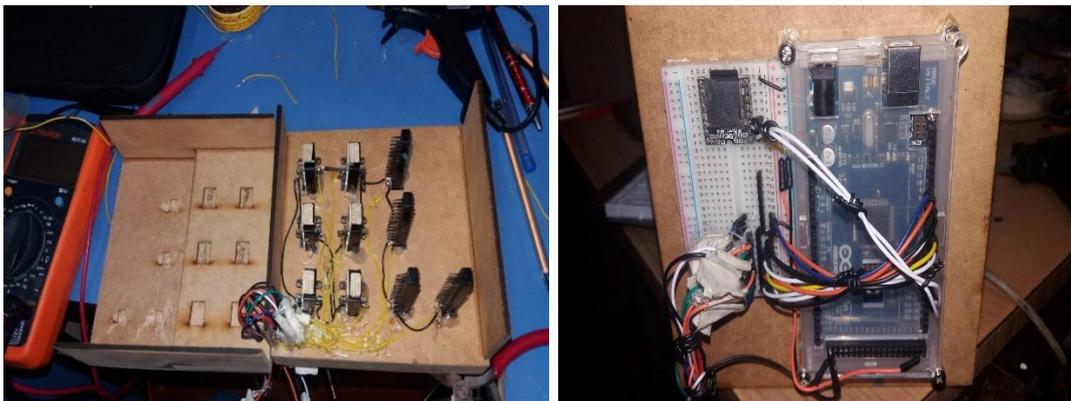


Figura 72. Cableado del prototipo.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

3.4.3. Diseño de las placas del circuito realizado en Eagle

Se ha utilizado un programa que permite el diseño de circuitos impresos como EAGLE en versión 7.5.0, un editor de gráficos para el diseño esquemático y de pistas para la conexión de los componentes electrónicos, esta herramienta se usa para diseñar las placas electrónicas, sin dejar de mencionar que para este proyecto se ha elegido la opción de diseño esquemático en el software, ya que nos permite adaptar todo tipo de materiales como: LEDs, borneras, fuentes de alimentación, espadines entre otros. En la Figura 73, se observa el plano esquemático diseñado para el módulo MP3, la fuente de alimentación y la conexión de pulsadores.

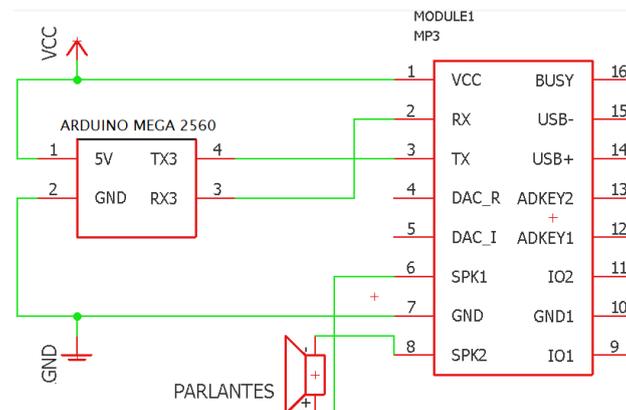


Figura 73. Esquema del circuito en EAGLE 7.5.0.

Fuente: criterios de diseño del proyecto.

Ya elaborado el esquema se debe verificar la conexión correcta de cada pin, en este caso se realizan 2 placas, una para poder colocar el módulo MP3, la segunda para la conexión de pulsadores con el módulo Arduino, la tercera para la conexión de pulsadores del tablero de control, continuamente se procede a componer el bosquejo real del circuito, este esquema debe ser ordenado adecuadamente para que el tamaño de la placa no sea excesivo y que las pistas no se crucen o se junten entre si y provoquen un corto entre los componentes que vayan a ser conectados a este elemento, garantizando de esta manera el funcionamiento óptimo de la aplicación. En la Figura 74, muestra el diseño para realizar la placa que contendrá el módulo mp3.

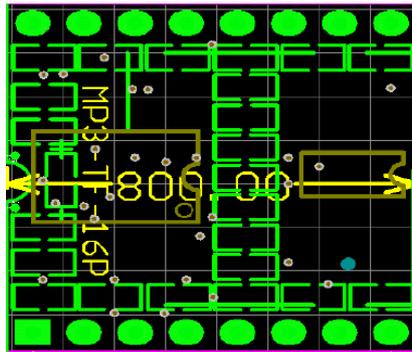


Figura 74. Diseño de pistas del circuito.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Después de haber ya realizado el esquema de las placas se obtiene el diseño final de cada circuito, para ello se procedió a realizar la impresión de los mismos en material termo-transferible por medio de una impresora láser, que nos permite pasar el circuito a una baquelita de cobre a través de inducción de calor. En la Figura 75 se muestra como quedan ya los circuitos impresos en baquelita de cobre.

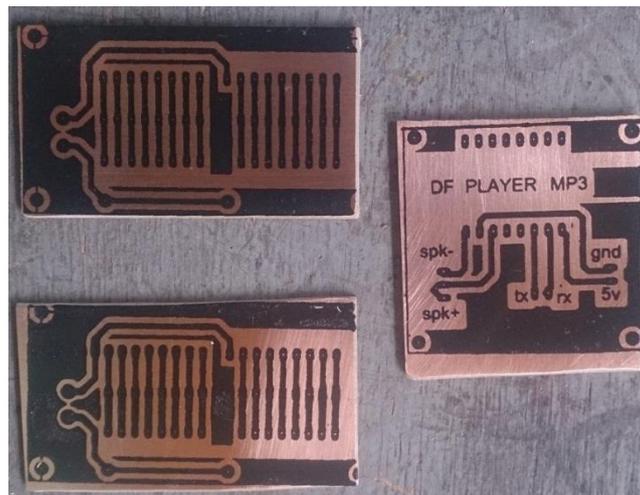


Figura 75. Circuito en baquelita de cobre.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En la Figura 76, se observa que el diseño de las placas ya transferido a la baquelita, luego de esto el siguiente paso a seguir es retirar el cobre de las baquelitas, esto se lo hace mediante ácido cloruro férrico, componente que retira todo el cobre de la baquelita y únicamente deja visible las pistas requeridas y diseñadas en el circuito.

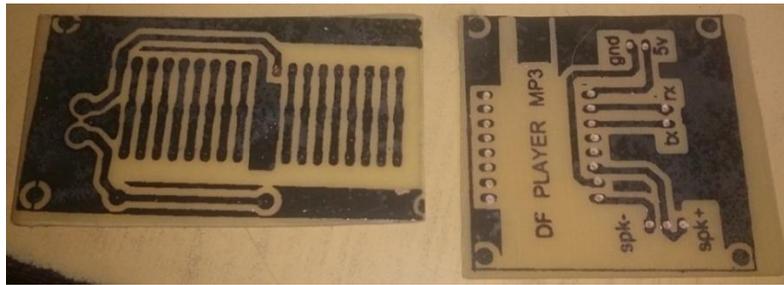


Figura 76. Baquelitas para diseño final.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Cuando el cobre ha sido retirado completamente se verifica que no haya residuos de cobre interfiriendo en las pistas dando así por terminada la placa.

En la Figura 77, se exhibe como quedan finalmente las baquelitas ya soldadas a los componentes necesarios.



Figura 77. Circuitos de diseño final.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Realizado este proceso el siguiente paso a realizar es ensamblar las baquelitas en el cubo de madera adecuadamente para que no exista ningún tipo de complicación al momento de dar ejecución al juguete braille.

3.6. Consumo de energía

Se sabe que el circuito eléctrico que se ha diseñado es una composición de dispositivos electrónicos, componentes que generan, transportan y usan energía eléctrica. La carga total de energía que este circuito demanda tiene dependencia de la alimentación del mismo.

A continuación, se presenta el consumo de energía de cada uno de estos componentes y el consumo total del circuito, y duración de la batería seleccionada.

3.6.1. Consumo de energía del módulo DFPlayer Mini

De acuerdo a la hoja de datos el consumo de energía que presentan estos componentes es de 20mA, por lo tanto, este valor será el consumirá en el circuito, es decir su rango máximo y mínimo se da con el mismo valor.

3.6.2. Consumo de energía de la plataforma Arduino Mega 2560

Teóricamente las especificaciones técnicas del módulo Arduino Mega 2560 que se presentó en el Capítulo II, el consumo de corriente máxima por pin de entrada y salida es de 40mA, según la hoja de datos el componente presenta un consumo de corriente total máxima de 500mA si la alimentación que recibe es por medio de un puerto USB, batería o fuente de alimentación externa. Sumando todos los pines de entrada y salida el consumo es de 200mA sin incluir el pin de 5V, incluyendo este pin el consumo es de 500mA, por lo tanto, el pin de alimentación consume un total de 300mA. Esta distribución se presenta en la Tabla 22.

Tabla 22. *Consumo de corriente Arduino Mega 2560*

PINES	CONSUMO
Pines de Entrada y Salida	200mA
Pin de alimentación	300mA

Fuente: Robotshop. (2015). Arduino Mega 2560 Datasheet. Obtenido de:
<http://www.robotshop.com/media/files/pdf/arduinomega2560datasheet.pdf>

3.6.3. Consumo de energía del pulsador.

Para la conexión de los pulsadores se usó un divisor de tensión, por lo que se asume que el valor de la resistencia del pulsador es 1Ω , como se observa en la Figura 78.

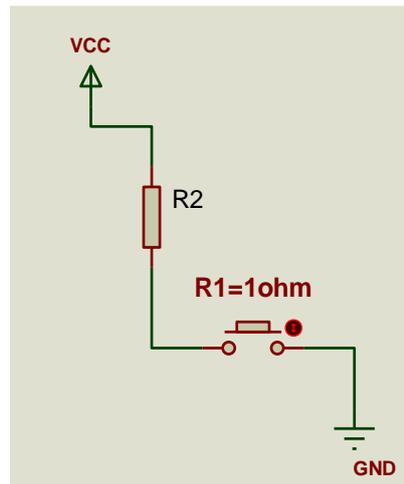


Figura 78. Conexión del pulsador
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

El divisor de tensión es una aplicación de una fuente de voltaje a través de una serie de dos resistencias, en donde el voltaje de entrada se divide en pequeñas fracciones para cada resistencia, creando una tensión de salida que es una fracción de la tensión de entrada. El circuito de divisor de voltaje se muestra en Figura 79.

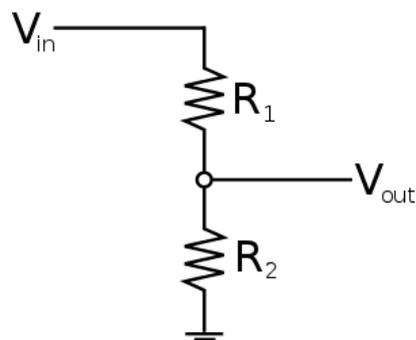


Figura 79. Divisor de voltaje.

Fuente: Arduinotutoriales. (2016). *Aprendiendo Arduino desde cero*. Obtenido de: <http://www.arduinotutoriales.com/tag/divisor-de-voltaje/>

Para calcular el valor de la resistencia R2 se usa la ecuación 1:

$$V_{out} = V_{in} \frac{R2}{R1 + R2}$$

Ecuación 1. Ecuación para el divisor de tensión.

Fuente: Sparkfun. (2015). *Voltage Dividers*. Obtenido de: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-dividers>

Para calcular esta resistencia se toma en cuenta que la resistencia del pulsador es 1ohm y el voltaje de salida es de 2,4V debido a que en las familias lógicas TTL se considera este valor como un voltaje mínimo de salida y sea reconocido como 1lógico.

$$V_{out} = V_{in} \frac{R1}{R1 + R2}$$

$$R2 = \frac{V_{in}R1}{V_{out}} - R1$$

$$R2 = \frac{(5V) \times 1\Omega}{2,4V} - 1\Omega$$

$$R2 = 1,08\Omega \approx 330\Omega$$

El valor de la resistencia es de 1 Ω este valor se reemplaza por una resistencia de 330 Ω . Como se sabe la corriente que circula por el circuito es la misma y se tiene dos resistencias R1 y R2 que se conectan en serie, las cuales se suman y queda el circuito como se muestra en la Figura 80.

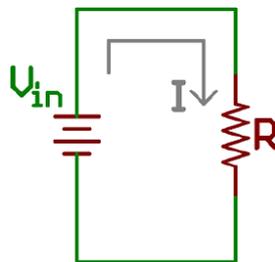


Figura 80. Circuito para el cálculo de corriente.

Fuente: Sparkfun. (2015). *Voltaje Dividers*. Obtenido de: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-dividers>

Para realizar el cálculo de la corriente se lo hace con la Ecuación 2:

$$I(A) = \frac{V_{in}}{R1 + R2}$$

Ecuación 2. Formula del cálculo de corriente.

Fuente: Sparkfun. (2015). *Voltaje Dividers*. Obtenido de: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-dividers>

Aplicando la Ecuación 2 el consumo de energía del pulsador será la siguiente:

$$I(mA) = \frac{5V}{1\Omega + 330\Omega}$$

$$I(mA) = 15,10mA$$

3.6.4. Consumo total de energía.

En el diseño de la aplicación electrónica se usan 16 pines digitales del módulo Arduino cada pin consume una carga de 1,01 mA, por lo tanto, con el uso de los 16 pines se consumiría una corriente máxima de 16,16mA, valor que se obtiene al momento de usar todos los pulsadores. Por otra parte, el consumo de energía de la plataforma Arduino es de 93mA en uso constante, sumando estos valores se concluye que el consumo máximo de energía es el siguiente:

$$\text{consumo maximo modulo arduino} = 93mA + 16,16mA$$

$$\text{consumo maximo modulo arduino} = 109,16mA$$

El módulo mp3 consume 20mA, mientras que el dispositivo de sonido consume una carga de 100mA, estos valores se consideran mínimos y máximos y se dan cuando los elementos funcionan con o sin continuidad. A continuación, se muestra el valor de consumo total del circuito cuando se encuentra funcionando continuamente, es decir todos los pulsadores estarán presionados al mismo tiempo.

$$\text{consumo total maximo} = 109,16mA + 20mA + 100mA$$

$$\text{consumo total maximo} = 229,16mA$$

Para realizar el cálculo del consumo real de energía del circuito se considera que todos los pulsadores no serán accionados al mismo tiempo, es decir se realizará una tarea específica para poder obtener el valor real de consumo del circuito, para ello se toma en cuenta que el módulo mp3 consume 20mA, el dispositivo de sonido consume 100mA, y el funcionamiento del juguete braille consume 10mA y el consumo del módulo Arduino es de 93mA, se obtiene lo siguiente:

$$\text{consumo total} = 93mA + 10mA + 20mA + 100mA$$

$$\text{consumo total} = 223mA$$

3.4.3. Fuente de alimentación.

El sistema de alimentación de energía mediante una batería recargable se soluciona en base al consumo total de corriente en el circuito.

En el Capítulo II se dio a conocer los diferentes tipos de baterías recargables y en la Tabla 23, se indica una comparación detallada de estas baterías en cuanto a material y especificaciones técnicas.

Tabla 23.

Comparativa de tipos de baterías recargables.

TIPO	Níquel-Cadmio (Ni-Cd)	Níquel-Hidruro (Ni-MHZ)	Ion de Litio (Li-ion)	Polímeros de Litio (Lio)
Voltaje por célula	1.2V	1.2V	3.7V	3.7V
Amperaje hora	0.5-1A	0.5-10Ah	Varios tipos	Varios tipos
Memoria	Muy alto	Bajo	Inexistente	Inexistente
Sobrecarga	Soportado	No recomendable	Soportado	Soportado
Numero de Recargas (Aproximadamente)	500	1000	4000	5000
Tiempo de descarga/mes	30%	20%	6%	6%
Tiempo de carga	10-14horas	2-4 horas	2-4 horas	1-1.5horas

Fuente: Extraída de. Cartagena, Eduardo. (2016). "JUGUETE ELECTRÓNICO DIDÁCTICO, COMO ELEMENTO DE APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE PROGRAMACIÓN A NIÑOS Y NIÑAS DE 4 A 7 AÑOS". p83

Estos elementos trabajan con una tensión de 5 Voltios, para este proyecto se considera factible usar la batería de Polímero de litio, ya que cuenta con mayor capacidad, rapidez, alta descarga y un alto voltaje por celda.

Este tipo de baterías poseen celdas que llegan a generar de 3,2 voltios a 4,2 voltios, esto cuando se encuentran cargadas totalmente., como se muestra a continuación en la Tabla 24.

Tabla 24.

Voltajes de carga de las baterías LIPO con recuento de celdas.

Voltaje	Recuento de celdas
3.7 voltaje de batería	1 celda x 3.7 voltaje (1S)
7.4 voltaje de batería	2 celdas x 3.7 voltaje (2S)
11.1 voltaje de batería	3 celdas x 3.7 voltaje (3S)
14.8 voltaje de batería	4 celdas x 3.7 voltaje (4S)
18.5 voltaje de batería	5 celdas x 3.7 voltaje (5S)
22.2 voltaje de batería	6 celdas x 3.7 voltaje (6S)

Fuente: Criterios de diseño del proyecto, Adaptada de: Robotics. *LiPo Batteries. Erle Robotics: Erle-copter*. Obtenido de: <https://goo.gl/4GzRkk>.

La batería recargable que se ha seleccionado genera un voltaje de 7,4 voltios con una carga de 1,3 A/h, este acumulador no necesita de un regulador de voltaje ya que la Plataforma Arduino tiene incorporado el Pin Vin, el cual hace la función de divisor de voltaje mediante su regulador interno.

La fuente de alimentación que permitirá cargar esta batería será un cargador externo que trabaje por lo menos a 1 o 1.5 Amperios y genere entre 7 a 8 voltios. Se debe tomar en cuenta que el amperaje del cargador debe ser mayor al amperaje de la batería.

3.6.5. Tiempo de duración de la batería LIPO

Para saber cuál es el tiempo de duración que ofrece una batería recargable LIPO se necesita obtener los datos que el fabricante provee. Las características de la batería seleccionada se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25.

Especificaciones batería LIPO.

DESCRIPCIÓN	VALOR (FABRICANTE)
Voltaje	7,4 V
Amperaje de operación	1,3mA/H
Tasa de descarga máxima	20C

Fuente: Criterios de diseño del proyecto

La capacidad de una batería es la carga eléctrica máxima que esta puede almacenar en este caso la capacidad sería de 1300mA/h o 1,3A/h, lo cual diría que la batería es capaz de suministrar 1300mA en una hora.

La tasa de descarga es la velocidad con la que la batería puede descargarse de forma segura y se mide en “C”, es decir es la intensidad máxima que poseería la batería.

Como se sabe la batería suministra 1300mA por hora y posee una tasa de descarga de 20C, La Ecuación 3 permite calcular el tiempo de duración de la batería usando datos máximos de consumo por hora.

$$Tiempo (min) = \frac{Capacidad\ de\ la\ batería\ (Amp * min)}{Velocidad\ de\ descarga\ (Amp)}$$

Ecuación 3. Tiempo de duración de una batería

Fuente: Coches RC.com. (2016). *Conceptos básicos en las baterías LiPo*. Obtenido de: <http://www.cochesrc.com/conceptos-basicos-baterias-lipo-tension-capacidad-descarga-y-conexion-de-elementos-a2627.html>

Reemplazando los datos en la Ecuación 3 se obtiene lo siguiente:

$$Tiempo (min) = \frac{1,3x60 (Amp * min)}{20Cx1,3(Amp)}$$

$$Tiempo (min) = 3 minutos$$

Debido a que la carga o el consumo no es constante todo el tiempo, además no sería viable que la batería entregue de forma continua su corriente máxima en todo momento, este es un valor teórico que suele ser siempre mucho menor al que realmente dura una batería.

En la Ecuación 4, se muestra la fórmula para el cálculo de la duración de la batería.

$$Tiempo\ duracion\ de\ la\ bateria\ (min) = \frac{Capacidades\ la\ bateria\ (mA)}{Corriente\ de\ craga\ (mA)}$$

Ecuación 4. Tiempo de duración de una batería.

Fuente: Digi-Key Electronics. (). *Vida útil de una batería*. Obtenido de:
<http://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-battery-life>

Se aplica en la Ecuación 4 los datos reales de consumo y se obtiene lo siguiente:

$$\textit{T tiempo duracion de la bateria (min)} = \frac{1300(mA/h)}{223 (mA/h)}$$

$$\textit{T tiempo duracion de la bateria (min)} = 5,82 \textit{ horas}$$

$$\textit{T tiempo duracion de la bateria (min)} \approx 6 \textit{ horas}$$

3.7. Pruebas de funcionamiento con niños.

Como se observa en la Figura 81, las pruebas fueron realizadas con varios niños de edades entre 5 a 7 años, pertenecientes al Área de No videntes de la Universidad técnica del Norte, así como también con niños sin discapacidad.

La realización de estas pruebas tiene como finalidad comprobar el nivel de respuesta y aceptación que el Juguete Braille puede generar en los infantes. Las pruebas consistían en realizar una evaluación observativa a los usuarios para calificar el desarrollo de actividades dispuestas.



Figura 81. Pruebas con niños no videntes.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Para ello se ha experimentado una enseñanza con 20 niños 10 de ellos aplicando el método habitual de enseñanza braille, es decir con sistemas macros que simulan el signo generador braille y los 10 restantes aplicando el juguete didáctico, con el fin de hacer un análisis estadístico de factibilidad de uso al crear esta aplicación electrónica.

Es preciso mencionar que no solo se puede realizar una enseñanza – aprendizaje a niños con discapacidad visual al contrario también se lo puede hacer con niños sin discapacidad. Es por ello que la evaluación fue aplicada a niños con discapacidad visual y niños sin discapacidad.

La evaluación que se realizara a los usuarios es práctica mediante el uso del juguete braille y materiales macros que representan el Signo Generador Braille principal, sin embargo, el evaluador realizara una evaluación observativa a los infantes con el fin de calificar su desempeño. A continuación, se presenta el proceso de evaluación.

3.7.1. Evaluación observativa

Esta evaluación se practicará a los estudiantes para poder verificar la aceptación, confiabilidad y factibilidad obtenida. Esto se aplicará mediante una lista de cotejo, que requiere de los siguientes parámetros:

- Competencia a evaluar
- Definir los indicadores necesarios a ser evaluados
- Incorporar SI o NO

Para obtener un porcentaje de la evaluación de cada estudiante se realiza lo siguiente: se tiene un total de 20 estudiantes y 5 indicadores a evaluar y si se logra un óptimo puntaje en todos los indicadores sería el 100%, si alguno de los infantes tiene algún indicador en NO, se disminuye del porcentaje el 20%. En la Tabla 26, se indica los resultados en una lista de cotejo obtenidos gracias a la evaluación realizada.

Tabla 26.

Lista de cotejo para metodología didáctica y tradicional

Indicadores	Escucha e interpret a con claridad		Actúa con iniciativa		Sigue de manera puntual los procedimientos		Indica un grado aceptable de comprensión y memorización		Tiempo de aprendizaje por letra es < = a 30 minutos		Porcentaje 100%
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
MÉTODO DIDACTICO											
E1-CD	✓			✓	✓		✓		✓		80%
E2-CD	✓		✓		✓		✓			✓	80%
E3-CD	✓			✓	✓		✓		✓		80%
E4-CD	✓		✓		✓		✓		✓		100%
E5-SD	✓			✓	✓		✓		✓		80%
E6-SD	✓		✓		✓		✓		✓		100%
E7-SD	✓		✓		✓		✓			✓	80%
E8-SD	✓		✓		✓		✓		✓		100%
E9-SD	✓		✓		✓		✓			✓	80%
E10-SD	✓		✓		✓		✓		✓		100%
MÉTODO TRADICIONAL											
E1-CD		✓	✓			✓		✓		✓	20%
E2-CD	✓			✓	✓			✓		✓	60%
E3-CD	✓		✓		✓		✓			✓	80%

E4-CD		✓	✓			✓		✓	✓	40%	
E5-SD	✓			✓	✓			✓		✓	40%
E6-SD	✓			✓		✓		✓		✓	20%
E7-SD	✓			✓		✓		✓		✓	20%
E8-SD	✓		✓			✓		✓		✓	40%
E9-SD	✓		✓		✓		✓			✓	80%
E10-SD		✓	✓		✓		✓		✓		80%

Fuente: CNB. (2015). *Lista de cotejo (Herramienta pedagógica)*. Obtenida de: [http://cnbguatemala.org/index.php?title=Lista_de_cotejo_\(Herramienta_pedag%C3%B3gica\)](http://cnbguatemala.org/index.php?title=Lista_de_cotejo_(Herramienta_pedag%C3%B3gica))

Para poder realizar un análisis correcto de esta evaluación se presenta un rango de categorías para obtener un puntaje de factibilidad, para ello la escala se ejecuta de la siguiente manera, con los resultados obtenidos en la evaluación la escala de puntuación se presenta en la Tabla 27.

Tabla 27.

Escalas de Puntuación.

RANGO O ESCALA	FACTIBILIDAD
20 % - 40 %	Poco Factible
60 % - 80 %	Factible
100%	Muy Factible

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.7.2. Análisis de factibilidad

Ya realizada la evaluación y presentada la tabla de rangos de puntuación el siguiente paso a efectuar en un análisis cualitativo usando la teoría exacta del muestreo con la distribución del JHI CUADRADO (CHI CUADRADO), en la Tabla 28 se muestra la cantidad de estudiantes según el porcentaje obtenido en cuanto a la evaluación de aprendizaje, para tomar estos datos se toma como referencia en la Tabla 27.

Tabla 28.

Análisis mediante el Jhi Cuadrado.

FACTIBILIDAD				
Métodos	Poco Factible	Factible	Muy Factible	N° Total Estudiantes
Método Tradicional	6	4	0	10
Juguete Electrónico	0	6	4	10
Total	6	10	4	20

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Para analizar este método se va a tomar un margen de error del 0,05 equivalente al 5% y verificar que factibilidad tiene el aprendizaje braille mediante un juguete electrónico.

Se debe plantear las hipótesis:

1. Hipótesis nula

H_0 = No es factible el aprendizaje braille usando un juguete electrónico

2. Hipótesis alternativa

H_1 = Si es factible el aprendizaje braille usando un juguete electrónico

Definidas las hipótesis se procede a calcular las frecuencias teóricas esperadas de cada uno de los datos de la Tabla 29, con la siguiente fórmula.

$$f_e = \frac{\text{Total} * N^{\circ} \text{estudiantes}}{\text{total estudiantes}}$$

Ecuación 5. Frecuencia esperada

Fuente: ESTADISTICA Schawn. Murray R. Spiegel. (1997). CAPITULO 12. Test ji-cuadrado. pag 268.

$$f_{e6} = \frac{6 \times 10}{20} = 3 \quad f_{e0} = \frac{6 \times 10}{20} = 3$$

$$f_{e4} = \frac{6 \times 10}{20} = 5 \quad f_{e6} = \frac{6 \times 10}{20} = 5$$

$$f_{e0} = \frac{6 \times 10}{20} = 2 \quad f_{e4} = \frac{6 \times 10}{20} = 2$$

Se calcula el grado de libertad con la siguiente formula.

$$v = (n^{\circ} \text{filas} - 1) \times (n^{\circ} \text{columnas} - 1)$$

Ecuación 6. Grado de libertad.

Fuente: ESTADISTICA Schawn. Murray R. Spiegel. (1997). CAPITULO 12. Test ji-cuadrado. pag 268.

$$v = (2 - 1) \times (3 - 1)$$

$$v = 2$$

Por último, se realiza el cálculo del Chi Cuadrado mediante la siguiente formula.

$$X^2 = \sum_{n=6} \frac{(f-f_e)^2}{f_e}, \text{ donde } f = \text{frecuencia}$$

Ecuación 7. Calculo del Chi Cuadrado.

Fuente: ESTADISTICA Schawn. Murray R. Spiegel. (1997). CAPITULO 12. Test ji-cuadrado. pag 268.

$$X^2 = \frac{(6-3)^2}{3} + \frac{(0-3)^2}{3} + \frac{(4-5)^2}{5} + \frac{(6-5)^2}{5} + \frac{(0-2)^2}{2} + \frac{(4-2)^2}{2}$$

$$X^2 = \frac{9}{3} + \frac{9}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} + \frac{4}{2} + \frac{4}{2}$$

$$X^2 = \frac{51}{5}$$

$$X^2 = 10,2$$

Obteniendo el valor del Jhi Cuadrado se realiza la comparación con la tabla de distribución de este método. Como ya se realizó los cálculos necesarios se conoce que el grado de libertad es 2 y el margen de probabilidad el 0.05 con estos datos se extrae el Jhi Cuadrado de la tabla que se halla en el ANEXO "F".

El valor de $X^2_{tabla} = 5,9915$; donde $v = 2$ y $e = 0,05\%$

Ahora se realiza una comparación con el Chi cuadrado calculado anteriormente que tiene el siguiente valor.

$$X^2_{calculado} = 10,2$$

Entonces con estos datos ya obtenidos se concluye que:

$$X^2_{calculado} = 10,2 > X^2_{tabla} = 5,9915$$

Como el valor del Chi Cuadrado calculado es mayor que el valor del Chi Cuadrado de la tabla, se concluye que: *Si es Factible usar el juguete electrónico para la enseñanza del alfabeto braille*, es decir se comprueba la Hipótesis alternativa y se descarta la hipótesis nula.

3.7.3. Planificación de aprendizaje

La proyección para la enseñanza del alfabeto braille se muestra en la planificación presentada en la Tabla 29, se basa en las planificaciones curriculares que el Ministerio de Educación del Gobierno Ecuatoriano plantea cada año.

Tabla 29.

Planificación Por Destrezas Con Criterios De Desempeño.

N.º de planificación:	1	Tema de planificación	Alfabeto Braille	Objetivo específicos de la de planificación:	Aprendizaje de puntuaciones braille
2. PLANIFICACIÓN					
DESTREZAS CON CRITERIOS DE DESEMPEÑO A SER DESARROLLADAS:				INDICADORES ESENCIALES DE EVALUACIÓN:	
1. Que es braille, nivel de aceptación y respuesta ante el juguete didáctico braille 2. Reconocimiento de puntuaciones de: Signo Generador, Signo generador para números y letras mayúsculas 3. Diferenciar signo generador braille principal con el signo generador de números y letras mayúsculas 4. Puntuaciones braille para vocales, abecedario minúsculo, números, letras mayúsculas, signos de puntuación				1. Reconoce que es un juguete por el sonido que emite. 2. Conoce cuantos puntos braille va a utilizar 3. Sabe cuándo usar cada signo generador 4. Conoce cuales son las respectivas combinaciones braille.	
SEMANA DE INICIO:					
Estrategias metodológicas		Recursos		Indicadores de logro	
1. Método de transmisión El docente se orienta en transmitir sus conocimientos, actitudes o ideales. 2. Método Psicológico El docente se basa en la motivación para la enseñanza		Juguete electrónico braille Materiales Macros que simulan las puntuaciones braille		Empleo de habilidades motrices y auditivas para el aprendizaje del sistema braille. Mejorar la comunicación y el razonamiento mediante la aplicación electrónica o el sistema macro.	
Actividades de evaluación/ Técnicas / instrumentos					
Evaluación practica					
3. ADAPTACIONES CURRICULARES					
Especificación de la necesidad educativa					
Enseñanza a niños con discapacidad visual					
ELABORADO POR: Tatiana Ortega					
Fecha: 2016/05/20					

Fuente: Educar Ecuador. (2016). *Formatos Planificación*. Obtenida de: <http://www.educarecuador.gob.ec/index.php/formatos-planificacion>

De acuerdo a la planificación realizada y presentada se procede a la enseñanza del sistema braille. En si esta planificación forma parte de un taller que se dará a los estudiantes para que tengan la oportunidad de aprender el sistema braille, el cual será impartido por el encargado del Área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte.

3.7.4. Taller de enseñanza aprendizaje braille

Para comprobar la funcionalidad de este prototipo se realizó el taller de enseñanza – aprendizaje a una niña con discapacidad visual perteneciente al Área de no Videntes de la Universidad Técnica del Norte, este proceso se lo ha venido realizando durante 4 meses consecutivos aplicando el taller fundamentado en la planificación que se muestra en la Tabla 29 así como también la evaluación observativa que se presenta en la Tabla 26, con el fin de que la infante aprenda el sistema básico braille en el cual se incluye los siguientes parámetros de aprendizaje tales como: signo generador principal, del signo generador para números, signo generador para letras mayúsculas, combinaciones para vocales, números, abecedario minúsculo y abecedario mayúsculo. A esta evaluación se añade una prueba práctica en la que el estudiante mediante puntuaciones propias demuestra cual ha sido su aprendizaje con la ayuda de este taller.

En el ANEXO “E” Tablas 36 y 37 se muestra el taller que fue aplicado y las evaluaciones correspondientes que se realizaron al usuario respectivamente.

3.7.5. Análisis de Resultados

En el ANEXO “E”, ver Tabla 37, se muestra la evaluación que se aplicó al usuario no vidente para poder demostrar el aprendizaje que ha obtenido mediante el taller planteado.

En la Tabla 30 se muestra la escala de calificaciones que aplica el Ministerio de Educación y en la cual se basará para la calificación del taller.

Tabla 30.*Escala de calificaciones.*

Escala cualitativa	Escala cuantitativa
Supera los aprendizajes requeridos	10
Domina los aprendizajes requeridos.	9
Alcanza los aprendizajes requeridos.	7 – 8
Está próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos	5 – 6
No alcanza los aprendizajes requeridos	≤ 4

Fuente: Ministerio de Educación. (2016). *INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE LA EVALUACION ESTUDIANTIL*. Obtenido de: http://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/10/Instructivo_para_evaluacion_estudiantil_2013.pdf

Se evaluaron 13 Ítems los cuales tienen un puntaje de 10 cada uno dando un total de 130 puntos que a su vez equivalen a una calificación de 10.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación del aprendizaje del infante con discapacidad visual se concluye que el usuario obtuvo un puntaje de 126/130 que equivale a una calificación de 9,69/10. Esta calificación permitirá tener el resultado de aprendizaje obtenido por el estudiante a través del juguete braille, debido a que la puntuación se encuentra en el 9.69 se concluye que el estudiante Domina los aprendizajes requeridos, ya que este resultado es comparado con la escala cualitativa que se presenta en la Tabla 30.

Con estos resultados se puede notar que el aprendizaje que el estudiante obtuvo fue bueno además de que lo realizó en menos tiempo que con el método habitual. Inicialmente se dijo que con el método habitual los usuarios no videntes demoraban de 8 meses a 1 año en aprender el alfabeto braille, con este método didáctico se ha comprobado que si se puede reducir el tiempo de aprendizaje en un 50%.

3.8. Prototipo Final

El diseño final de esta aplicación didáctica se muestra en la Figura 82, es un juguete electrónico creado con la finalidad de mejorar el aprendizaje de niños no videntes. En el

ANEXO “D” se encuentra el manual de usuario que permitirá a cualquier usuario interesado aprender más a fondo su funcionamiento.

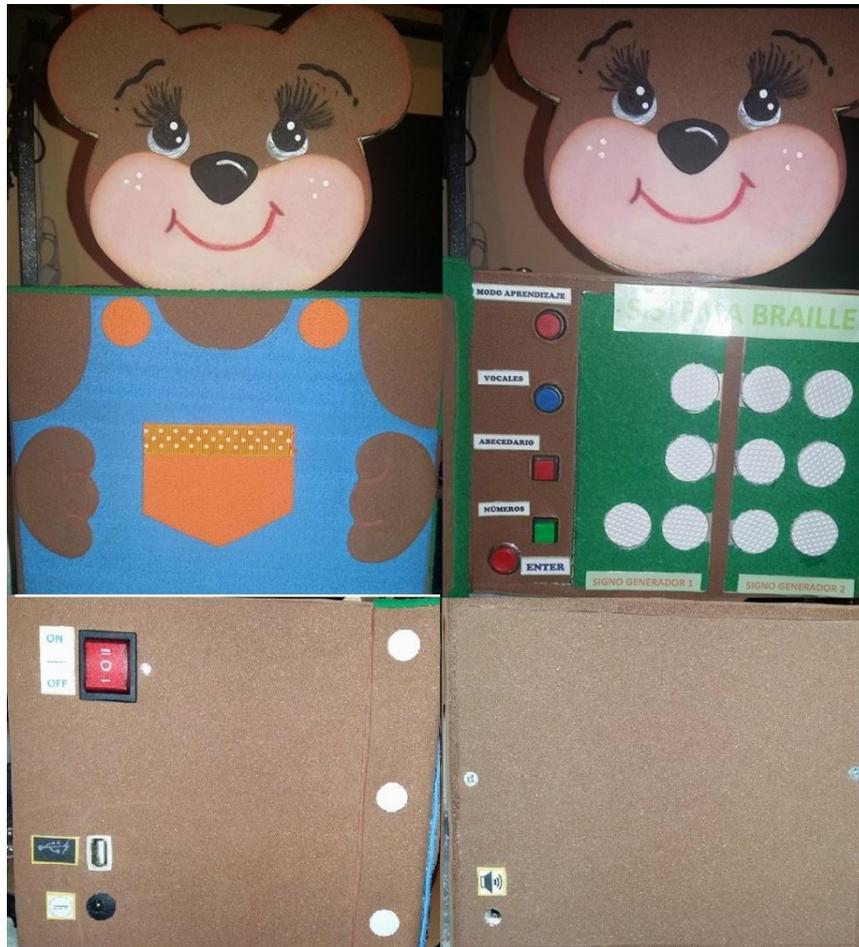


Figura 82. Juguete Braille
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.9. Análisis costo beneficio

El análisis costo-beneficio de un proyecto es importante para determinar la viabilidad y rentabilidad desde el punto de vista económico y social, este análisis se lo realiza en base a los costos de inversión y los beneficios obtenidos al desarrollar esta aplicación. En esta sección se realiza un análisis económico del Juguete Electrónico, para la enseñanza-aprendizaje del sistema de alfabetización braille, con el propósito de hacer una relación

costo-beneficio que argumente los gastos que representan la construcción de este proyecto y los benéficos que aportará.

Para este análisis se debe representar una lista de todos los materiales utilizados en el diseño e implementación del prototipo electrónico, como costo de hardware, software y diseño del mismo, como se presenta en las tablas a continuación. Dando de esta manera un costo total del proyecto.

3.9.1. Costo de Hardware

En la Tabla 31 se presenta los costos de los materiales electrónicos utilizados para la ejecución de este proyecto, desde el primer prototipo hasta el diseño final del mismo.

Tabla 31.

Costos de hardware.

ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Arduino Mega 2560	1	40,00	40,00
Módulo Mp3 DFPlayer Mini	1	15,00	15,00
Batería LiPo 6 V	1	12,00	12,00
Chasis Arduino	1	14,99	14,99
Pulsadores con retención	10	1,00	10,00
Tarjeta Micro SD	1	15,00	15,00
Pulsadores	8	1,00	8,00
Switch	1	0,75	0,75
Cables conectores macho-macho	20	0,10	2,00
Cables conectores macho-hembra	20	0,10	2,00
Parlantes externos 3W	1	10,00	10,00
Plug de audio macho	1	0,50	0,50
Cargador universal	1	9,00	9,00
Baquelita de cobre	1	1,80	1,80
Borneras de 2 pines	3	0,25	0,75
Silicona	4	0,25	1,00
Otros	1	10,00	10,00
		TOTAL	152,79

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.9.2. Costo de Software

Los programas que se usaron para la ejecución de este prototipo, se muestran en la Tabla 32, en cuanto al costo de desarrollo de software es de \$ 756,00, mientras que las herramientas se presentan con un costo de \$0, debido a que son alternativas de uso y descarga libre que cumplen con las necesidades planteadas.

Tabla 32.

Costos de Software.

SOFTWARE	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
IDE Arduino	1	\$ 0	\$ 0
Cool Edit.	1	\$ 0	\$ 0
Loquendo	1	\$ 0	\$ 0
ISIS Proteus	1	\$ 0	\$ 0
Pcb wizard	1	\$ 0	\$ 0
Solid Works	1	\$ 0	\$ 0
Desarrollo de Software	21días	\$36,00 /día	\$756,00
	TOTAL		\$756,00

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

3.9.3. Costo de diseño

Para el diseño estético de este juguete electrónico se presenta en la Tabla 33 los materiales que se usaron y el costo de cada uno de ellos.

Tabla 33.

Costos de diseño.

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Diseño en Madera	-	10,00	10,00
Impresión 3D de botones en acrílico	10	3,00	30,00
Mano de obra indirecta	1	20,00	20,00
	TOTAL		60,00

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tablas anteriormente mostradas el costo total del proyecto es el siguiente:

$$\mathbf{COSTO\ TOTAL = Costo\ de\ Hardware + Costo\ de\ Software + Costo\ de\ Diseño}$$

Ecuación 8. Costo total

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

$$\mathbf{COSTO\ TOTAL = \$152,79 + 756,00 + \$60,00}$$

$$\mathbf{COSTO\ TOTAL = \$968,79}$$

Debido a que es un proyecto de titulación realizado por un estudiante la mano de obra directa es considerada gratuita ya que el estudiante es quien se encarga de realizar esta aplicación con el fin de dar grandes beneficios sociales a la entidad para la cual será destinado el proyecto de tesis, para ello se considera justo que se gane un salario básico unificado que sería \$366,00 mensuales, por desarrollo del diseño, tomando en cuenta que se trabajó 8 horas diarias durante 21 días.

$$\mathbf{COSTO\ DIA\ DE\ TRABAJO = \frac{Sueldo\ Básico}{21\ días}}$$

Ecuación 9. Costo día de trabajo

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

De acuerdo a los datos presentados en la Ecuación 9 se reemplazan los valores correspondientes obteniendo los siguientes resultados.

$$\mathbf{COSTO\ DIA\ DE\ TRABAJO = \frac{\$366,00}{21\ días}}$$

$$\mathbf{COSTO\ DIA\ DE\ TRABAJO = \$17,42}$$

$$\mathbf{COSTO\ HORA\ DE\ TRABAJO = \frac{17,42}{8\ horas}}$$

$$\mathbf{COSTO\ HORA\ DE\ TRABAJO = \$2,17/hora}$$

Este proyecto de tesis está considerado en realizarse en el periodo de 6 meses a 9 meses. Por lo tanto, para hallar el valor de la mano de obra directa se lo realiza con los 6 meses como tiempo de realización de toda la tesis desglosando de aquí 4 meses para realizar la aplicación y 2 meses para desarrollo de la documentación.

$$\mathbf{N^{\circ}\ horas\ trabajadas = \frac{(4\text{meses}) * 21\text{días}}{8\ \text{horas/día}}$$

Ecuación 10. Horas de trabajo

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En la Ecuación 10 se reemplazan los valores dados anteriormente, obteniendo los siguientes resultados.

$$\mathbf{N^{\circ}\ horas\ trabajadas = 672\ horas}$$

$$\mathbf{COSTO\ MANO\ DE\ OBRA\ DISENO = N^{\circ}\ horas\ trabajadas * COSTO\ HORA\ DE\ TRABAJO}$$

Ecuación 11. Costo mano de obra directa (MOD)

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En la Ecuación 11 se reemplazan los valores obtenidos de la Ecuación 10 y de la Ecuación 9, obteniendo los resultados siguientes:

$$\mathbf{COSTO\ MANO\ DE\ OBRA\ DISENO = \$2,17 * 672\ horas}$$

$$\mathbf{COSTO\ MANO\ DE\ OBRA\ DISEÑO = \$1458,24}$$

$$\mathbf{COSTO\ MOD\ TOTAL = MOD\ DISEÑO + MOD\ SOFTWARE}$$

Ecuación 12. Costo de mano de obra directa total (MODT)

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Para obtener el costo de la mano de obra directa total se reemplazan los valores obtenidos anteriormente de costo de mano de obra del diseño y costo de mano de obra de software representado en la Ecuación 12, obteniendo como resultado los valores que se muestran a continuación:

$$\text{COSTO MANO DE OBRA DIRECTA TOTAL} = \$1458,24 + \$756,00$$

$$\text{COSTO MANO DE OBRA DIRECTA TOTAL} = \$2214,24$$

Cabe recalcar que en los gastos de mano de obra directa se incluyen beneficios como: Desarrollo de Software, Diseño, Implementación y Mantenimiento.

3.9.4. Relación Beneficio / Costo

El uso de la relación Beneficio/Costo tiene como objetivo proporcionar una medida de rentabilidad que el proyecto genera. La ecuación utilizada para determinar la relación Costo/Beneficio y verificar la viabilidad del proyecto implementado es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

Ecuación 13. Fórmula para calcular Beneficio / Costo

Fuente: Leland Blank, A. T. (2014). *Economic Engineering*. México: McGraw-Hill.

3.9.5. Factibilidad Económica

- a. Si B/C es ≥ 1.0 ; se determina que el proyecto es económicamente aceptable
- b. Si B/C es ≤ 1.0 ; se determina que el proyecto no es económicamente aceptable

Fuente: Leland Blank, A. T. (2014). *Economic Engineering*. México: McGraw-Hill

$$\frac{B}{C} = \frac{2224,24}{212,79}$$

$$\frac{B}{C} = 10,40$$

Como se observa en el cálculo realizado se tiene un valor de 10,40 en la relación Beneficio costo lo cual nos muestra que el proyecto si es aceptable económicamente debido a que este resultado es mayor a 1.

3.9.6. Beneficios

Son resultados que se obtienen con la implementación del Juguete didáctico de enseñanza-aprendizaje braille, mediante el cual se inicia un proceso de comunicación mediante la tecnología.

- Permite dar ayuda a personas con discapacidades visuales leves, medias y altas, con el fin de mejorar su nivel de educación y hacer de ello un proceso de aprendizaje lúdico.
- Se cumple el uso fácil de recursos tecnológicos y ayudas técnicas tanto en el campo educativo como en el campo social.
- La Universidad Técnica del Norte podrá hacer uso libre de esta herramienta, más no podrá comercializarla, ya que fue creada con la finalidad de ayudar a solucionar necesidades de personas con discapacidad visual.

3.9.7. Impactos

Social

En este aspecto se nombra la introducción educativa y social de personas con discapacidad visual, ya que esta aplicación didáctica impulsa a que estas personas tengan una formación más efectiva. Implicando de esta manera un cambio significativo, perdurable o sustentable para su propio beneficio dentro del entorno social.

Ambiental

Al usar herramientas tecnológicas para la educación es un beneficio favorable para el medio ambiente, debido a que gracias a estas componentes se puede eliminar la mayor parte el uso de materiales que destruyen el ambiente.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Con la investigación realizada se determinó que existen varias herramientas y métodos para la enseñanza aprendizaje braille, los cuales tienen como base el uso del signo generador braille, ver Figura 35.
- Se realizó el diseño de una planificación de aprendizaje basada en las planificaciones que el Ministerio de Educación presenta anualmente, para poder realizar un taller de enseñanza – aprendizaje en el que se aplica varios aspectos importantes que permitan que la enseñanza se lleve de manera adecuada a niños con discapacidad visual, de igual manera se realizó un diseño de evaluación representado por una lista de cotejo.
- El juguete didáctico braille fue implementado en el área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte, exactamente con 20 niños con el fin de probar la factibilidad de uso del juguete mediante un análisis estadístico. Inicialmente se observó algo de dificultad para identificar y manipular el juguete, sin embargo fue aceptable y fácil de usar; de la misma manera la evaluación realizada a cada uno

de ellos se llevó con éxito, lo cual concluye en que este material didáctico es muy factible para usarlo.

- El taller de enseñanza se realizó en base a la planificación presentada, esto con la finalidad de calificar el aprendizaje que los estudiantes con limitación visual pueden adquirir a través del taller en el cual aprenderán a manipular el juguete didáctico dando así un comienzo a su educación básica braille y a su vez demostrar que el juguete es factible y optimiza considerablemente el tiempo de aprendizaje en un 50%.
- El resultado final que se obtuvo es exitoso debido a que el usuario que recibió el taller de enseñanza – aprendizaje braille mediante el juguete didáctico, ha obtenido una calificación de 9,5/10 lo cual concluye que el/la estudiante se encuentra dentro del Dominio del aprendizaje requerido.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se debe conocer las especificaciones técnicas de los elementos que se usan en este tipo de aplicaciones con el fin de mantenerlos protegidos y así obtener un material de calidad y con un buen funcionamiento, es recomendable usar las hojas de datos de los fabricantes.
- Para el diseño y creación de este tipo de juguetes es importante llevar una lógica de programación que sea entendible para los usuarios, así como el diseño debe ser comprensible de acuerdo a lo que se requiere aprender, ya que es elaborado para niños con limitación visual.

- Aprovechar esta herramienta al máximo debido a que se halla diseñada con herramientas electrónicas de tecnología avanzada que brindan accesibilidad en el proceso de formación educativa.

- Es importante incluir a personas con discapacidades diferentes, no solo con limitación visual en las actividades diarias, este proyecto de tesis es creado con la finalidad de incluir a no videntes en la sociedad actual y no mantenerlos olvidados por su discapacidad.

- Es recomendable trabajar con este tipo de niños no más de dos horas diarias, ya que debido a su discapacidad se inquietan rápidamente y tienden a aburrirse, lo cual hace que su trabajo no sea óptimo.

BIBLIOGRAFIA

4D SYSTEMS . (2014). *Embedded Audio-Sound Module*. Obtenido de DATASHEET:
http://www.4dsystems.com.au/productpages/SOMO-14D/downloads/SOMO-14D_datasheet_R_1_3.pdf

Adafruit. (s.f.). *RASPBERRY PI* . Obtenido de adafruit:
<https://www.adafruit.com/raspberrypi>

ALFONSO SETARÉS SALAS, C. A. (2005). *SISTEMA DE ENSEÑANZA DEL CÓDIGO BRAILLE PARA NIÑOS CON LIMITACIONES VISUALES*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana-Bogota/Carrera de Ingeniería Electrónica:
<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/6999/1/tesis85.pdf>

Aranda, D. (2014). *ELECTRÓNICA - PLATAFORMAS ARDUINO Y RASPBERRY PI. USERS* , 62, 63, 148,169 . Obtenido de http://issuu.com/redusers/docs/electronica_-_plataformas_arduino_yARDUINO. (2015). *Arduino UNO & Genuino UNO*. Obtenido de ARDUINO: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

ARDUINO. (2015). *ATmega2560-Arduino Pin Mapping*. Obtenido de ARDUINO :
<https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560>

ARDUINO. (2016). *Arduino MEGA 2560 & Genuino MEGA 2560*. Obtenido de ARDUINO: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

ARDUINO. (2016). *Arduino Nano*. Obtenido de ARDUINO: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>

ARDUINO. (2016). *Arduino Yun*. Obtenido de ARDUINO & GENUINO: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun>

Asamblea Nacional. (25 de Septiembre de 2012). *Legislación Ley organica de Discapacidades*. Recuperado el 11 de Octubre de 2014, de Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/ley_organica_discapacidades.pdf

BlogSpot. (20 de Febrero de 2013). *Decodificador WTV020-SD-16P Arduino*. Obtenido de Arduino de ALRO: <http://arubia45.blogspot.com.es/2013/02/decodificador-wtv020-sd-16p-arduino.html>

Canaria, U. d. (s.f.). *Capitulo9. El aprendizaje del sistema braille*. Obtenido de http://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=15554.

Cartagena, E. (Marzo de 2016). *“JUGUETE ELECTRÓNICO DIDÁCTICO, COMO ELEMENTO DE APOYO PARA LA ENSEÑANZA DE PROGRAMACIÓN A NIÑOS Y NIÑAS DE 4 A 7 AÑOS”*. Ibarra. Obtenido de http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4/browse?type=author&submit_browse=Autor

CEPIndalo. (2014). *Arduino*. Obtenido de Portal CEPIndalo: <http://recursos.cepindalo.es/mod/book/view.php?id=2886&chapterid=1274>

CILSA. (2014). *Discapacidad Motora*. Obtenido de https://www.cilsa.org/paginas_php/esp_sitio/util/discapacidad/motora.php

CL & E. (1995). *El sistema Braille: Bases para su enseñanza aprendizaje*. Madrid.

CONADIS. (Abril de 2015). *REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDADES*. Obtenido de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro_nacional_discapacidades.pdf

Cruz Jessica, C. M. (16 de Febrero de 2013). *Desarrollo afectivo*. Obtenido de Teoría de Jean Piaget : https://www.academia.edu/5177258/Desarrollo_afectivo_Piaget

datasheets, N. (2014). *Datasheet MWT020-SD-20S MODULE*. Obtenido de eemarte: https://11346ec3-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/netzekdatasheets/home/Datasheet%20WTV020-SD-20S.pdf?attachauth=ANoY7cr5_B5Bo0z_FlnObAFN6QKcKtkq-ch0dhi8-XTMngLx-Qu3KqpuBx-mNt7d0kec7iKCI8S6zTLAEoQuD2oCIEXxdD7AuG2AdHq6LW3x8P8cgK_m0tf6DgRojf7rakewgy

Electrónica, I. (2009). *Productos Arduino - Placas Arduino*. Obtenido de Intek Electrónica: http://www.intekelectronica.com.ar/productos/arduino/placas/arduino_mega2560.php

García, M. J. (Octubre de 2003). *Aprendizaje del niño ciego en la escuela*. Obtenido de SCRIBD: <http://es.scribd.com/doc/33070465/APRENDIZAJE-DEL-NINO-CIEGO-EN-LA-ESCUELA>

Genius. (2011). *Parlantes pequeños portátiles*. Obtenido de SP-i165.

Jiménez, R. (2012). *LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN LA EDUCACION SUPERIOR*. San Jose: GOSSESTRA. Obtenido de <http://www4.congreso.gob.pe/comisiones/2006/discapacidad/tematico/educacion/PCDyEducSup.PDF>

Ministerio De Salud Pública. (s.f.). *Discapacidad*. Obtenido de Dirección Nacional de Discapacidades – DND: <http://www.salud.gob.ec/direccion-nacional-de-discapacidades/>

Ministero de Educación - España. (s.f.). *El Sistema Bbraille* . Obtenido de Educación Inclusiva. Personas con discapacidad visual: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_metodo_ensenanza.htm

Mon, F. (Octubre de 1998). *Algunas definiciones entorno al concepto de discapacidad visual*. Obtenido de Periodico sobre discapacidad "El Cisne": http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/ftp/fm_alg_definiciones_dvisual.doc.

NetzeK. (26 de Diciembre de 2013). *WT020-SD*. Obtenido de NetzeK: <http://www.netzek.com/2013/12/wtv020-sd.html>

OMS. (2016). *Orgaización Mundial de la Salud*. Obtenido de Ceguera y discapacidad visual: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>

OMS. (2016). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 11 de 07 de 2014, de Discapacidades: <http://www.who.int/topics/disabilities/es/>

ONCE, Á. M. (s.f.). *Apéndice - El código de lectoescritura braille*. Obtenido de <http://www.once.es/otros/sordoceguera/DOC/capitulo12apendicedebraille.doc>.

Pastor, J. (Noviembre de 2014). *Xataka*. Obtenido de Más pequeña, más eficiente y más barata: así es la nueva Raspberry Pi A+: <http://www.xataka.com/ordenadores/mas-pequena-mas-eficiente-y-mas-barata-asi-es-la-nueva-raspberry-pi-a>

PE, I. (12 de Agosto de 2014). *Comparativa y análisis: Raspberry Pi vs competencia*. Obtenido de comohacer.eu: <http://comohacer.eu/comparativa-y-analisis-raspberry-pi-vs-competencia/>

Pedraza, J. G. (s.f.). *Fundamentos de Arduino*.

Picaxe. (s.f.). *DFPLAYER Mini*. Obtenido de <http://www.picaxe.com/docs/spe033.pdf>

Pública, M. d. (Septiembre de 2014). *REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDADES*. Recuperado el 2015, de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/11/registro_nacional_discapacidades.pdf

QUADRUINO. (s.f.). *Baterías lipo*. Obtenido de Quadrino.com: <http://www.quadrino.com/guia-2/materiales-necesarios-1/baterias-lipo>

Ramos, M. G. (s.f.). *Niño con discapacidad visual*. Obtenido de ¿Cómo se desarrolla en el niño ciego la representación, interacción y función simbólica?: <http://www.eduinnova.es/monografias2011/feb2011/visual.pdf>

RC-INK. (s.f.). *Baterías lipo: Mantenimiento y conexión entre baterías*. Obtenido de RC-INK BlogSpot: <http://rc-ink.blogspot.com/2010/10/conexion-de-baterias-lipo.html>

Robotics, E. (s.f.). *LiPo Batteries*. Obtenido de Erle Robotics: Erle-copter: <https://erlerobotics.gitbooks.io/erle-robotics-erle-copter/content/es/safety/lipo.html>

Sandoval, R. J. (2002). *LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD*. Obtenido de Una propuesta para la Diversidad e Igualdad:

<http://www4.congreso.gob.pe/comisiones/2006/discapacidad/tematico/educacion/PCDyEducSup.PDF>

Secretaría Nacional de Planeación y Desarrollo. (24 de Junio de 2013). *Objetivos Nacionales para el Buen Vivir*. Obtenido de Plan Nacional de Desarrollo/Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017: <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivos-nacionales-para-el-buen-vivir>

Shop, R. (2011). *Raspberry pi*. Obtenido de Raspberry Shop : <http://www.raspberrypi.com/>

Souza, F. (28 de Abril de 2014). *Arduino Mega 2560* . Obtenido de EMBARCADOS : <http://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>

Torrente, Ó. (2013). *ARDUINO - Curso práctico de formación*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de CV., Mexico.

Trevijano, P. C. (s.f.). *Atención temprana a niños con discapacidad visual*. Obtenido de Centro de Recursos Educativos Colegio "Luis Braille". ONCE Sevilla.: http://www.crigipuzkoa.com/UserFiles/File/ARTICULO_ATENCION_TEMPRANA_A_NI%C3%91OS_CON_DEFICIT_VISUAL.doc.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CONADIS: Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades

DND: Dirección Nacional de Discapacidades.

OMS: Organización Mundial de la Salud

ULPGC: Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

AVR: Alf Egil Bogen – Vegard Wollan – RISC Processor

USB: Bus Universal en Serie

RS232: Estándar Recomendado 232

COM: Puerto de Comunicaciones

FSF: Fundación de Software Libre

CAD: Diseño Asistido por Computador

PWM: Modulación por Ancho de Pulsos.

UART: Transmisor - Receptor Asíncrono Universal.

ICSP: Programación Serial en Circuito

FTDI: Dispositivo Internacional de Tecnologías Futuras

HDMI: Interface Multimedia de Alta Definición.

RCA: Radio Corporación de América.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

SSH: Capa Segura.

ADPCM: Adaptive Differential Pulse Code Modulation

NICD: Baterías de Níquel de Cadmio

ANEXO “A”: DISTRIBUCIÓN DE PINES ARDUINO MEGA 2560

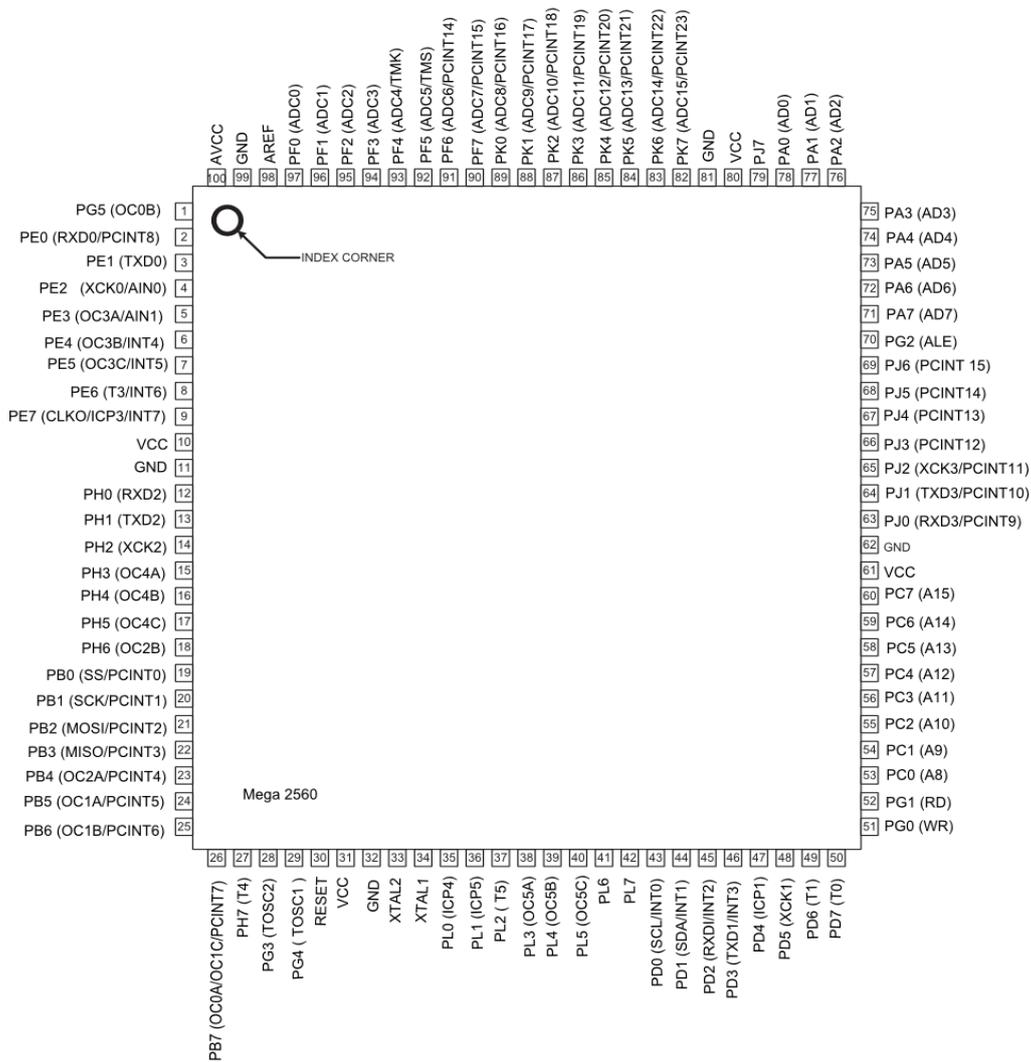


Figura 83. Representación de pines Arduino Mega 2560.

Fuente: ARDUINO. (2016). *ATmega2560-Arduino Pin Mapping*. Obtenido de: <https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560>

En la Tabla 34, se describe el nombre y la función de cada uno de los pines que posee el módulo Arduino Mega 2560.

Tabla 34.

Distribución de pines Arduino Mega 2560

NUMERO PIN	NOMBRE PIN	ASIGNADO NOMBRE PIN
1	PG5 (OC0B)	Pin digital 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0 / PCINT8)	Pin digital 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Pin digital 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0 / AIN0)	
5	PE3 (OC3A / AIN1)	Pin digital 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B / INT4)	Pin digital 2 (PWM)
7	PE5 (OC3c / INT5)	Pin Digital 3 (PWM)
8	PE6 (T3 / INT6)	
9	PE7 (CLKO / ICP3 / INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Pin digital 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Pin digital 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Pin digital 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Pin digital 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Pin digital 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Pin digital 9 (PWM)
19	PB0 (SS / PCINT0)	Pin digital 53 (SS)
20	PB1 (SCK / PCINT1)	Pin digital 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI / PCINT2)	Pin digital 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO / PCINT3)	Pin digital 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A / PCINT4)	Pin digital 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A / PCINT5)	Pin digital 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B / PCINT6)	Pin digital 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A / OC1C / PCINT7)	Pin digital 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	-
28	PG3 (TOSC2)	-
29	PG4 (TOSC1)	
30	REINICIAR	REINICIAR
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Pin digital 49
36	PL1 (ICP5)	Pin digital 48
37	PL2 (T5)	Pin digital 47
38	PL3 (OC5A)	Pin digital 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Pin digital 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Pin digital 44 (PWM)
41	PL6	Pin digital 43
42	PL7	Pin digital 42
43	PD0 (SCL / INT0)	Pin digital 21 (SCL)
44	PD1 (SDA / INT1)	Pin digital 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI / INT2)	Pin digital 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1 / INT3)	Pin digital 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	Pin digital 38

51	PG0 (WR)	Pin digital 41
52	PG1 (RD)	Pin digital 40
53	PC0 (A8)	Pin digital 37
54	PC1 (A9)	Pin digital 36
55	PC2 (A10)	Pin digital 35
56	PC3 (A11)	Pin digital 34
57	PC4 (A12)	Pin digital 33
58	PC5 (A13)	Pin digital 32
59	PC6 (A14)	Pin digital 31
60	PC7 (A15)	Pin digital 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3 / PCINT9)	Pin digital 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3 / PCINT10)	Pin digital 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3 / PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (Paint 15)	
70	PG2 (ALE)	Pin digital 39
71	PA7 (AD7)	Pin digital 29
72	PA6 (AD6)	Pin digital 28
73	PA5 (AD 5)	Pin digital 27
74	PA4 (AD4)	Pin digital 26
75	PA3 (AD3)	Pin digital 25
76	PA2 (AD2)	Pin digital 24
77	PA1 (AD1)	Pin digital 23
78	PA0 (Ad0)	Pin digital 22
79	PJ7	-
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15 / PCINT23)	Pin analógico 15
83	PK6 (ADC14 / PCINT22)	Pin analógico 14
84	PK5 (ADC13 / PCINT21)	Pin analógico 13
85	PK4 (ADC12 / PCINT20)	Pin analógico 12
86	PK3 (ADC11 / PCINT19)	Pin analógico 11
87	PK2 (ADC10 / PCINT18)	Pin analógico 10
88	PK1 (ADC9 / PCINT17)	Pin analógico 9
89	PK0 (ADC8 / PCINT16)	Pin analógico 8
90	PF7 (ADC7)	Pin analógico 7
91	PF6 (ADC6)	Pin analógico 6
92	PF5 (ADC5 / TMS)	Pin analógico 5
93	PF4 (ADC4 / TMK)	Pin analógico 4
94	PF3 (ADC3)	Pin analógico 3
95	PF2 (ADC2)	Pin analógico 2
96	PF1 (ADC1)	Pin analógico 1
97	PF0 (ADC0)	Pin analógico 0
98	AREF	Referencia analógica
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

Fuente: ARDUINO. (2016). *ATmega2560-Arduino Pin Mapping*. Obtenido de:
<https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560>.

ANEXO “B”: PROGRAMACIÓN FINAL DEL JUGUETE ELECTRÓNICO BRAILLE

JUGUETE ELECTRÓNICO PARA MEJORA DE LA ENSEÑANZA
APRENDIZAJE DEL SISTEMA BÁSICO BRAILLE

ELABORADO POR: TATIANA ELIZABETH ORTEGA PÉREZ

PLATAFORMA ARDUINO MEGA 2560

```
//INCLUSION DE LIBRERIAS
#include <SoftwareSerial.h> //LIBRERIA PARA CX SERIAL
#include <DFPlayer_Mini_Mp3.h> //LIBRERIA PARA MODULO MP3
//VARIABLE DE MODALIDAD
int mod;
//VARIBLE PARA TRANSFORMAR UN ENTERO EN LONG
int num;
//variable randomico
long randomNumber;
//botones menu
const int prac=22;
const int test=24;
const int testa=26;
const int testb=28;
//estado de botones de menu
int prac1;
int test1;
int test1a;
int test1b;
//letra de pulso biestable
int a=0;
int b=0;
int c=0;
int d=0;
int e=0;
int f=0;
int g=0;
int h=0;
int i=0;
int j=0;
//nombrar botones
```

```

int ddd=0;
int eee=0;
int fff=0;
int ggg=0;
int hhh=0;
int iii=0;
int zzz=0;
int xxx=0;
//enter
int ent=0;
//pines para botones
const int b1 = 2;
const int b2 = 3;
const int b3 = 4;
const int b4 = 5;
const int b5 = 6;
const int b6 = 7;
const int b7 = 8;
const int b8 = 9;
const int b9 = 10;
const int b10 = 11;
const int enter = 30;
//estado de botones
int bs1 = 0;
int bs2 = 0;
int bs3 = 0;
int bs4 = 0;
int bs5 = 0;
int bs6 = 0;
int bs7 = 0;
int bs8 = 0;
int bs9 = 0;
int bs10 = 0;
int enter1 = 0;
int randon1=0;
SoftwareSerial mySerial(14,15 ); // RX, TX
char in;

/////METODO QUE SE REPITE UNA SOLA VEZ/////

void setup () {
Serial.begin (9600);
mySerial.begin (9600);
mp3_set_serial (mySerial); //set softwareSerial for DFPlayer-mini mp3 module
delay(1); //wait 1ms for mp3 module to set volume

//RANDÓMICO

randomSeed(analogRead(0));
//declaracion de entradas
pinMode(b1, INPUT);
pinMode(b2, INPUT);
pinMode(b3, INPUT);
pinMode(b4, INPUT);
pinMode(b5, INPUT);
pinMode(b6, INPUT);
pinMode(b7, INPUT);
pinMode(b8, INPUT);
pinMode(b9, INPUT);
pinMode(b10, INPUT);

```

```

//declaracion entreadas menu
pinMode(prac, INPUT);
pinMode(test, INPUT);
pinMode(testa, INPUT);
pinMode(testb, INPUT);

//ENTRADA ENTER

pinMode(enter, INPUT);
pinMode(randon, INPUT);

//SALUDO INICIAL

delay(500);
mp3_play (51);
delay(3000);
mp3_play (85);
}

/////METODO PRINCIPAL/////

void loop () {
//lectur de estados
bs1 = digitalRead(b1);
bs2 = digitalRead(b2);
bs3 = digitalRead(b3);
bs4 = digitalRead(b4);
bs5 = digitalRead(b5);
bs6 = digitalRead(b6);
bs7 = digitalRead(b7);
bs8 = digitalRead(b8);
bs9 = digitalRead(b9);
bs10 = digitalRead(b10);
enter1 = digitalRead(enter);
randon1=digitalRead(randon);
prac1=digitalRead(prac);
test1=digitalRead(test);
test1a=digitalRead(testa);
test1b=digitalRead(testb);
if (prac1 == HIGH)
{
mp3_play (86);
delay(500);
mod=1;
}
if (test1 == HIGH)
{
mp3_play (96);
delay(500);
mod=2;
}
if (test1a == HIGH)
{
mp3_play (99);
delay(500);
mod=3;
randNumber = random(1);
Serial.println(randNumber);
delay(200);
randNumber = random(1,28);
}
}

```

```

Serial.println(randNumber);
delay(200);

num=randNumber;
Serial.print("\t num = ");
Serial.println(num);
}
if (test1b == HIGH)
{
mp3_play (98);
delay(500);
mod=4;
}

if(a==1 && b==1 && c==1 && j==1)//números
{
while(zzz<1)
{
for (int zz = 0; zz <1; zz++)
{
mp3_play (109);
delay(1000);
}
zzz=zzz+1;
}
}
else
{
zzz=0;
}

if(a==1 && b==0 && c==1 && j==0)//mayúsculas
{
while(xxx<1)
{
for (int xx = 0; xx <1; xx++)
{
mp3_play (110);
delay(1000);
}
xxx=xxx+1;
}
}
else
{
xxx=0;
}
if (bs1==LOW )
{
a=1;
digitalWrite(ledPin1, HIGH);
delay(100);
}
else if (bs1==HIGH)
{
a=0;
digitalWrite(ledPin1, LOW);
delay(100);
}
if (bs2==LOW)

```

```

{
  b=1;
  digitalWrite(ledPin2, HIGH);
  delay(100);
}
else if (bs2==HIGH)
{
  b=0;
  digitalWrite(ledPin2, LOW);
  delay(100);
}
if (bs3==LOW)
{
  c=1;
  digitalWrite(ledPin3, HIGH);
  delay(100);
}
else if (bs3==HIGH)
{
  c=0;
  digitalWrite(ledPin3, LOW);
  delay(100);
}
if (bs4==LOW)
{
  d=1;
  digitalWrite(ledPin4, HIGH);
  delay(100);
  while(ddd<1)
  {
    for (int dd = 0; dd <1; dd++)
    {
      mp3_play (103);
      delay(1000);
    }
    ddd=ddd+1;
  }
}
else if (bs4==HIGH)
{
  d=0;
  ddd=0;
  digitalWrite(ledPin4, LOW);
  delay(100);
}
if (bs5==LOW)
{
  e=1;
  digitalWrite(ledPin5, HIGH);
  delay(100);
  while(eee<1)
  {
    for (int ee = 0; ee <1; ee++)
    {
      mp3_play (104);
      delay(1000);
    }
    eee=eee+1;
  }
}
}

```

```

else if (bs5==HIGH)
{
  e=0;
  eee=0;
  digitalWrite(ledPin5, LOW);
  delay(100);
}
if (bs6==LOW)
{
  f=1;
  digitalWrite(ledPin6, HIGH);
  delay(100);
  while(fff<1)
  {
    for (int ff = 0; ff <1; ff++)
    {
      mp3_play (105);
      delay(1000);
    }
    fff=fff+1;
  }
}
else if (bs6==HIGH)
{
  f=0;
  fff=0;
  digitalWrite(ledPin6, LOW);
  delay(100);
}
if (bs7==LOW)
{
  g=1;
  digitalWrite(ledPin7, HIGH);
  delay(100);
  while(ggg<1)
  {
    for (int gg= 0; gg <1; gg++)
    {
      mp3_play (106);
      delay(1000);
    }
    ggg=ggg+1;
  }
}
else if (bs7==HIGH)
{
  g=0;
  ggg=0;
  digitalWrite(ledPin7, LOW);
  delay(100);
}
if (bs8==LOW)
{
  h=1;
  digitalWrite(ledPin8, HIGH);
  delay(100);
  while(hhh<1)
  {
    for (int hh= 0; hh <1; hh++)
    {

```

```

    mp3_play (107);
    delay(1000);
  }
  hhh=hhh+1;
}
}
else if (bs8==HIGH)
{
  h=0;
  hhh=0;
  digitalWrite(ledPin8, LOW);
  delay(100);
}
if (bs9==LOW)
{
  i=1;
  digitalWrite(ledPin9, HIGH);
  delay(100);
  while(iii<1)
  {
  for (int ii= 0; ii<1; ii++)
  {
    mp3_play (108);
    delay(1000);
  }
  iii=iii+1;
  }
}
else if (bs9==HIGH)
{
  i=0;
  iii=0;
  digitalWrite(ledPin9, LOW);
  delay(100);
}
if (bs10==LOW)
{
  j=1;
  digitalWrite(ledPin10, HIGH);
  delay(100);
}
else if (bs10==HIGH)
{
  j=0;
  digitalWrite(ledPin10, LOW);
  delay(100);
}
//modo menú
switch (mod)
{
case 1:
//logica braille
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra a
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (1);
delay(2000);
mp3_stop ();

```

```

}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letrab
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (2);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra c
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (3);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra e
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (5);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra d
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (4);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra f
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (6);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra g
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (7);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra h

```

```

{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (8);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra i
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (9);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra j
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (10);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra k
{
if (enter1 == HIGH)
{

mp3_play (11);
delay(2000);

}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra l
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (12);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra m
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (13);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra n
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (14);

```

```

delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra o
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (15);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra p
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (16);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra q
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (17);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra r
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (18);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra s
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (19);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra t
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (20);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//letra u
{

```

```

if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (21);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//letra v
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (22);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra w
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (23);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==1 &&
j==0)//letra x
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (24);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra y
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (25);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra z
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (26);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra ñ
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (50);
delay(2000);
}
}
}

```

```

//LETRAS MAYÚSCULAS

if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra A
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (52);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra B
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (53);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra C
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (54);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra E
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (56);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra D
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (55);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra F
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (57);
delay(2000);
}
}

```

```

if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra G
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (58);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra H
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (59);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra I
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (60);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra J
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (61);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra K
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (62);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra L
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (63);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra M
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (64);

```

```

delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra N
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (65);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra O
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (66);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra P
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (67);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra Q
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (68);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra R
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (69);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//letra S
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (70);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//letra T
{

```

```

if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (71);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//letra U
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (72);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//letra V
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (73);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra w
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (74);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==1 &&
j==0)//letra X
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (75);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra Y
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (76);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra Z
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (77);
delay(2000);
}
}
}

```

```

if(a==1 && b==0 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//letra Ñ
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (78);
delay(2000);
}
}

//NUMEROS

if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==1)//numero 1
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (27);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==1)//numero 2
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (28);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==1)//numero 3
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (29);
delay(2000);
mp3_stop ();
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==1)//numero 4
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (30);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==1)//numero 5
{
if (enter1 == HIGH)
{

mp3_play (31);
delay(2000);
}
}

```

```

}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==1)//numero 6
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (32);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==1)//numero 7
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (33);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==1)//numero 8
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (34);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==1)//numero 9
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (35);
delay(2000);
}
}
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==1)//numero 0
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (36);
delay(2000);
}
}

//SIGNOS DE PUNTUACION

if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//punto
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (41);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//coma

```

```

{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (39);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 &&
j==0)//punto y coma
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (46);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//dos puntos
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (47);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//gion
{
if (enter1 == HIGH)
{

digitalWrite(ledent, HIGH);
mp3_play (40);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//interrogacion
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (42);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//exclacion
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (37);
delay(2000);
}
}
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//comilla simple
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (38);

```

```

delay(2000);
}
}

//VOCALES TILDADAS

if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==1 && i==1 && j==0)//á
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (80);
delay(2000);

digitalWrite(ledent, LOW);
}
}

if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==0 && i==1 && j==0)//é
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (81);
delay(2000);
}
}

if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 && j==0)//í
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (82);
delay(2000);
}
}

if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==1 && j==0)//ó
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (83);
delay(2000);
}
}

if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==1 && i==1 && j==0)//ú
{
if (enter1 == HIGH)
{

digitalWrite(ledent, HIGH);
mp3_play (84);
delay(2000);

digitalWrite(ledent, LOW);
}
}
break;
case 2:
if(num==0)
{

```

```

num=num+1;
}
num=num;
Serial.println(num);

if(num==6)
{
delay(500);
mp3_play (99);
delay(500);
mod=3;
randNumber = random(1);
Serial.println(randNumber);
delay(200);
randNumber = random(1,28);
Serial.println(randNumber);
delay(200);

num=randNumber;
Serial.print("\t num = ");
Serial.println(num);

break;

}

//test
if(num==1)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 && j==0)//a
{
if (enter1 == HIGH)
{
//delay(500);
mp3_play (91);
delay(2000);
digitalWrite(ledent, LOW);
delay(1000);
num=2;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (1);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(500);

}
}
}
if(num==2)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 && j==0)//e
{
if (enter1 == HIGH)
{

```

```

delay(500);
mp3_play (91);
delay(2000);
digitalWrite(ledent, LOW);
delay(1000);
num=3;
Serial.println(num);

}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (5);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(500);
num=2;
}
}
}
if(num==3)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 && j==0)//i
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(500);
mp3_play (91);
delay(2000);
digitalWrite(ledent, LOW);
delay(1000);
num=4;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (9);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(500);
num=3;
}
}
}

if(num==4)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 && j==0)//o
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(500);
mp3_play (91);

```

```

delay(2000);
digitalWrite(ledent, LOW);
delay(1000);
num=5;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (15);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(500);
num=4;
}
}
}
if(num==5)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 && j==0)//u

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(500);
mp3_play (91);
delay(2000);
digitalWrite(ledent, LOW);
delay(1000);
num=6;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (21);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(500);
num=5;
}
}

break;
case 3:
if (randon1 == HIGH)
{
randNumber = random(1);
Serial.println(randNumber);
delay(200);
randNumber = random(1,28);
Serial.println(randNumber);
delay(200);
}
}

```

```

num=randNumber;
Serial.print("\t num = ");
Serial.println(num);

//test
if(num==1)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 && j==0)//a
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (1);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);

}
}
}
if(num==2)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 && j==0)//b
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(300);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (2);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}

```

```

}
}
if(num==3)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 && j==0)//c
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (3);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==4)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 && j==0)//d
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (4);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
}

```

```

if(num==5)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 && j==0)//e
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (5);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==6)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 && j==0)//f
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (6);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==7)
{

```

```

if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 && j==0)//g
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (7);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==8)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 && j==0)//h
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (8);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==9)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 && j==0)//i

```

```

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (9);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==10)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 && j==0)//j
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (10);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==11)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 && j==0)//k
{
if (enter1 == HIGH)

```

```

{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (11);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==12)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==0 && j==0)//l
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (12);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==13)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//m
{
if (enter1 == HIGH)
{

```

```

delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (13);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==14)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 && j==0)//n
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (14);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==15)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==1 && j==0)//ñ
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);

```

```

delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (50);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==16)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//o

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (15);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}

if(num==17)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//p

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);

```

```

mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (16);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==18)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 &&
j==0)//q
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (17);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==19)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==1 && i==0 &&
j==0)//r
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);

```

```

delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (18);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==20)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==0 && i==0 &&
j==0)//s

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (19);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==21)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==1 && g==1 && h==1 && i==0 && j==0)//t
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);

```

```

Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (20);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==22)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==1 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//v

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (22);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==23)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==0 && i==1 &&
j==0)//u

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);

```

```

Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (21);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==24)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//w
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (23);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==25)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==0 && i==1 &&
j==0)//x
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);

```

```

delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (24);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==26)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==1 && h==1 && i==1 &&
j==0)//y
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (25);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
}
if(num==27)
{
if(a==0 && b==0 && c==0 && d==1 && e==0 && f==1 && g==0 && h==1 && i==1 &&
j==0)//z
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
Serial.println(randNumber);
delay(1000);
randNumber = random(1, 28);
}
}
}
}

```

```

Serial.println(randNumber);
delay(1000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (26);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(2000);
mp3_play (92);
delay(3000);
}
}

break;

//test numeros
case 4:
if(num==0)
{
num=num+1;
}
num=num;

if(num==11)
{
delay(500);
mp3_play (99);
delay(500);

randNumber = random(1);
Serial.println(randNumber);
delay(200);
randNumber = random(1,28);
Serial.println(randNumber);
delay(200);

num=randNumber;
Serial.print("\t num = ");
Serial.println(num);

break;

}
Serial.println(num);
if(num==1)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 && j==1)//1

```

```

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=2;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (27);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=1;
}
}
}
if(num==2)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==0 && i==0 && j==1)//2
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=3;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (28);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=2;
}
}
}
if(num==3)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 && j==1)//3
{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=4;
Serial.println(num);
}
}
}
}

```

```

}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (29);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=3;
}
}

if(num==4)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 && j==1)//4

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=5;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (30);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=4;
}
}
}
if(num==5)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==0 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 && j==1)//5

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=6;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (31);

```

```

delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=5;
}
}
}
if(num==6)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 && j==1)//6

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=7;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (32);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=6;
}
}
}
if(num==7)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 && j==1)//7

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=8;
Serial.println(num);
}
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (33);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=7;
}
}
}
if(num==8)

```

```

{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==1 && e==1 && f==0 && g==0 && h==1 && i==0 && j==1)//8

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
num=9;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (34);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=9;
}
}
}
if(num==9)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==0 && i==0 && j==1)//9

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);
mp3_play (91);
delay(2000);
randNumber = random(3);
num=10;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (35);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=9;
}
}
}
if(num==10)
{
if(a==1 && b==1 && c==1 && d==0 && e==1 && f==0 && g==1 && h==1 && i==0 && j==1)//0

{
if (enter1 == HIGH)
{
delay(1000);

```

```
mp3_play (91);
delay(2000);
num=11;
Serial.println(num);
}
}
else
{
if (enter1 == HIGH)
{
mp3_play (36);
delay(2000);
mp3_play (79);
delay(3000);
num=10;
}
}
}
break;
default:
break;
}
}
}
```

ANEXO “C”: LISTADO DE PISTAS DE AUDIO GRABADAS Y AMPLIFICADAS

Tabla 35.

Lista de pistas de audio realizadas.

PISTAS DE AUDIO			
0001a.mp3	0027uno.mp3	0053B.mp3	0079peticion de ingreso.mp3
0002b.mp3	0028dos.mp3	0054C.mp3	0080aTILDE.mp3
0003c.mp3	0029tres.mp3	0055D.mp3	0081eTILDE.mp3
0004d.mp3	0030cuatro.mp3	0056E.mp3	0082iTILDE.mp3
0005e.mp3	0031cinco.mp3	0057F.mp3	0083oTILDE.mp3
0006f.mp3	0032seis.mp3	0058G.mp3	0084uTILDE.mp3
0007g.mp3	0033siete.mp3	0059H.mp3	0085selecciona la modalidad.mp3
0008h.mp3	0034ocho.mp3	0060I.mp3	0086 modo aprendizaje.mp3
0009i.mp3	0035nueve.mp3	0061J.mp3	0087 boton1.mp3
0010j.mp3	0036cero.mp3	0062K.mp3	0088 boton2.mp3
0011k.mp3	0037exclamación.mp3	0063L.mp3	0089 boton3.mp3
0012l.mp3	0038comillasimple.mp3	0064M.mp3	0090 boton4.mp3
0013m.mp3	0039coma.mp3	0065N.mp3	0091 boton5.mp3
0014n.mp3	0040guion.mp3	0066O.mp3	0092 boton6.mp3
0015o.mp3	0041punto.mp3	0067P.mp3	0093 combinación números.mp3
0016p.mp3	0042interrogacion.mp3	0068Q.mp3	0094 mayúsculas.mp3
0017q.mp3	0043arroba.mp3	0069R.mp3	0095 acertaste.mp3
0018r.mp3	0044igual.mp3	0070S.mp3	0096 inténtalo de nuevo .mp3
0019s.mp3	0045comillas.mp3	0071T.mp3	0097 vocales.mp3
0020t.mp3	0046puntoycoma.mp3	0072U.mp3	0098 abecedario.mp3
0021u.mp3	0047dospuntos.mp3	0073V.mp3	0099 números.mp3
0022v.mp3	0048slash.mp3	0074W.mp3	0100 prueba concluida.mp3
0023w.mp3	0049asterisco.mp3	0075X.mp3	
0024x.mp3	0050ñ.mp3	0076Y.mp3	
0025y.mp3	0051eshoradejugaryaprender.mp3	0077Z.mp3	
0026z.mp3	0052A.mp3	0078Ñ.mp3	

Fuente: criterios de diseño del proyecto.

ANEXO “D”: MANUAL DE USUARIO

JUGUETE BRAILLE



Introducción

Los niños son capaces de realizar grandes cosas, razón por la cual este juguete electrónico educativo es diseñado con la finalidad de que ayude a los infantes a estimular y desarrollar su inteligencia y ejercitaran varias habilidades.

El juguete braille diseñado para niños no videntes está acompañado de sonidos y elementos electrónicos que permitirá realizar una variedad de combinaciones braille. La Estructura externa del juguete braille se muestra en la Figura 84.

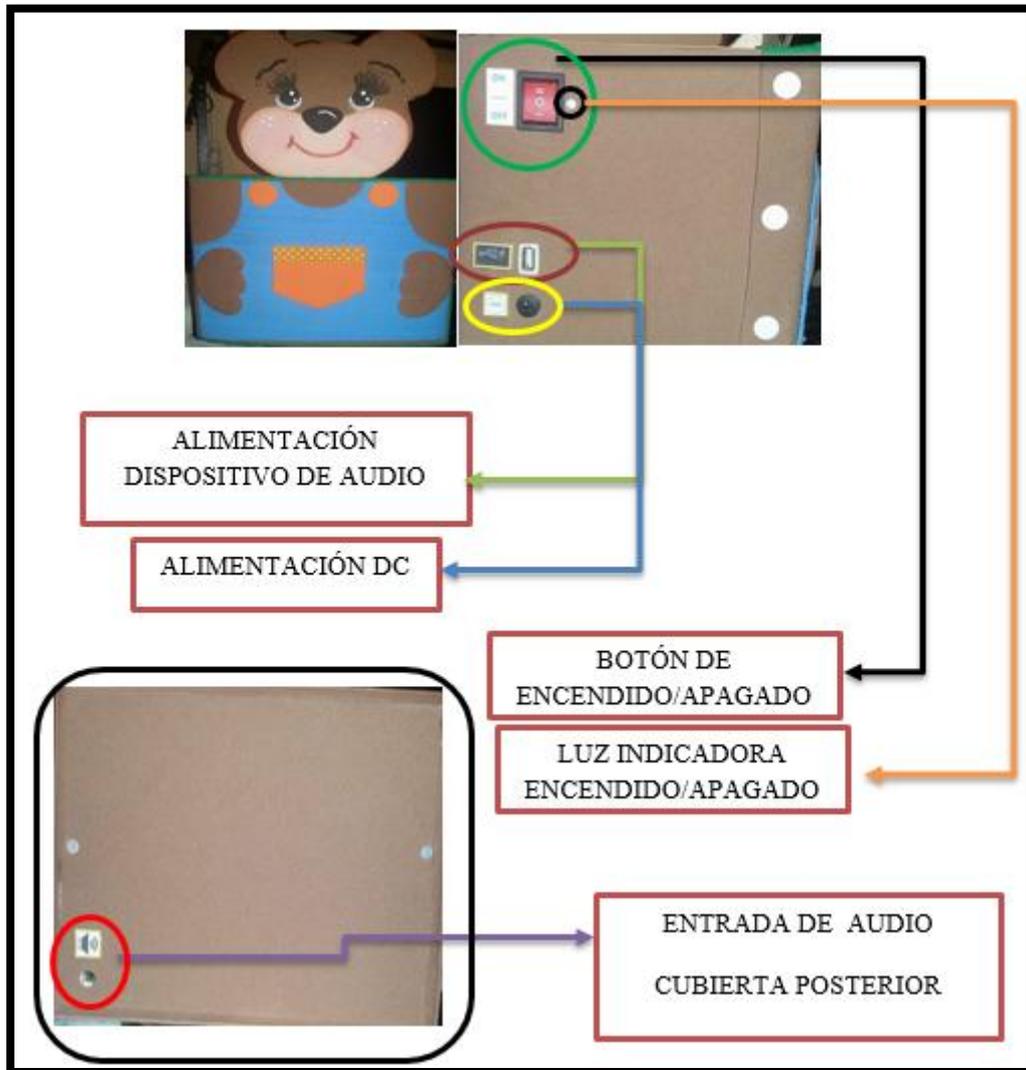


Figura 84. Juguete Braille
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En la Figura 85, se muestra la estructura del tablero de puntuaciones que forma parte del juguete braille y que significa cada uno de los botones que se observan.

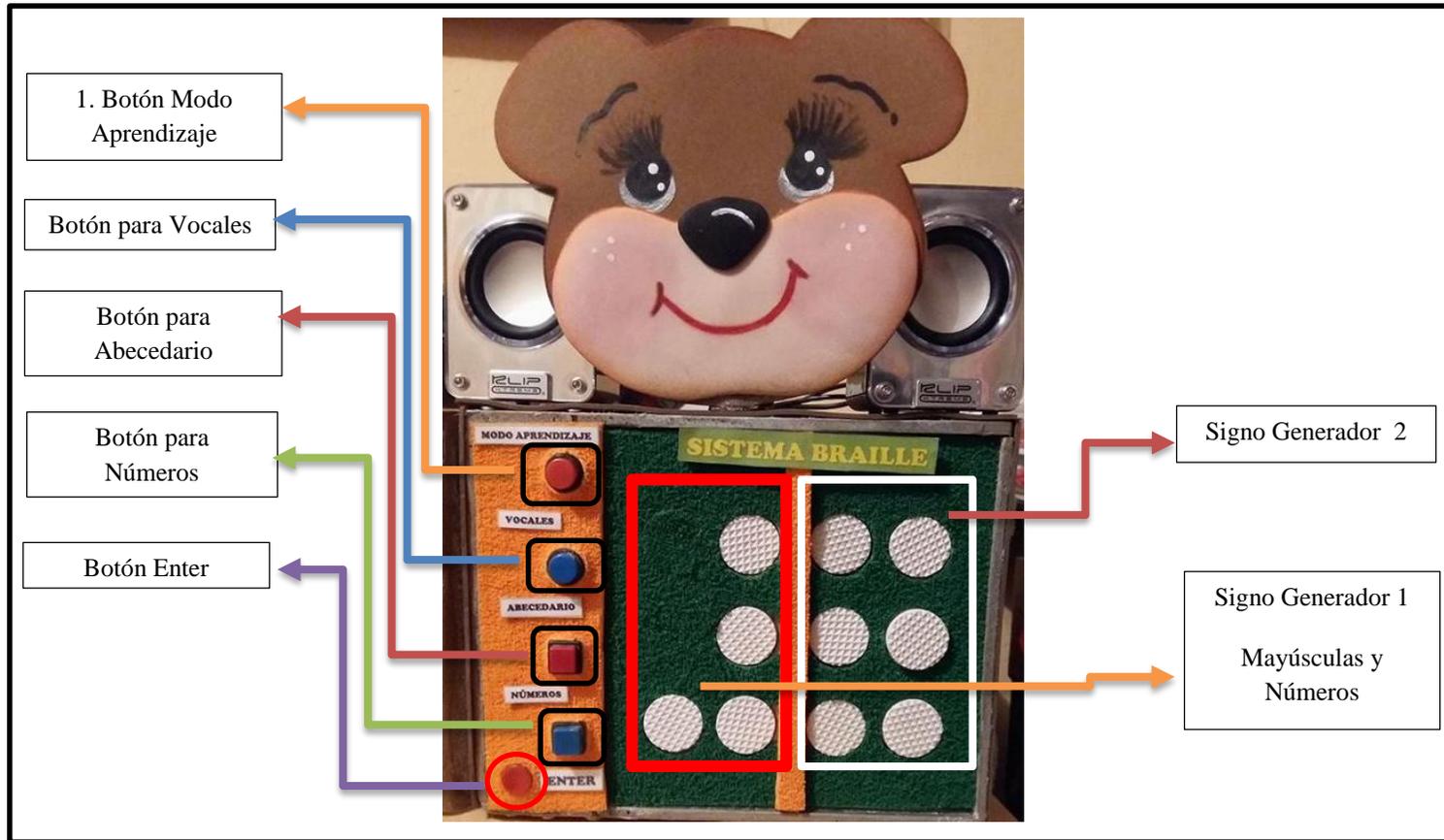


Figura 85. Grupo de instrucciones juguete braille.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

A continuación se describe cada uno de los botones que se muestran en la Figura 84.

- **Botón ENCENDIDO / APAGADO:** Permite encender y/o apagar el juguete
- **Puerto USB :** Permite alimentar cualquier tipo de parlantes que posea salida USB y tenga una potencia maxima de 3Wats. En caso de que sea de mas potencia no funcionará.
- **Jack de audio:** este Pin permite conectar un dispositivo de audio, en este caso la conexión se reliza mediante los parlantes.
- **Alimentación DC:** este Pin permite cargar el juguete en caso que se descargue.
- **Led Indicador:** al encender el juguete este se enciende, lo cual indica que se encuentra en funcionamiento.

En la Figura 86, se muestra la numeración de cada uno de los botones para el Signo Generador 2.

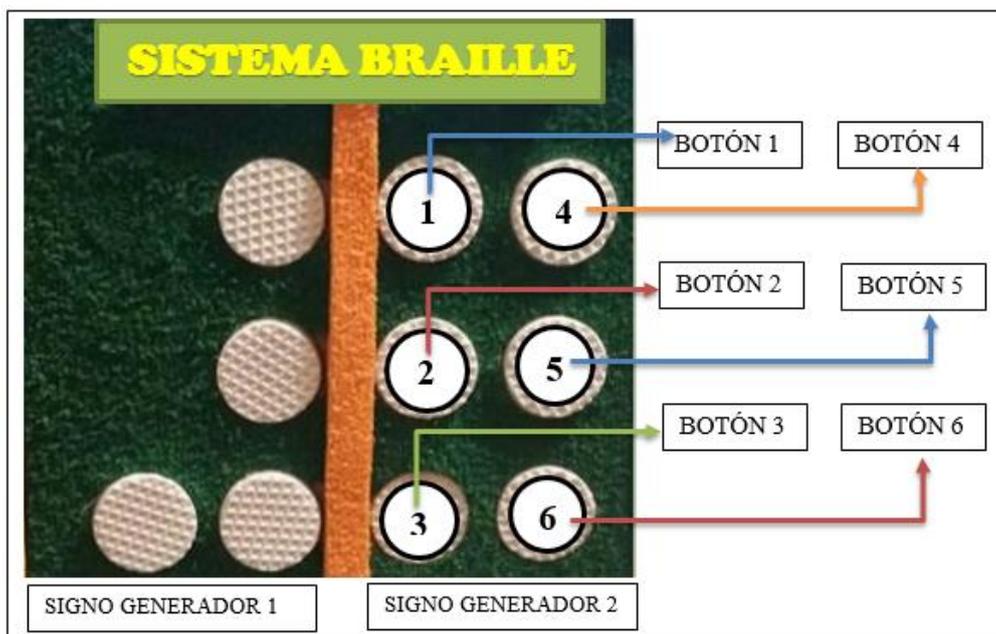


Figura 86. Puntuaciones Signo Generador 2
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Al momento que se prende el juguete el usuario podrá presionar cada uno de los botones del Signo Generador 2 para saber a qué puntuación es la que presionó. Cuando se enciende el juguete los botones deben mantenerse escondidos.

En la Figura 87, se muestra las puntuaciones que se utilizan para las letras Mayúsculas y números del 0 al 9. Como se advirtió anteriormente todos los botones deben mantenerse escondidos al momento de encender el juguete.

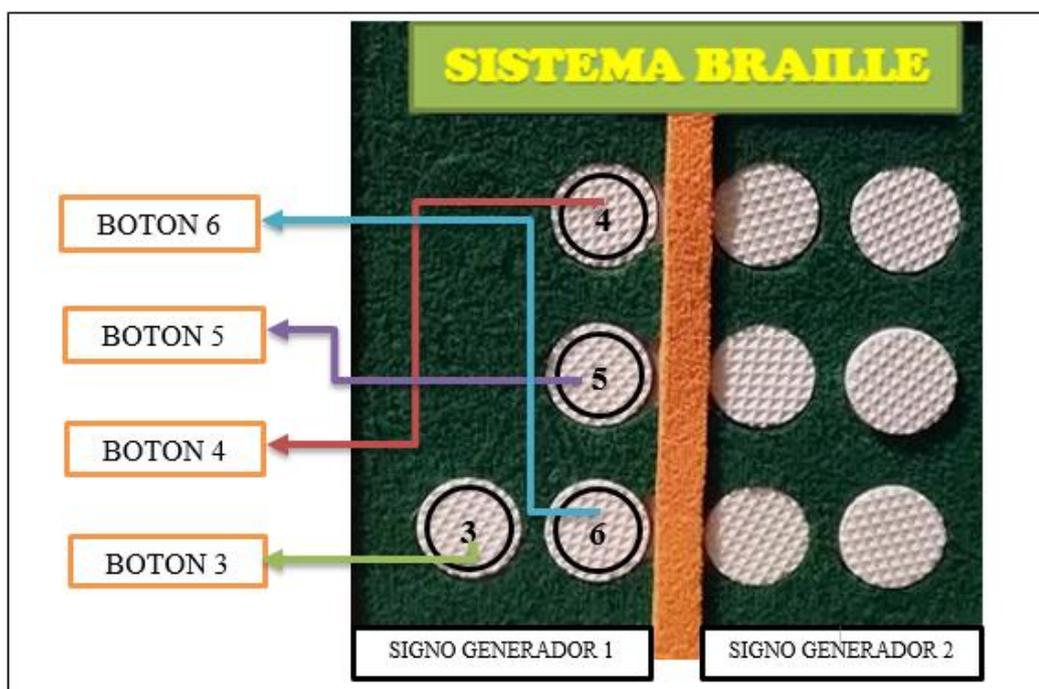


Figura 87. Puntuaciones Signo Generador 1
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En la Figura 88, se observa cómo se debe realizar la combinación de puntos para letras mayúsculas. Para este proceso se debe presionar el botón 4 y el botón 6, al realizar esta instrucción se escuchará un audio que confirma que la combinación de puntuaciones realizada es de Mayúsculas.



Figura 88. Combinación para letras Mayúsculas.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

En la Figura se observa las combinaciones de puntos para números. De igual manera para este proceso se presiona el botón 3, botón 4, botón 5 y botón 6, seguidamente se escuchará un audio que confirma que la combinación realizada es para números.



Figura 89. Combinación para Números
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

A continuación, se describe que función desempeña cada uno de los botones que forman parte del menú de control del juguete Braille que se muestran en la Figura 85.

BOTÓN MODO APRENDIZAJE: Permite al usuario tener un aprendizaje libre, este método contiene las combinaciones de letras minúsculas, mayúsculas, vocales, números y adicionalmente posee vocales tildadas y signos básicos de puntuación, además en este método se incluye un mensaje de error en caso de realizar combinaciones incorrectas o no existentes.

BOTÓN TEST VOCALES: Permite al usuario realizar un test ordenado de las vocales.

BOTÓN TEST ABECEDARIO: Permite realizar un test del abecedario minúsculo, el orden de las letras en este método es aleatorio.

BOTÓN TEST NÚMEROS: Permite realizar un test ordenado de números del 0 al 9, inicia en uno y finaliza con el cero.

BOTÓN ENTER: Este botón permite al usuario verificar las combinaciones realizadas.

EMPEZAR A JUGAR

1. Antes de encender el juguete el primer paso que se debe realizar es conectar el dispositivo de sonido (Parlantes) en el Jack de audio que se encuentra en la parte posterior del juguete.
2. Luego se conecta la salida USB del dispositivo de audio, en el puerto USB que se encuentra en la parte derecha del juguete. Cabe recalcar que los parlantes que se vayan a usar deben poseer una salida USB para su alimentación.

3. Para encender el juguete se presiona el Switch hacia arriba para que “=” se mantenga abajo, de esta manera el Switch estará en (ON). Junto a este Switch se observa un led como luz indicadora de que el juguete esta prendido y en funcionamiento. Como se muestra en la Figura 90.

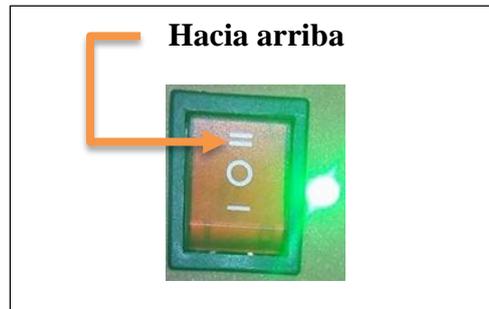


Figura 90. Botón ON
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

4. Para apagar el juguete se presiona el botón hacia abajo para que “-” se mantenga abajo, el led se apagará, el Switch estará en (OFF) y el juguete dejará de funcionar. Como se muestra en la Figura 91.



Figura 91. Botón OFF
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

ACTIVIDADES QUE SE PUEDEN REALIZAR CON EL JUGUETE BRAILLE

1. Encienda el juguete y escuchará un mensaje “ES HORA DE JUGAR Y APRENDER”, enseguida escuchará otro mensaje que pide “SELECCIONE LA MODALIDAD”.

2. Como se observa en la Figura 92. Si selecciona la modalidad aprendizaje se puede usar para aprender manera autónoma las letras del alfabeto mayúsculo, minúsculo, vocales, números del 0 al 9, vocales tildadas y signos básicos de puntuación.



Figura 92. Botón modo aprendizaje
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Por ejemplo:

- **Se desea aprender la combinación de puntuaciones para la letra “p” minúscula.**

Como se muestra en la Figura 93, la combinación de puntuaciones para la letra p se debe presionar el botón 1, botón 2, botón 3 y botón 4 del Signo Generador 2. Luego de haber presionado los botones necesarios se presiona el botón ENTER, el cual le permitirá al usuario verificar si la combinación es correcta, caso contrario se emitirá un mensaje de error “COMBINACION NO EXISTENTE”.



Figura 93. Combinación letra p.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Nota: Cada vez que se presiona un botón del Signo Generador 2 escuchará un sonido de la numeración que este tiene. Para letras minúsculas, vocales, vocales tildadas, signos de puntuación se usa solo las puntuaciones del Signo Generador 2.

- **Se desea aprender la combinación de puntuaciones para la letra “G” mayúscula.**

Como se muestra en la Figura 94, la combinación de puntuaciones para la letra G se debe presionar el botón 4 y botón 6 del Signo Generador 1 y el botón 1, botón 2, botón 3, botón 4 del Signo Generador 2. Luego de haber presionado los botones necesarios se presiona el botón ENTER, el cual le permitirá al usuario verificar si la combinación es correcta, caso contrario se emitirá un mensaje de error “COMBINACION NO EXISTENTE”.



Figura 94. Combinación Letra G
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Nota: Cada vez que presione un botón del Signo Generador 2 escuchará un sonido de la numeración que este tiene. Además, para letras mayúsculas siempre se debe presionar primero los botones 4 y 5 del Signo Generador 1 y luego los botones del signo Generador 2.

- **Se desea aprender la combinación de puntuaciones para la vocal “a”.**

Como se muestra en la Figura 95, la combinación de puntuaciones para la vocal “a” se debe presionar el botón 1 del Signo Generador 2 Luego de haber presionado los botones necesarios se presiona el botón ENTER, el cual le permitirá al usuario verificar si la combinación es correcta, caso contrario se emitirá un mensaje de error “COMBINACION NO EXISTENTE”.



Figura 95. Combinación vocal a.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Nota: Los botones del signo Generador 1 deben permanecer escondidos, es decir sin relieve.

- **Se desea aprender la combinación de puntuaciones para el número “3”.**

Como se observa en la Figura 96, la combinación de puntuaciones para el número “0” se debe presionar los botones 3, 4, 5, y 6 del Signo Generador 1, seguidamente se debe presionar el botón 1 y el botón 3 del Signo Generador 2. Luego de haber presionado los botones necesarios se presiona el botón ENTER, el cual le permitirá al usuario verificar si la combinación es correcta, caso contrario se emitirá un mensaje de error “COMBINACION NO EXISTENTE”.



Figura 96. Combinación número 3.
Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Nota: Para combinación de números los botones del Signo Generador 1 deben permanecer en relieve.

3. Si selecciona la modalidad Test de vocales, ver Figura 97, este método se lo puede usar como práctica o test. Se debe presionar el botón ENTER el cual mediante un sonido le indicará que la primera vocal que se debe realizar es la “a”, se realiza la combinación de puntuaciones correspondientes y seguidamente se presiona el botón ENTER para confirmar si la combinación es correcta mediante un sonido que dice “ACERTASTE” dando paso a la siguiente vocal; en caso de no ser la combinación correcta el juguete mediante un sonido seguirá pidiendo la combinación de la misma letra y no permitirá pasar a la siguiente vocal.



Figura 97. Botón test Vocales.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Nota: Para vocales solo se utiliza las puntuaciones del Signo Generador 2.

4. Al seleccionar la modalidad Test Abecedario, ver Figura 98, automáticamente se generará un número randómico o al azar, para conocer cuál es la letra que se generó se presiona el botón ENTER, seguidamente se realiza la combinación de puntuaciones adecuada y se vuelve a presionar el botón ENTER para confirmar si la combinación es correcta mediante un audio que dice “ACERTASTE” dando así paso a que se genere una nueva letra; en caso de que la combinación ingresada no sea correcta el juguete mediante un audio seguirá pidiendo el ingreso de la misma letra.



Figura 98. Botón test Abecedario

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Nota: Para las combinaciones del abecedario solo se usan los botones del Signo Generador 2. Los botones del Signo Generador 1 deben estar sin relieve.

5. Si se selecciona la modalidad Test numérico, ver Figura 99, este método se puede usar como práctica o test. Inicialmente se debe presionar el botón ENTER el cual mediante un audio indica que se debe realizar la combinación de puntuaciones del número 1, luego se realiza la combinación de puntuaciones adecuada y seguidamente se presiona el botón ENTER el cual mediante un audio verifica si la combinación es correcta con “ACERTASTE” dando paso al siguiente número; en caso de que la combinación de puntuaciones no sea correcta el juguete mediante un audio pedirá que ingrese el carácter adecuado del mismo número.

Nota: para realizar combinaciones de números el botón 3, botón 4, botón 5, botón 6 del Signo Generador 1 deben estar presionados y mostrarse en relieve, seguidamente se puede realizar las combinaciones para números usando los botones del Signo Generador 2.



Figura 99. Botón test Números.

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

IMPORTANTE SABER

- Para iniciar a realizar las combinaciones en braille, todos los botones deben permanecer escondidos, es decir sin relieve.
- Los botones deben ser presionados en orden del 1 al 6 dependiendo de la combinación.

- Es recomendable apagar el juguete si se deja de usarlo.
- En caso de que se haya detectado algún problema en el funcionamiento del juguete, se recomienda apagarlo, dejarlo por unos minutos y luego prenderlo nuevamente.
- Se recomienda cargar la batería cuando el juguete este apagado, para evitar daños en los dispositivos internos.
- Para el audio se recomienda usar un dispositivo de sonido que no sobrepasen los 3 Watts.
- Se debe mantener en un lugar seco y fresco.
- No mantener cerca de fuentes de calor
- No dejar caer el juguete sobre áreas duras, áreas que contengan agua o fuego.

RECOMENDACIÓN IMPORTANTE.

El juguete Electrónico Braille es una aplicación realizada con la finalidad de incluirla como herramienta para la enseñanza aprendizaje del código braille en niños de 3 a 7 años de edad del Área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte, además de que fue diseñada e implementada por una estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Con el fin de no perder el objetivo por el cual se diseñó el juguete y sea una herramienta con la cual niños con deficiencia visual tengan una mejor educación se debe realizar un mantenimiento preventivo cada dos meses de esta aplicación para poder mantenerla en uso y no perder el compromiso que se adquirió al momento de empezar a realizarla, es por ello que considero necesario que el mantenimiento de la herramienta sea realizado por los estudiantes que pertenecen a la carrera y manipulen adecuadamente los dispositivos electrónicos que se usan.

ANEXO “E”: TALLER Y EVALUACIÓN

Tabla 36.

Taller enseñanza - aprendizaje alfabeto braille.

TEMA	ACTIVIDAD	TIEMPO	DESCRIPCIÓN	RECURSOS
SISTEMA BRAILLE	Que es braille	1 hora	Se da a conocer para qué es el sistema braille de que está compuesto y para qué sirve.	Información referente al código braille
	Aceptación y respuesta ante el juguete didáctico	2 horas	Se pretende motivar a los niños con discapacidad visual, mediante el juguete braille para que inicien una educación básica braille el cual es el medio de comunicación con el cual ellos deben desenvolverse, tratando de obtener una familiarización optima ante esta aplicación.	Juguete electrónico braille
SIGNO GENERADOR	Puntuaciones Signo Generador principal.	6 horas	Se realiza la enseñanza de las puntuaciones respectivas tanto para el signo generador principal, para números y para letras mayúsculas. Así como también se indica cual es la diferencia entre cada uno de ellos.	Juguete electrónico braille Puntuaciones braille
	Puntuaciones Signo generador para números.	6 horas		
	Puntuaciones signo generador para letras mayúsculas.	6 horas		
	Diferencias entre signos generadores.	2 horas		
VOCALES BRAILLE	Enseñanza de puntuaciones para vocales.	4 horas		
	Practica de vocales braille	10 horas		

NÚMEROS BRAILLE	Enseñanza de puntuaciones para números 0-9.	4 horas		Juguete electrónico braille
ABECEDARIO BRAILLE MINUSCULO	Practica de números braille	10 horas	Se realiza la enseñanza de las puntuaciones respectivas para vocales, números del 0 al 9, abecedario minúsculo y abecedario mayúsculo, a través del juguete braille.	Puntuaciones braille
	Enseñanza de puntuaciones para letras minúsculas.	42 horas		
	Practica del abecedario	42 horas		
ABECEDARIO BRAILLE MAYÚSCULO	Enseñanza de puntuaciones para letras mayúsculas.	4 horas		
REPASO GENERAL	Evaluación de aprendizaje adquirido.	10 horas	Se realiza una evaluación de todo el alfabeto braille aprendido.	Juguete electrónico braille
TEST PRACTICO	Evaluación de vocales, abecedario y números.	5 horas	Se realiza un test de vocales números y abecedario minúsculo a través del juguete braille.	Puntuaciones braille
				Juguete electrónico braille
TIEMPO TOTAL		244 HORAS		Puntuaciones braille
		En 6 meses		

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

Tabla 37.*Resultado de Evaluación practicada.*

Método Indicadores de evaluación	EVALUACIÓN METODO DIDÁCTICO			
	NOMBRE: MARÍA FERNANDA			
	Sí	No	Puntaje	Puntaje Obtenido 0 a 10
Escucha e interpreta con claridad	✓		10	10
Actúa con iniciativa	✓		10	10
Sigue de manera puntual los procedimientos	✓		10	8
Indica un grado aceptable de comprensión	✓		10	10
Se inquieta rápidamente	✓		10	10
Reconoce el signo generador braille	✓		10	10
Reconoce el signo generador para números	✓		10	10
Reconoce el signo generador para letras mayúsculas	✓		10	10
Tiempo de aprendizaje por letra <=30 minutos	✓		10	10
Conoce combinaciones braille para vocales	✓		10	10
Representa combinaciones braille para números	✓		10	10
Representa combinaciones braille para abecedario minúsculo	✓		10	8
Representa combinaciones braille para abecedario mayúsculo	✓		10	8
	TOTAL PUNTAJE		130	126/130
	CALIFICACION /10		10/10	9,692/10

Fuente: Criterios de diseño del proyecto.

ANEXO “F”: TABLAS DE DISTRIBUCIÓN DEL JHI CUADRADO

Tabla 38.

Distribución Jhi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el Chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374

21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361
30	59,7022	56,3325	53,6719	50,8922	46,9792	43,7730	40,2560	37,9902	36,2502	34,7997	33,5302	32,3815	31,3159	30,3073	29,3360
31	61,0980	57,6921	55,0025	52,1914	48,2319	44,9853	41,4217	39,1244	37,3591	35,8871	34,5981	33,4314	32,3486	31,3235	30,3359
32	62,4873	59,0461	56,3280	53,4857	49,4804	46,1942	42,5847	40,2563	38,4663	36,9730	35,6649	34,4804	33,3809	32,3394	31,3359
33	63,8694	60,3953	57,6483	54,7754	50,7251	47,3999	43,7452	41,3861	39,5718	38,0575	36,7307	35,5287	34,4126	33,3551	32,3358
34	65,2471	61,7382	58,9637	56,0609	51,9660	48,6024	44,9032	42,5140	40,6756	39,1408	37,7954	36,5763	35,4438	34,3706	33,3357
35	66,6192	63,0760	60,2746	57,3420	53,2033	49,8018	46,0588	43,6399	41,7780	40,2228	38,8591	37,6231	36,4746	35,3858	34,3356
36	67,9850	64,4097	61,5811	58,6192	54,4373	50,9985	47,2122	44,7641	42,8788	41,3036	39,9220	38,6693	37,5049	36,4008	35,3356
37	69,3476	65,7384	62,8832	59,8926	55,6680	52,1923	48,3634	45,8864	43,9782	42,3833	40,9839	39,7148	38,5348	37,4156	36,3355
38	70,7039	67,0628	64,1812	61,1620	56,8955	53,3835	49,5126	47,0072	45,0763	43,4619	42,0450	40,7597	39,5643	38,4302	37,3354
39	72,0550	68,3830	65,4753	62,4281	58,1201	54,5722	50,6598	48,1263	46,1730	44,5395	43,1053	41,8040	40,5935	39,4446	38,3354
40	73,4029	69,6987	66,7660	63,6908	59,3417	55,7585	51,8050	49,2438	47,2685	45,6160	44,1649	42,8477	41,6222	40,4589	39,3353
45	80,0776	76,2229	73,1660	69,9569	65,4101	61,6562	57,5053	54,8105	52,7288	50,9849	49,4517	48,0584	46,7607	45,5274	44,3351
50	86,6603	82,6637	79,4898	76,1538	71,4202	67,5048	63,1671	60,3460	58,1638	56,3336	54,7228	53,2576	51,8916	50,5923	49,3349
55	93,1671	89,0344	85,7491	82,2920	77,3804	73,3115	68,7962	65,8550	63,5772	61,6650	59,9804	58,4469	57,0160	55,6539	54,3348
60	99,6078	95,3443	91,9518	88,3794	83,2977	79,0820	74,3970	71,3411	68,9721	66,9815	65,2265	63,6277	62,1348	60,7128	59,3347
70	112,3167	107,8079	104,2148	100,4251	95,0231	90,5313	85,5270	82,2553	79,7147	77,5766	75,6893	73,9677	72,3583	70,8236	69,3345
80	124,8389	120,1018	116,3209	112,3288	106,6285	101,8795	96,5782	93,1058	90,4053	88,1303	86,1197	84,2840	82,5663	80,9266	79,3343
90	137,2082	132,2554	128,2987	124,1162	118,1359	113,1452	107,5650	103,9040	101,0537	98,6499	96,5238	94,5809	92,7614	91,0234	89,3342
100	149,4488	144,2925	140,1697	135,8069	129,5613	124,3421	118,4980	114,6588	111,6667	109,1412	106,9058	104,8615	102,9459	101,1149	99,3341
120	173,6184	168,0814	163,6485	158,9500	152,2113	146,5673	140,2326	136,0620	132,8063	130,0546	127,6159	125,3833	123,2890	121,2850	119,3340

140	197,4498	191,5653	186,8465	181,8405	174,6478	168,6130	161,8270	157,3517	153,8537	150,8941	148,2686	145,8629	143,6043	141,4413	139,3339
160	221,0197	214,8081	209,8238	204,5300	196,9152	190,5164	183,3106	178,5517	174,8283	171,6752	168,8759	166,3092	163,8977	161,5868	159,3338
180	244,3723	237,8548	232,6198	227,0563	219,0442	212,3039	204,7036	199,6786	195,7434	192,4086	189,4462	186,7282	184,1732	181,7234	179,3338
200	267,5388	260,7350	255,2638	249,4452	241,0578	233,9942	226,0210	220,7441	216,6088	213,1022	209,9854	207,1244	204,4337	201,8526	199,3337
250	324,8306	317,3609	311,3460	304,9393	295,6885	287,8815	279,0504	273,1944	268,5987	264,6970	261,2253	258,0355	255,0327	252,1497	249,3337
300	381,4239	373,3509	366,8439	359,9064	349,8745	341,3951	331,7885	325,4090	320,3971	316,1383	312,3460	308,8589	305,5741	302,4182	299,3336
500	603,4458	593,3580	585,2060	576,4931	563,8514	553,1269	540,9303	532,8028	526,4014	520,9505	516,0874	511,6081	507,3816	503,3147	499,3335
600	712,7726	701,8322	692,9809	683,5155	669,7690	658,0936	644,8004	635,9329	628,8157	622,9876	617,6713	612,7718	608,1468	603,6942	599,3335

Fuente: Labrad.fisica.edu.uy. (s.f). tabla_chi_cuadrado. Obtenido de: http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf

Tabla 39.

Distribución Jhi Cuadrado χ^2 . (Continuación)

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
1	0,3573	0,2750	0,2059	0,1485	0,1015	0,0642	0,0358	0,0158	0,0039	0,0010	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
2	1,1957	1,0217	0,8616	0,7133	0,5754	0,4463	0,3250	0,2107	0,1026	0,0506	0,0201	0,0100	0,0050	0,0020
3	2,1095	1,8692	1,6416	1,4237	1,2125	1,0052	0,7978	0,5844	0,3518	0,2158	0,1148	0,0717	0,0449	0,0243
4	3,0469	2,7528	2,4701	2,1947	1,9226	1,6488	1,3665	1,0636	0,7107	0,4844	0,2971	0,2070	0,1449	0,0908
5	3,9959	3,6555	3,3251	2,9999	2,6746	2,3425	1,9938	1,6103	1,1455	0,8312	0,5543	0,4118	0,3075	0,2102
6	4,9519	4,5702	4,1973	3,8276	3,4546	3,0701	2,6613	2,2041	1,6354	1,2373	0,8721	0,6757	0,5266	0,3810
7	5,9125	5,4932	5,0816	4,6713	4,2549	3,8223	3,3583	2,8331	2,1673	1,6899	1,2390	0,9893	0,7945	0,5985
8	6,8766	6,4226	5,9753	5,5274	5,0706	4,5936	4,0782	3,4895	2,7326	2,1797	1,6465	1,3444	1,1042	0,8571
9	7,8434	7,3570	6,8763	6,3933	5,8988	5,3801	4,8165	4,1682	3,3251	2,7004	2,0879	1,7349	1,4501	1,1519
10	8,8124	8,2955	7,7832	7,2672	6,7372	6,1791	5,5701	4,8652	3,9403	3,2470	2,5582	2,1558	1,8274	1,4787
11	9,7831	9,2373	8,6952	8,1479	7,5841	6,9887	6,3364	5,5778	4,5748	3,8157	3,0535	2,6032	2,2321	1,8338
12	10,7553	10,1820	9,6115	9,0343	8,4384	7,8073	7,1138	6,3038	5,2260	4,4038	3,5706	3,0738	2,6612	2,2141
13	11,7288	11,1291	10,5315	9,9257	9,2991	8,6339	7,9008	7,0415	5,8919	5,0087	4,1069	3,5650	3,1118	2,6172
14	12,7034	12,0785	11,4548	10,8215	10,1653	9,4673	8,6963	7,7895	6,5706	5,6287	4,6604	4,0747	3,5820	3,0407

15	13,6790	13,0298	12,3809	11,7212	11,0365	10,3070	9,4993	8,5468	7,2609	6,2621	5,2294	4,6009	4,0697	3,4825
16	14,6555	13,9827	13,3096	12,6243	11,9122	11,1521	10,3090	9,3122	7,9616	6,9077	5,8122	5,1422	4,5734	3,9417
17	15,6328	14,9373	14,2406	13,5307	12,7919	12,0023	11,1249	10,0852	8,6718	7,5642	6,4077	5,6973	5,0916	4,4162
18	16,6108	15,8932	15,1738	14,4399	13,6753	12,8570	11,9462	10,8649	9,3904	8,2307	7,0149	6,2648	5,6234	4,9048
19	17,5894	16,8504	16,1089	15,3517	14,5620	13,7158	12,7727	11,6509	10,1170	8,9065	7,6327	6,8439	6,1673	5,4067
20	18,5687	17,8088	17,0458	16,2659	15,4518	14,5784	13,6039	12,4426	10,8508	9,5908	8,2604	7,4338	6,7228	5,9210
21	19,5485	18,7683	17,9843	17,1823	16,3444	15,4446	14,4393	13,2396	11,5913	10,2829	8,8972	8,0336	7,2889	6,4467
22	20,5288	19,7288	18,9243	18,1007	17,2396	16,3140	15,2787	14,0415	12,3380	10,9823	9,5425	8,6427	7,8648	6,9829
23	21,5095	20,6902	19,8657	19,0211	18,1373	17,1865	16,1219	14,8480	13,0905	11,6885	10,1957	9,2604	8,4503	7,5291
24	22,4908	21,6525	20,8084	19,9432	19,0373	18,0618	16,9686	15,6587	13,8484	12,4011	10,8563	9,8862	9,0441	8,0847
25	23,4724	22,6156	21,7524	20,8670	19,9393	18,9397	17,8184	16,4734	14,6114	13,1197	11,5240	10,5196	9,6462	8,6494
26	24,4544	23,5794	22,6975	21,7924	20,8434	19,8202	18,6714	17,2919	15,3792	13,8439	12,1982	11,1602	10,2561	9,2222
27	25,4367	24,5440	23,6437	22,7192	21,7494	20,7030	19,5272	18,1139	16,1514	14,5734	12,8785	11,8077	10,8733	9,8029
28	26,4195	25,5092	24,5909	23,6475	22,6572	21,5880	20,3857	18,9392	16,9279	15,3079	13,5647	12,4613	11,4973	10,3907
29	27,4025	26,4751	25,5391	24,5770	23,5666	22,4751	21,2468	19,7677	17,7084	16,0471	14,2564	13,1211	12,1278	10,9861
30	28,3858	27,4416	26,4881	25,5078	24,4776	23,3641	22,1103	20,5992	18,4927	16,7908	14,9535	13,7867	12,7646	11,5876
31	29,3694	28,4087	27,4381	26,4397	25,3901	24,2551	22,9762	21,4336	19,2806	17,5387	15,6555	14,4577	13,4073	12,1961
32	30,3533	29,3763	28,3889	27,3728	26,3041	25,1478	23,8442	22,2706	20,0719	18,2908	16,3622	15,1340	14,0555	12,8104
33	31,3375	30,3444	29,3405	28,3069	27,2194	26,0422	24,7143	23,1102	20,8665	19,0467	17,0735	15,8152	14,7092	13,4312
34	32,3219	31,3130	30,2928	29,2421	28,1361	26,9383	25,5864	23,9522	21,6643	19,8062	17,7891	16,5013	15,3679	14,0568
35	33,3065	32,2821	31,2458	30,1782	29,0540	27,8359	26,4604	24,7966	22,4650	20,5694	18,5089	17,1917	16,0315	14,6881
36	34,2913	33,2517	32,1995	31,1152	29,9730	28,7350	27,3363	25,6433	23,2686	21,3359	19,2326	17,8868	16,7000	15,3243
37	35,2764	34,2216	33,1539	32,0532	30,8933	29,6355	28,2138	26,4921	24,0749	22,1056	19,9603	18,5859	17,3730	15,9652
38	36,2617	35,1920	34,1089	32,9919	31,8146	30,5373	29,0931	27,3430	24,8839	22,8785	20,6914	19,2888	18,0501	16,6109
39	37,2472	36,1628	35,0645	33,9315	32,7369	31,4405	29,9739	28,1958	25,6954	23,6543	21,4261	19,9958	18,7318	17,2612
40	38,2328	37,1340	36,0207	34,8719	33,6603	32,3449	30,8563	29,0505	26,5093	24,4331	22,1642	20,7066	19,4171	17,9166
45	43,1638	41,9950	40,8095	39,5847	38,2910	36,8844	35,2895	33,3504	30,6123	28,3662	25,9012	24,3110	22,8994	21,2509
50	48,0986	46,8638	45,6100	44,3133	42,9421	41,4492	39,7539	37,6886	34,7642	32,3574	29,7067	27,9908	26,4636	24,6736

55	53,0367	51,7391	50,4204	49,0554	47,6105	46,0356	44,2448	42,0596	38,9581	36,3981	33,5705	31,7349	30,0974	28,1731
60	57,9775	56,6200	55,2394	53,8091	52,2938	50,6406	48,7587	46,4589	43,1880	40,4817	37,4848	35,5344	33,7909	31,7381
70	67,8664	66,3961	64,8990	63,3460	61,6983	59,8978	57,8443	55,3289	51,7393	48,7575	45,4417	43,2753	41,3323	39,0358
80	77,7631	76,1879	74,5825	72,9153	71,1445	69,2070	66,9938	64,2778	60,3915	57,1532	53,5400	51,1719	49,0430	46,5197
90	87,6661	85,9925	84,2854	82,5111	80,6247	78,5584	76,1954	73,2911	69,1260	65,6466	61,7540	59,1963	56,8918	54,1559
100	97,5744	95,8078	94,0046	92,1290	90,1332	87,9453	85,4406	82,3581	77,9294	74,2219	70,0650	67,3275	64,8571	61,9182
120	117,4041	115,4646	113,4825	111,4186	109,2197	106,8056	104,0374	100,6236	95,7046	91,5726	86,9233	83,8517	81,0726	77,7555
140	137,2476	135,1491	133,0028	130,7657	128,3800	125,7580	122,7476	119,0293	113,6594	109,1368	104,0343	100,6547	97,5908	93,9253
160	157,1019	154,8555	152,5564	150,1583	147,5988	144,7834	141,5475	137,5457	131,7560	126,8700	121,3457	117,6791	114,3496	110,3592
180	176,9652	174,5799	172,1373	169,5879	166,8653	163,8682	160,4206	156,1526	149,9687	144,7413	138,8205	134,8843	131,3050	127,0114
200	196,8359	194,3193	191,7409	189,0486	186,1717	183,0028	179,3550	174,8353	168,2785	162,7280	156,4321	152,2408	148,4262	143,8420
250	246,5387	243,7202	240,8297	237,8085	234,5768	231,0128	226,9048	221,8059	214,3915	208,0978	200,9387	196,1604	191,8020	186,5537
300	296,2700	293,1786	290,0062	286,6878	283,1353	279,2143	274,6901	269,0679	260,8781	253,9122	245,9727	240,6631	235,8126	229,9620
500	495,3734	491,3709	487,2569	482,9462	478,3231	473,2099	467,2962	459,9261	449,1467	439,9360	429,3874	422,3034	415,8081	407,9458
600	594,9938	590,6057	586,0930	581,3623	576,2859	570,6681	564,1661	556,0560	544,1801	534,0185	522,3654	514,5285	507,3385	498,6219

Fuente: Labrad.fisica.edu.uy. (s.f). tabla_chi_cuadrado. Obtenido de: http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf