

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:  
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECTOESCRITURA ASISTIDO POR  
AUDIO PARA EL APRENDIZAJE DE PERSONAS NO VIDENTES MEDIANTE EL  
SISTEMA BRAILLE**

**AUTORES:  
CRISTIAN ALEXIS JÁCOME MIRANDA  
JONATHAN DANIEL VACA VACA**


**Tutor:  
GUSTAVO JAVIER CAIZA GUANOCHANGA**

**Quito, octubre del 2018**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Cristian Alexis Jácome Miranda con documento de identificación N°1721060596 y Jonathan Daniel Vaca Vaca con documento de identificación N°1720873833, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECTOESCRITURA ASISTIDO POR AUDIO PARA EL APRENDIZAJE DE PERSONAS NO VIDENTES MEDIANTE EL SISTEMA BRAILLE”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Cristian Alexis Jácome Miranda  
C.I. 1721060596



Jonathan Daniel Vaca Vaca  
C.I. 1720873833

Quito, octubre del 2018.

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECTOESCRITURA ASISTIDO POR AUDIO PARA EL APRENDIZAJE DE PERSONAS NO VIDENTES MEDIANTE EL SISTEMA BRAILLE”, realizado por Cristian Alexis Jácome Miranda y Jonathan Daniel Vaca Vaca, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, octubre del 2018.



Gustavo Javier Caiza Guanochanga  
C.I. 1721192191

## DEDICATORIAS

Este proyecto se lo dedico, principalmente, a Dios quien quiso que hoy esté en este lugar, y quien me dio la fuerza para sacar adelante mi Carrera. A mi madre Gloria por su inagotable amor y comprensión en los momentos más difíciles de esta etapa, a mi padre Luis por inculcarme valores y sembrar virtudes, que hoy me permiten ser una persona de bien. A mi querida hermana Dayanna que con sus risas, ocurrencias y muestras de cariño me sacaba de los momentos de estrés permitiéndome dar lo mejor de mí.

Jácome Miranda Cristian Alexis

Este proyecto se lo dedico, principalmente, a Dios, por guiarme y protegerme en todo momento, por estar siempre conmigo en las buenas, en las malas. y por brindarme unos padres extraordinarios Marianita y Manuel, quienes han sido mi fuerza, mi motor de aliento en los momentos más difíciles de mi Carrera. Juntos hemos logrado llegar a esta meta.

Quiero culminar esta dedicatoria con la siguiente frase, que tiene mucha importancia para mi vida y expresa lo siguiente: *De nada te sirve llegar muy alto si estas solo, el éxito que se comparte se multiplica.* (Karla Wheelock)

Jonathan Daniel Vaca Vaca

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres que a pesar de que pasamos por momentos muy difíciles, supieron sacarme adelante junto con mi hermana. Muy niño me tocó salir de mi pueblo junto con mi madre a explorar un nuevo mundo en la ciudad, y gracias a la ayuda de mi padre supe acoplarme y encaminarme hacia esta meta.

Por esta razón, padres queridos, no me alcanzará la vida para agradecerles por el apoyo a lo largo de mi vida estudiantil con sus consejos y sacrificios hacia a mí.

A mis amigos Daniel, Ernesto que a lo largo de la vida universitaria han compartido alegrías, tristezas, retos, logros y juntos hemos llegado a esta meta. A Jenny por darme ese último empujón, a Lenin por esas largas conversaciones que me han hecho meditar sobre lo importante de la vida.

A nuestro tutor, el Ingeniero Gustavo Caiza por demostrar su interés para que, verdaderamente, aprendamos a llevar nuestra preparación en la Universidad a un nivel más alto.

Jácome Miranda Cristian Alexis

Queridos Padres, me haría falta toda una vida para agradecerles por todo lo que han hecho y lo que siguen haciendo para que pueda culminar mi Carrera universitaria. A mi querida madre Marianita, quien muchas noches de estudio, traspasó a mi lado, brindándome su cariño y compañía; a mi querido padre Manuel que a pesar de la distancia siempre estuvo conmigo, brindándome sus consejos y sobre todo su apoyo. El tiempo transcurrió tan rápido que lo que comenzó como un sueño, hoy se vuelve realidad gracias a ustedes.

A mis tíos Francisco, Roberto, Martita, que desde mis inicios escolares han estado siempre conmigo, gracias por apoyarme en todo momento. Ustedes son parte de este gran sueño cumplido, y de muchos que vendrán.

A todos mis amigos, gracias por su amistad incondicional y por compartir los mejores momentos de mi vida, en especial para mi compañero de tesis Cristian, quien con su esfuerzo y compromiso hemos culminado este proyecto. A mi amigo Ernesto, gracias por tus consejos y por ser como un hermano a quien admiro mucho.

A la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de aprender y crecer profesionalmente, de forma especial quiero agradecer a mi tutor Ingeniero Gustavo Caiza, por brindarme su amistad, sus conocimientos, por guiarme en estos momentos finales de mi carrera y por motivarme a seguir creciendo en mi vida profesional.

Jonathan Daniel Vaca Vaca

## ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
1.1    Planteamiento del problema .....	1
1.2    Justificación .....	2
1.3    Objetivos.....	2
1.3.1    Objetivo General .....	2
1.3.2    Objetivo Específicos.....	3
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	4
<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	4
2.1    Discapacidad visual.....	4
2.2    Discapacidad visual en la ciudad de Quito.....	4
2.3    Sistema Braille .....	4
2.2.1    Sistema Braille para adultos.....	5
2.2.1    Sistema Braille para niños.....	5
2.4    Signo generador .....	5
2.4.1    Modo lectura .....	6
2.4.2    Modo Escritura.....	6
2.5    Grados del Sistema Braille .....	7
2.5.1    Grado Uno.....	7

2.5.2	Grado Dos .....	8
2.5.3	Grado Tres.....	8
2.6	Método de enseñanza .....	8
2.6.1	Método Bliseo .....	8
2.6.2	Método Pérgano.....	8
2.6.3	Método punto a punto .....	8
2.6.4	Método Tornillo.....	9
2.7	Herramientas de apoyo para la enseñanza y aprendizaje del Sistema Braille.....	9
2.7.1	Regleta Braille .....	9
2.7.2	Máquina de Escribir <i>Perkins</i> .....	10
2.7.3	Dispositivo Braille <i>Pac Mate Omni</i> .....	10
2.7.4	<i>Smart Brailier</i> .....	11
2.7.4.1	Características .....	11
2.8	Combinaciones del Sistema Braille Grado 1 .....	12
2.9	Librería <i>Wiring pi</i> .....	12
2.10	Software Qt.....	13
<b>CAPÍTULO 3</b> .....		14
<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....		14
3.1	Diagrama de bloques del prototipo .....	14
3.1.1	<i>Raspberry Pi 3 B</i> .....	15
3.1.2	Pantalla táctil <i>raspberry</i> 7 pulgadas .....	16
3.1.3	Pulsadores .....	17
3.1.4	Solenoides <i>Push Pull</i> .....	17
3.2	Funcionamiento lógico del prototipo .....	19
3.3	<i>QT Creator</i> .....	20
3.4	Distribución de pines <i>raspberry</i> .....	20
3.5	Librería <i>Phonon</i> .....	22
3.6	Grabador de Audio de Voz Sintetizada Loquendo .....	23
3.7	Convertidor de formato de audio a <i>mp3</i> .....	25
3.8	Implementación de hardware .....	25
3.8.1	Hardware modo lectura.....	25
3.8.2	Hardware modo escritura .....	27
3.9	Placa de protecciones .....	28
<b>CAPÍTULO 4</b> .....		29



<b>ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS</b> .....	29
4.1    Etapas del Sistema Braille .....	29
4.2    Etapa de Memorización .....	30
4.2.1    Presentación de signos .....	31
4.2.2    Etapa de memorización de posiciones en lectura .....	35
4.2.3    Etapa de memorización de posiciones en escritura .....	36
4.3    Modo Lectura.....	37
4.4    Modo Escritura.....	39
4.5    Diseño físico del prototipo .....	41
4.6    Validación del prototipo .....	42
4.6.1    Resultados obtenidos de la encuesta realizada .....	42
4.6.2    Porcentaje de validación del prototipo.....	49
4.7    Relación de costos con dispositivos similares .....	50
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	51
<b>CONCLUSIONES</b> .....	51
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	53
<b>REFERERENCIAS</b> .....	54
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Signo Generador en Modo Lectura.....	6
Figura 2.2 Signo Generador en Modo Escritura.....	7
Figura 2.3 Regleta Braille .....	9
Figura 2.4 Máquina Perkins .....	10
Figura 2.5 Máquina <i>PAC Mate Omni</i> .....	11
Figura 2.6 <i>Smart Brailier</i> .....	11
Figura 2.7 Combinaciones Braille Grado 1.....	12
Figura 2.8 Pines de la <i>raspberry</i> con la librería <i>Wiring Pi</i> .....	13
Figura 3.1 Diagrama General .....	14
Figura 3.2 Pantalla .....	16
Figura 3.3 Configuración de pulsador .....	17
Figura 3.4 Solenoide <i>Push Pull</i> .....	18
Figura 3.5 Diagrama de flujo general .....	19
Figura 3.6 Interfaz <i>Qt Creator</i> .....	20
Figura 3.7 Pines de la tarjeta de desarrollo <i>raspberry pi 3 B</i> .....	21
Figura 3.8 Librería <i>Phonon</i> .....	22
Figura 3.9 Reproducción de archivo de audio.....	23
Figura 3.10 Escritura entorno Loquendo .....	24
Figura 3.11 Grabación de Audio .....	24
Figura 3.12 Entorno <i>aTube Catcher-Video Converter</i> .....	25
Figura 3.13 Circuito de control para el Modo Lectura .....	26
Figura 3.14 Diseño de la placa para el Modo de Lectura.....	26
Figura 3.15 Diseño de la placa para el Modo de Escritura .....	27
Figura 3.16 Diseño de la placa para el Modo de Escritura .....	27
Figura 3.17 Diodos de Protección .....	28
Figura 4.1 Funcionamiento del Prototipo.....	29
Figura 4.2 Etapas del Sistema Braille .....	29
Figura 4.3 Etapas de aprendizaje .....	30
Figura 4.4 Etapa de memorización .....	31
Figura 4.5 Interfaz gráfica de la etapa de memorización .....	31
Figura 4.6 Presentación del signo generador a la persona no vidente .....	32
Figura 4.7 Interfaz para la presentación del signo generador .....	32

Figura 4.8 Presentación de la combinación para formar letras mayúsculas .....	33
Figura 4.9 Interfaz para la presentación de la combinación de letras mayúsculas .....	33
Figura 4.10 Presentación de la combinación para formar números.....	34
Figura 4.11 Interfaz para la presentación de la combinación de números .....	34
Figura 4.12 Etapa de memorización de posiciones en modo lectura.....	35
Figura 4.13 Memorización de posiciones en el prototipo .....	36
Figura 4.14 Etapa de memorización de posiciones en modo escritura.....	36
Figura 4.15 Tablero del prototipo para la escritura del Sistema Braille .....	37
Figura 4.16 Solenoides usadas para el modo lectura .....	37
Figura 4.17 Categorías de aprendizaje para el modo lectura .....	38
Figura 4.18 Signo Generador para letras minúsculas .....	38
Figura 4.19 Signo Generador para letras mayúsculas.....	39
Figura 4.20 Pulsadores usados para el modo escritura .....	40
Figura 4.21 Combinación de matrices del signo generador para formar números.....	41
Figura 4.22 Prototipo de aprendizaje del Sistema Braille Grado 1 finalizado .....	41
Figura 4.23 Resultados de la pregunta 1 .....	42
Figura 4.24 Resultados de la pregunta 2 .....	43
Figura 4.25 Resultados de la pregunta 3 .....	44
Figura 4.26 Resultados de la pregunta 4 .....	44
Figura 4.27 Resultados de la pregunta 5 .....	45
Figura 4.28 Resultados de la pregunta 6 .....	46
Figura 4.29 Resultados de la pregunta 7 .....	46
Figura 4.30 Resultados de la pregunta 8 .....	47
Figura 4.31 Resultados de la pregunta 9 .....	48
Figura 4.32 Resultados de la pregunta 10 .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características <i>Raspberry pi 3 B</i> .....	15
Tabla 3.2 Características pantalla <i>raspberry 7</i> pulgadas .....	16
Tabla 3.3 Características solenoide <i>push pull</i> .....	18
Tabla 3.4 Distribución de pines para Modo Escritura .....	21
Tabla 3.5 Distribución de pines para Modo Lectura .....	22
Tabla 4.1 Cálculo de porcentaje de validación del prototipo .....	49
Tabla 4.2 Relación de precios. ....	50

## RESUMEN

El prototipo de lectoescritura asistido por audio tiene como objetivo convertirse en un instrumento de apoyo en el aprendizaje del Sistema Braille Grado 1 para personas no videntes. El dispositivo se encuentra controlado por un sistema embebido, el mismo que permite controlar dos matrices de tres filas por dos columnas de pulsadores para escritura y dos matrices de las mismas dimensiones compuestas por solenoides *push pull* para lectura. Se compone de una interfaz gráfica para la interacción, visualización y seguimiento del proceso de aprendizaje de la persona no vidente por parte del docente, además, cuenta con un sistema de audio, el cual tendrá una función específica dentro de cada etapa.

El Sistema se compone de tres etapas: La primera corresponde al modo de memorización de posiciones del signo generador en lectura y escritura, contiene un audio que guiará a la persona no vidente. Dentro de esta etapa, se ha considerado la inclusión de una subetapa llamada presentación de signos, la cual contiene la combinación de posiciones para el signo generador, para números y para letras mayúsculas. La segunda y tercera etapa corresponde a modo lectura y escritura respectivamente, las mismas que abarcan a vocales, consonantes y vocales tildadas, tanto en mayúsculas como en minúsculas, además de números, signos gramaticales y matemáticos básicos. Mediante pruebas de funcionamiento del prototipo, realizadas con profesores del Instituto “Mariana de Jesús”, se obtuvo un 91% de aceptación para que este dispositivo sirva como herramienta de apoyo para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1.

## ABSTRACT

The aim of the audio-assisted reading and writing prototype is to become a support instrument for learning the Braille System Grade 1 for blind people. The device is controlled by an embedded system, which allows controlling two matrices of three rows by two columns of push buttons for writing and two matrices of the same dimensions composed of *push pull* solenoids for reading. It consists of a graphical interface for the interaction, visualization and monitoring of the learning process of the blind person by the teacher, in addition, it has an audio system, which will have a specific function within each stage.

The system consists of three stages: The first corresponds to the mode of memorization of positions of the generating sign in reading and writing, it contains an audio that will guide the blind person. Within this stage, the inclusion of a sub-stage called presentation of signs has been considered, which contains the combination of positions for the sign generator, for numbers and for capital letters. The second and third stages correspond to reading and writing mode, respectively, which encompass vowels, consonants and vowels labeled, both in uppercase and lowercase letters, as well as numbers, basic grammatical and mathematical signs. Through testing of the prototype, carried out with teachers from the “Mariana de Jesús” Institute, 91% acceptance was obtained for this device to serve as a support tool for the teaching of the Grade 1 Braille.

## INTRODUCCIÓN

El sistema de lectura y escritura Braille, está diseñado para ser explorado de forma táctil, principalmente por personas no videntes y por las que tienen deficiencias visuales graves. Este Sistema presenta dificultades al momento de su aprendizaje, como por ejemplo, la memorización equivocada de una ubicación de puntos, correspondientes a una determinada letra dentro del signo generador.

Existen diversos prototipos para mejorar el proceso de alfabetización para las personas con discapacidad visual, el cual utiliza un arduino como controlador de todo el Sistema, ya que cuenta con una plataforma de software libre (no posee sistema operativo), que junto con un módulo mp3 permitirá reproducir el audio. (Ortega Pérez, 2017). Partiendo de eso, se ha utilizado un sistema embebido conocido como *raspberry pi 3 B*, el cual cuenta con un sistema operativo propio llamado *Raspbian* y posee su propia tarjeta de audio y video, así como puertos usb que permiten el acoplamiento de parlantes para la salida de audio del dispositivo.

El presente trabajo, se encuentra detallado en cinco capítulos: El capítulo uno presenta el planteamiento del problema, la justificación del proyecto, el objetivo general y los específicos. El capítulo dos se basa en conceptos principales como discapacidad visual, Sistema Braille tanto en adultos como en niños, signo generador, grados del Sistema Braille, herramientas de apoyo para la enseñanza y aprendizaje del Sistema Braille. El capítulo tres presenta el diseño de hardware, mediante el uso de elementos electrónicos, a su vez, en el software la programación en la plataforma de desarrollo libre, así como también, los planos de diseño del prototipo. Además conceptos de sistema embebido como es la *raspberry*. Utilización de librerías previo a la utilización del software *QT Creator* en el sistema operativo *raspbian*, convertidor de texto a voz en software libre. Por último, en el capítulo cuatro se presentan los resultados obtenidos mediante pruebas de funcionamiento y posterior validación por parte de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús”. Finalmente, en el capítulo cinco se muestran las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Según la Organización Mundial de la Salud, la cantidad de las personas con discapacidad visual se estimaron en 285 millones en 2010, de los cuales 39 millones eran ciegos. Además, el 90% de las personas con discapacidad visual viven en países de ingresos medios y bajos, donde la educación adecuada podría significar un lujo. (Organización Mundial de la salud, 2017)

Las estadísticas del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS), indican que existen un total de 52.847 personas con discapacidad visual, es decir, el 12% de la población ecuatoriana. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2015)(CONADIS, 2018)

Los centros educativos para personas con discapacidad visual no cuentan con tecnología actual y de bajo costo, que les permita agilizar una enseñanza personalizada del Sistema Braille Grado 1, de una manera eficaz y eficiente.

Es importante que las personas no videntes que se encuentran en su etapa de aprendizaje identifiquen y se familiaricen de una manera correcta con el signo generador, lo que evitará errores en la identificación de la posición de los puntos, con otras letras del alfabeto que forman cada una de ellas. (Sánchez Solano, 2015)

El hecho de utilizar una misma configuración para signos diferentes aumenta tanto a las dificultades en la discriminación como en la dificultad añadida en el aprendizaje de la lectura y escritura de las personas no videntes. (Sánchez Solano, 2015)

Las nuevas tecnologías no pueden ser la competencia del Sistema Braille, sino el complemento ideal, por medio del cual, las personas no videntes, aumenten el grado de autonomía en el proceso de aprendizaje. (Española & ONCE, 2015)



## **1.2 Justificación**

La enseñanza del Sistema Braille para las personas no videntes es muy importante ya que permite a un individuo llegar a ser una persona que aporte a la sociedad y a su vez, a no ser discriminada por su discapacidad.

Para facilitar la enseñanza a una persona con discapacidad visual, hay que tener en cuenta que los sentidos del tacto y la audición se desarrollan de una manera eficiente, generando que las personas no videntes, preparen su cerebro para identificar patrones, como los del Sistema Braille. (Aucay, 2016)

Cuando se trabaja la escritura y lectura al mismo tiempo, se espera que la persona no vidente, distinga las diferentes posiciones del signo generador, para que logre crear la imagen de cada combinación del Sistema Braille en su mente. Con la finalidad de evitar una confusión con las 63 letras del Sistema Braille y que, a su vez, la persona realice una adecuada discriminación de estas. (Española & ONCE, 2015)

Para las personas con discapacidad visual, aprender Braille, un sistema de lectura y escritura a través del tacto, será necesario para continuar su aprendizaje académico y a su vez mejorar su orientación al momento de usar el signo generador del Sistema Braille, el mismo que permite la ubicación de los puntos en el espacio, asignándoles no un número, sino una posición referencial en el espacio: arriba, abajo, en medio, izquierda, derecha. (Española & ONCE, 2015)

El proyecto se enfoca en un prototipo funcional, de lectura y escritura asistido por audio para el aprendizaje del Sistema Braille Grado 1, a un bajo costo, de manera interactiva y accesible, tanto para la persona no vidente como para el educador, este último contará con un sistema de visualización para dar seguimiento al proceso de aprendizaje del Sistema Braille.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de lectura y escritura asistido por audio para el aprendizaje de personas no videntes bajo el Sistema Braille Grado 1.

### **1.3.2 Objetivo Específicos**

- Recopilar información de *papers*, documentos y/o prototipos existentes sobre el Sistema de aprendizaje Braille para determinar los componentes tanto de hardware como de software que integrarán el prototipo.
- Diseñar un prototipo de bajo costo, controlado por un sistema embebido para el aprendizaje del Sistema Braille Grado 1.
- Implementar un sistema de escritura y lectura para el aprendizaje del Sistema Braille en base a la información recopilada.
- Utilizar un convertidor de texto a voz para indicar la letra o número que la persona no vidente esté presionando en el signo generador.
- Elaborar un sistema de visualización para dar seguimiento al proceso de aprendizaje del Sistema Braille.
- Validar el funcionamiento del prototipo en ambientes reales con los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” para analizar su desempeño.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO DEL ARTE**

#### **2.1 Discapacidad visual**

La discapacidad visual es la reducción parcial o total de las funciones del sentido de la vista; cuando la persona ha perdido completamente la visión, no pueden diferenciar ningún objeto y necesitan ayuda para acceder a la información por medio del sentido del tacto y el sentido del oído, por el contrario, cuando presentan deficiencia visual, son capaces de distinguir objetos (grandes y medianos) sin distinguir detalles especiales. (Gaibor, 2016)(Once, 2018)

Una persona con discapacidad visual , presentará limitaciones para realizar actividades de forma autónoma, o la dificultad para acceder a información, a la educación, al trabajo, etc., por lo cual, necesitará reinserción en la sociedad, sistemas de aprendizaje como el Braille, equipos tecnológicos, computadores, máquinas de escribir Braille, entre otros, que les permitan ser independientes y desenvolverse con seguridad, venciendo las barreras limitadoras de la sociedad actual.(Gaibor, 2016)

#### **2.2 Discapacidad visual en la ciudad de Quito**

En la Ciudad de Quito, el Instituto Especializado para niños ciegos y sordos “Marianita de Jesús”, es una institución de educación especial para personas con discapacidad visual, que en su mayoría son de condiciones económicas bajas, permitiéndoles desarrollar sus capacidades e inclusión social. El Instituto anhela contar con los adelantos técnicos y tecnológicos necesarios y semejantes a los que tienen las instituciones de alto nivel a nivel mundial, lo que permitirá el desarrollo de destrezas que ayude a sus alumnos a tener una mejor calidad de vida. (Instituto Mariana de Jesús, 2015)

#### **2.3 Sistema Braille**

El Sistema Braille no es un idioma, es un código, el cual se convierte en una herramienta muy necesaria para la comunicación de las personas no videntes, permitiendo la identificación y discriminación de caracteres para leer y escribir. (Española & ONCE, 2015)

Los caracteres que se forman a través del signo generador deben tener una distribución y tamaño determinado para una correcta lectura a través del tacto, la misma que se encuentra establecida por la Comisión Braille Española (CBE) y por la Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE). (Española & ONCE, 2015)

### **2.2.1 Sistema Braille para adultos**

Un adulto que presenta discapacidad visual necesita aprender un nuevo código de lectura y escritura llamado Braille. Para lo cual, necesitará entrenar el sentido del tacto para poder iniciar el aprendizaje. (Lafuente de Frutos, 2016)

No es lo mismo enseñar a una persona ciega adulta con la misma metodología que se enseña a un niño. Ya que, el adulto presentará una mayor dificultad para la discriminación táctil de los diferentes caracteres, debido a que no ha desarrollado esa habilidad. Por tanto, se debe evitar que rechace al Sistema por las dificultades que pueda presentar al momento de su aprendizaje. (Lafuente de Frutos, 2016)

Si presenta un nivel de visión moderado bajo, pueden aprender el Sistema Braille utilizando el sentido de la vista, para después hacerlo a través del tacto, resultando más fácil el aprendizaje y su adaptación. (Lafuente de Frutos, 2016)

### **2.2.1 Sistema Braille para niños**

Para el aprendizaje del Sistema Braille de los niños con discapacidad visual, es necesario que estos tengan una buena orientación espacial y el sentido del tacto desarrollado. Además, deben dominar los términos arriba, medio, abajo, derecha e izquierda, también el conocimiento de figuras geométricas básicas, así como también los signos del Sistema Braille. (Valdez, 2018)

## **2.4 Signo generador**

Es una celda o cajetín, formado por seis puntos en relieve, organizados, especialmente, por una matriz de tres filas por dos columnas. Las columnas son identificadas como columna izquierda o derecha y los puntos correspondientes a las filas se enumeran de arriba hacia abajo. La primera columna le corresponde la

numeración de las filas (1,2,3) y la segunda columna queda formada por las filas (4,5,6). (Noboa & Noboa, 2015)

### 2.4.1 Modo lectura

Para la lectura en el Sistema Braille se procede a hacerlo de izquierda a derecha en el signo generador, tal como se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Signo Generador en Modo Lectura



Ubicación y numeración de posiciones del signo generador. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

La lectura de posiciones quedaría de la siguiente manera:

Posición 1: Columna izquierda Fila arriba

Posición 2: Columna izquierda Fila medio

Posición 3: Columna izquierda Fila abajo

Posición 4: Columna derecha Fila arriba

Posición 5: Columna derecha Fila medio

Posición 6: Columna derecha Fila abajo

### 2.4.2 Modo Escritura

Para la escritura en el Sistema Braille se procede a hacerlo de derecha a izquierda en el signo generador, tal como se muestra en la Figura 2.2.

Figura 2.2 Signo Generador en Modo Escritura



Ubicación y numeración de posiciones del signo generador. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

La escritura de posiciones quedaría de la siguiente manera:

Posición 1: Columna derecha Fila arriba

Posición 2: Columna derecha Fila medio

Posición 3: Columna derecha Fila abajo

Posición 4: Columna izquierda Fila arriba

Posición 5: Columna izquierda Fila medio

Posición 6: Columna izquierda Fila abajo

## 2.5 Grados del Sistema Braille

### 2.5.1 Grado Uno

Consiste en expresar y aprender uno a uno los diferentes caracteres, de forma similar al utilizado por las personas videntes, permitiendo el aprendizaje y asimilación de la instrucción de una manera sencilla, en la cual, la interpretación del símbolo será mucho más cómodo, y servirá como punto de partida para el aprendizaje de las 64 combinaciones del signo generador en el Sistema Braille. (Aldaz Sánchez, 2016)

### **2.5.2 Grado Dos**

Consiste en aprender un determinado número de abreviaciones de palabras comunes, combinaciones de letras, prefijos, sufijos, etc. Facilitando la escritura y lectura en personas no videntes con un buen nivel de conocimiento Braille. (Aldaz Sánchez, 2016)

### **2.5.3 Grado Tres**

Es un nivel de conocimiento muy elevado, que requiere un gran esfuerzo para escribir, leer como para quienes requieran tomar notas y llevar registros particulares. Es importante que el sentido del tacto se encuentre bien desarrollado. (Aldaz Sánchez, 2016)

## **2.6 Método de enseñanza**

Para iniciar con el aprendizaje adecuado, la persona no vidente debe desarrollar el sentido del tacto, mediante el uso de objetos grandes, de diferentes texturas, que lo vayan familiarizando con el cajetín Braille, para poder percibir la información de una manera más eficiente e iniciar con el aprendizaje del Sistema Braille, identificando cada una de las seis posiciones del signo generador y generando en su mente una imagen mental de las mismas. (Aucay, 2016)

### **2.6.1 Método Bliseo**

Este método está dirigido a personas no videntes adultas con un buen nivel de formación y con un amplio vocabulario. Es importante que el manejo del signo generador sea fluido, para luego profundizar con el aprendizaje del abecedario en el orden alfabético tradicional. (Aucay, 2016)

### **2.6.2 Método Pérgano**

Es un método de alfabetización dirigido a adultos, inicia con el aprendizaje del signo generador, y presenta en orden letras mayúsculas, minúsculas, luego viene la enseñanza de los números y signos de puntuación básicos. (Ortega Pérez, 2017)

### **2.6.3 Método punto a punto**

Es un método complejo, el cual contiene dos series, la primera se enfoca a la prelectura y preescritura, en la cual comienza una serie orientada a familiarizarse con

las posiciones en el signo generador y a su vez, reconocer las principales letras (a, e, o, etc.). La segunda serie está orientada a la enseñanza propia del Sistema Braille, incluye ejercicios de reconocimiento, discriminación y combinación de las letras en un orden ya establecido. (Lafuente de Frutos, 2016)

#### **2.6.4 Método Tornillo**

Es un método orientado a niños de 5 y 6 años para comenzar con la lectoescritura Braille. Este método se enfoca en que el niño no vidente, obtenga una comprensión de lectura muy eficaz, mediante el uso de materiales en relieve o con diferentes texturas. Para la introducción de las letras en cierto orden, se debe tomar en cuenta la dificultad en la discriminación de posiciones al formar una letra, ya que algunas podrían causar confusión. (Española & ONCE, 2015)

### **2.7 Herramientas de apoyo para la enseñanza y aprendizaje del Sistema Braille**

#### **2.7.1 Regleta Braille**

La escritura manual en Braille se realiza mediante dos herramientas principales que son: la regleta y el punzón, tal como se muestra en la Figura 2.3. La regleta puede ser de plástico o metal y existen en diferentes tamaños: pequeños, de media cuartilla y tamaño folio. Consta de dos planchas: la superior tiene las celdas Braille alineadas en filas y columnas y la parte inferior contiene los puntos del signo generador; entre ambas planchas se coloca el papel donde quedarán señalados los caracteres en Braille, los mismos que se marcarán punto a punto. (Lafuente de Frutos, 2016)

Figura 2.3 Regleta Braille



Regla plástica con punzón para escritura Braille. Fuente: (CIDAT & ONCE, 2018)



### 2.7.2 Máquina de Escribir *Perkins*

Es una máquina utilizada para la escritura del Sistema Braille, para personas de distintos niveles con discapacidad visual. Con esta máquina de fácil manejo, que se muestra en la Figura 2.4, se ha logrado que la persona no vidente aumente su velocidad de escritura, esto es posible ya que se escribe tal y como se lee. Permite escribir 35 líneas de 42 caracteres. (Tiflonexos, 2018)

Figura 2.4 Máquina Perkins



Máquina de escribir., Fuente: (ONCE, 2018)

### 2.7.3 Dispositivo Braille *Pac Mate Omni*

Las creaciones de nuevas tecnologías han brindado una oportunidad de ayuda a los más necesitados, en el caso actual se presenta un dispositivo pensado en la accesibilidad a las personas no videntes a comunicarse a través de sus múltiples funciones, se trata del *Pac Mate Omni*. Este dispositivo, que se muestra en la Figura 2.5, es una computadora portátil que proporciona acceso de voz a las aplicaciones de Windows Mobile para personas no videntes, así como también acceso al Sistema Braille. Se sincroniza como una computadora de escritorio donde sin ningún problema se enlazarán a la web y se comunicarán a través del correo electrónico, podrá manejar los archivos y realizar múltiples actividades con las herramientas de Windows. (Scientific, 2015)

Figura 2.5 Máquina *PAC Mate Omni*



Computador portátil con acceso a voz y Braille. Fuente: (Scientific, 2015)

#### 2.7.4 *Smart Brailier*

*SMART Brailier*, mostrada en la Figura 2.6, es una herramienta electrónica de aprendizaje Braille inicial diseñada para promover una experiencia educativa interactiva entre estudiantes, maestros y padres al mostrar, vocalizar y escribir lo que escribe un estudiante. (Perkins School for the Blind, 2018)

Figura 2.6 *Smart Brailier*



Dispositivo para la enseñanza del Sistema Braille. Fuente: (Perkins School for the Blind, 2018)

##### 2.7.4.1 *Características*

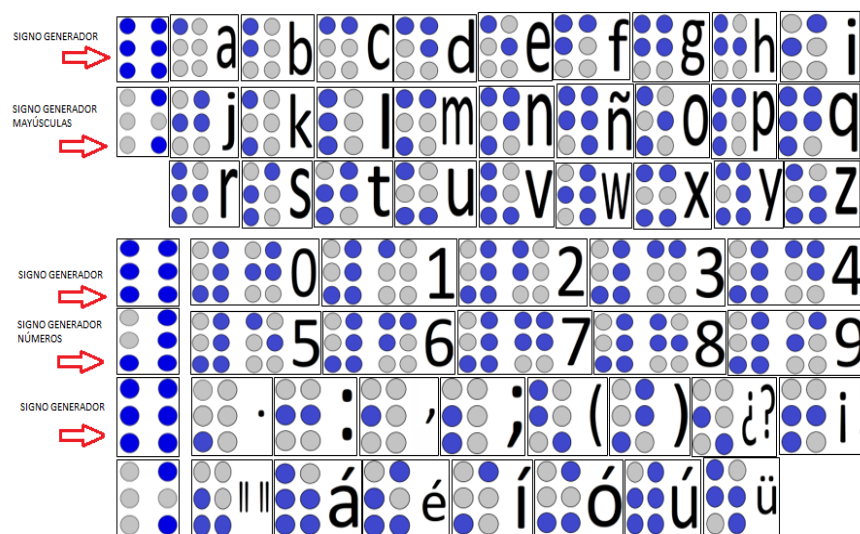
- Toma de auriculares y control de volumen
- Batería recargable y extraíble
- La pantalla de video muestra la Simbología Braille y letras grandes

- Comentarios de audio a través del texto a voz de Acapela Group, opciones de voz masculina / femenina
- Capacidades mecánicas de Braille
- Plataformas de idiomas en inglés unificado Braille, inglés, inglés británico, español, francés, alemán, ruso, sueco, polaco, turco, árabe y portugués
- La salida de Braille se ajusta al Servicio de la Biblioteca Nacional de los Estados Unidos para el estándar de tamaño y espaciado de persianas. (Perkins School for the Blind, 2018)

## 2.8 Combinaciones del Sistema Braille Grado 1

En la Figura 2.7 se muestra las distintas combinaciones del signo generador con el cual se forma las letras del alfabeto (mayúsculas y minúsculas), números, vocales tildadas (mayúsculas y minúsculas), signos gramaticales.

Figura 2.7 Combinaciones Braille Grado 1



Combinaciones del Signo Generador para letras, números, signos gramaticales, etc. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

## 2.9 Librería Wiring pi

La librería *Wiring Pi* permite programar y configurar los pines GPIO de una manera más sencilla como en el entorno *Arduino*. Se puede usar esta librería para leer y escribir en los pines GPIO de la *Raspberry*. Utiliza su propio sistema de numeración de pines de la librería, permite visualizar los pines físicos, indicando que función cumplen cada uno de ellos y el estado lógico en el que se encuentran. Para visualizar

los pines y estados se digita el siguiente código en la consola “*gpio readall*” como se muestra en la Figura 2.8.

Figura 2.8 Pines de la *raspberry* con la librería *Wiring Pi*

```

pi@raspberrypi:~$ gpio readall
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| BCM | wPi | Name | Mode | V | Physical | V | Mode | Name | wPi | BCM |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 2 | 0 | 3.3v | | | 1 | 2 | | | 5v | | |
| 3 | 0 | SDA.1 | IN | 1 | 3 | 4 | | | 5v | | |
| 4 | 7 | SCL.1 | IN | 1 | 5 | 6 | | | 0v | | |
| 4 | 7 | GPIO.7 | IN | 0 | 7 | 8 | 0 | IN | TxD | 15 | 14 |
| | | | | | 9 | 10 | 1 | IN | RxD | 16 | 15 |
| 17 | 0 | GPIO.0 | OUT | 0 | 11 | 12 | 0 | IN | GPIO.1 | 1 | 18 |
| 27 | 2 | GPIO.2 | OUT | 0 | 13 | 14 | | | 0v | | |
| 22 | 3 | GPIO.3 | OUT | 0 | 15 | 16 | 0 | IN | GPIO.4 | 4 | 23 |
| | | | | | 17 | 18 | 0 | IN | GPIO.5 | 5 | 24 |
| 10 | 12 | 3.3v | | | 19 | 20 | | | 0v | | |
| 9 | 13 | MOSI | OUT | 0 | 21 | 22 | 0 | IN | GPIO.6 | 6 | 25 |
| 11 | 14 | MISO | OUT | 0 | 23 | 24 | 1 | IN | CE0 | 10 | 8 |
| | | | | | 25 | 26 | 1 | IN | CE1 | 11 | 7 |
| 0 | 30 | SCL.0 | IN | 1 | 27 | 28 | 1 | IN | SCL.0 | 31 | 1 |
| 5 | 21 | GPIO.21 | OUT | 0 | 29 | 30 | | | 0v | | |
| 6 | 22 | GPIO.22 | OUT | 0 | 31 | 32 | 0 | IN | GPIO.26 | 26 | 12 |
| 13 | 23 | GPIO.23 | OUT | 0 | 33 | 34 | | | 0v | | |
| 19 | 24 | GPIO.24 | OUT | 0 | 35 | 36 | 0 | IN | GPIO.27 | 27 | 16 |
| 26 | 25 | GPIO.25 | IN | 0 | 37 | 38 | 0 | IN | GPIO.28 | 28 | 20 |
| | | | | | 39 | 40 | 0 | IN | GPIO.29 | 29 | 21 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

```

Distribución de pines de la tarjeta *raspberry pi 3 B*, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

## 2.10 Software Qt

Qt está diseñado para desarrollar aplicaciones e interfaces de usuario multiplataforma para escritorio, integrado y móvil (Linux, Windows, Mac, Android, IOS, etc.), la cual incluye librerías, herramientas para la generación de aplicaciones de interfaz gráfica en C++. (The Qt Company, 2018b)

Las aplicaciones creadas con Qt son muy elegantes, de aspecto amigable para el usuario y la operación de esta es sencilla. Además, la versión utilizada para este proyecto es de software libre y su licencia es gratuita.

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En este capítulo se detallará la implementación del Sistema embebido junto con diferentes componentes electrónicos en el prototipo; además de su funcionamiento lógico y estructura tanto de software como de hardware.

#### 3.1 Diagrama de bloques del prototipo

La construcción y diseño del prototipo de enseñanza del Sistema Braille surge en base al diagrama de bloques presentado en la Figura 3.1

Figura 3.1 Diagrama General

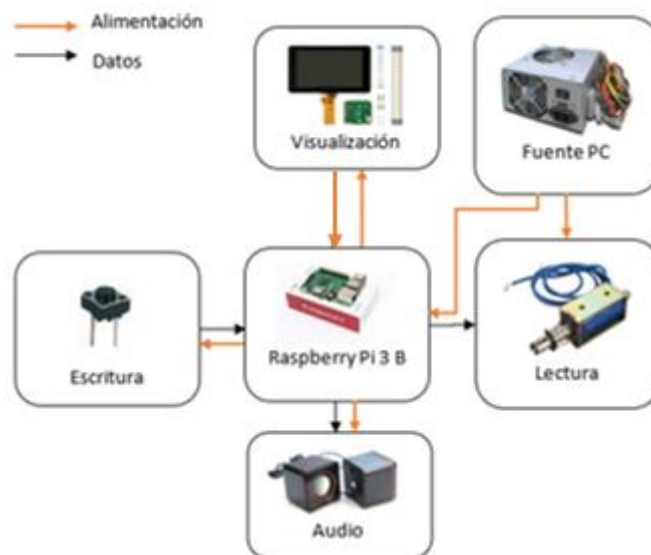


Diagrama de bloques general del esquema del prototipo Braille, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En el diagrama de la Figura 3.1 se muestra que la tarjeta de desarrollo *raspberry* es la encargada de controlar todo el Sistema y es alimentada con la línea de 5v, consumiendo 2.5 A de los 16 A que entrega la fuente de pc de 700 W, este Sistema embebido está siendo usado para salida y entrada de datos digitales. El bloque correspondiente a lectura se compone de 10 bobinas solenoides *push pull*, las cuales se encargan de formar una interfaz táctil (signo generador) para la persona no vidente, debido a la gran demanda de corriente por parte de los solenoides dicho bloque se encuentra alimentado por una línea de 5 voltios de la fuente de todo el

Sistema. Diez pulsadores forman parte del bloque de escritura del Sistema Braille que de igual forma crean una interfaz táctil. Los bloques de escritura y lectura se evidencian en la pantalla orientado al maestro, junto con los parlantes que guían a la persona no vidente. A continuación, se presenta y se explica el por qué se ha escogido cada uno de los elementos del diagrama de bloques presentado en la Figura 3.1

### 3.1.1 *Raspberry Pi 3 B*

Este miniordenador de placa reducida ha sido escogido para el desarrollo de la programación del prototipo ya que posee características de software y hardware de altas y mejoradas prestaciones respecto a modelos anteriores, mismas que son aprovechadas para la ejecución del presente proyecto, que, entre otras las más importantes a ser utilizadas por el tutor Braille son su velocidad de procesamiento, su capacidad de almacenamiento y su portabilidad. (Caiza & García, 2017)

Las especificaciones técnicas de la tarjeta encargada de controlar todo el prototipo de enseñanza del Sistema Braille se las detalla en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Características *Raspberry pi 3 B*

<b>RASPBERRY PI 3 B</b>	
Procesador	BCM2837, cortex-a53 (armv8) 64-bit soc
Frecuencia de reloj	1,2 ghz
Gpu	Videocore iv 400 mhz
Memoria	1GB IPDDR2 SD Ram
Conectividad inalámbrica	2.4ghz IEEE 802.11.b/g/n bluetooth 4.1
Conectividad de red	Fast Ethernet 10/100 Gbps
Puertos	Gpio 40 pines Hdmi 4 x Usb 2.0 CSI (cámara <i>raspberry pi</i> ) DSI (pantalla táctil) toma auriculares / vídeo compuesto Micro SD Micro USB (alimentación)
Dimensiones	85 x 56 x 17 mm
Alimentación	Micro USB socket 5v, 2.5 a

Detalle de elementos y prestaciones de la tarjeta *raspberry pi 3 B*. Fuente: (Components RS, 2016)

### 3.1.2 Pantalla táctil *raspberry* 7 pulgadas

La pantalla táctil mostrada en la Figura 3.2 ha sido escogida por sus características mostradas en la Tabla 3.2 como por ejemplo la capacidad táctil de 10 puntos, tamaño y resolución de imagen. Está ubicada en la parte superior del prototipo con se observa en la Figura 4.1, para una cómoda interacción, entre la interfaz gráfica creada y el maestro, teniendo así este último un fácil acceso a las 3 funciones del prototipo de enseñanza del Sistema Braille. Está alimentada mediante los pines de 5V y GND de la *raspberry*.

Figura 3.2 Pantalla



Pantalla original *raspberry* 7 pulgadas con *flex* de video y cables de alimentación. Fuente: (Foundation, 2016)

Tabla 3.2 Características pantalla *raspberry* 7 pulgadas

Tamaño	7"
Resolución	800×480 hasta 60fps
Color	hasta 24bits
Táctil	capacitiva de 10 puntos

Especificaciones técnicas de la pantalla original de la *raspberry* de 7 pulgadas.

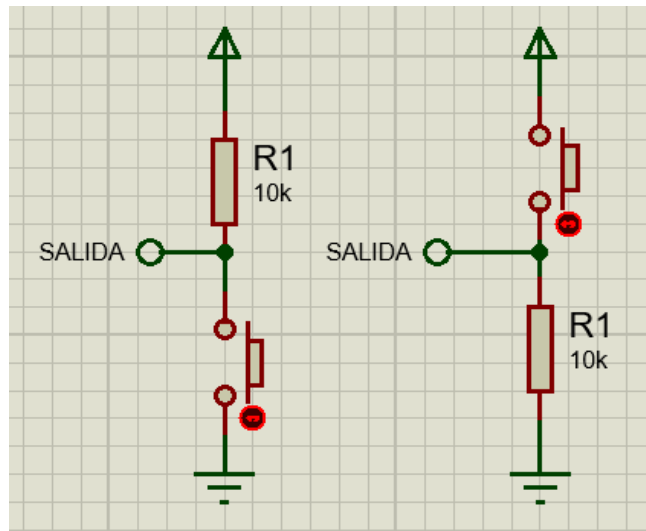
Fuente: (Foundation, 2016)

### 3.1.3 Pulsadores

Para el modo escritura se ha implementado pulsadores normalmente abiertos y activados en la configuración inversa (activo en estado lógico bajo), como se evidencia en la parte izquierda de la Figura 3.3, esta es una de las alternativas más simples y de bajo costo en las interfaces de acción con los usuarios.

Los pulsadores están colocados en la parte izquierda del tablero de aprendizaje formando dos matrices de 3x2, cada uno forma un signo generador, además consta de dos pulsadores extras de diferente tamaño y forma, los mismos que cumplen con las funciones de ENTER y BORRAR (el funcionamiento de estos se explica con detalle en el capítulo 4), internamente todos los pulsadores a través de cables se conectan en una placa electrónica vista en la Figura 3.18 misma que es alimentada mediante el pin de 3.3 V de la *raspberry*.

Figura 3.3 Configuración de pulsador



Pulsador activo en bajo y en alto para el modo escritura. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 3.1.4 Solenoides *Push Pull*

Los solenoides son, básicamente, electroimanes, están fabricados de una gran bobina de alambre de cobre con una armadura de metal en el medio, tal como se muestra en la Figura 3.4. Cuando se energiza la bobina mediante la línea de 5 voltios 16 amperios de la fuente de todo el Sistema, se crea un campo magnético y esto hace



que el pistón del solenoide sea capaz de empujar. Están colocados de tal manera que se puedan sentir el pistón con los dedos de las manos.

Figura 3.4 Solenoide *Push Pull*



Solenoide de Corriente Continua. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Se ha escogido este elemento debido a que se adapta perfectamente para el objeto de crear una interfaz táctil que sirve para el aprendizaje del sistema de lectura Braille para la persona no vidente. Estos elementos estarán colocados de forma que se cree el signo generador de dicho Sistema, en el cual la persona no vidente a través de sus manos podrá detectar qué posición está activa y de esta manera ir reconociendo cada combinación que se genere e ir asociándola a una vocal, consonante sean estas mayúsculas o minúsculas, signos y números a través de los audios presentes en dicha categoría, en la Tabla 3.3 se presentan las principales características.

Tabla 3.3 Características solenoide *push pull*

Voltaje nominal	12 Vdc
Corriente	1.7A
Resistencia de bobina	43 ohmios
Push or pull	20 mm
Peso	144 gramos

Especificaciones técnicas de un solenoide. Fuente:(Newegg Business, 2018)

### 3.2 Funcionamiento lógico del prototipo

En la Figura 3.5 se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento en forma general del prototipo, el cual se basa en tres etapas de aprendizaje del Sistema Braille Grado 1, a las cuales el maestro podrá acceder e interactuar con las diferentes subetapas existentes.

Figura 3.5 Diagrama de flujo general

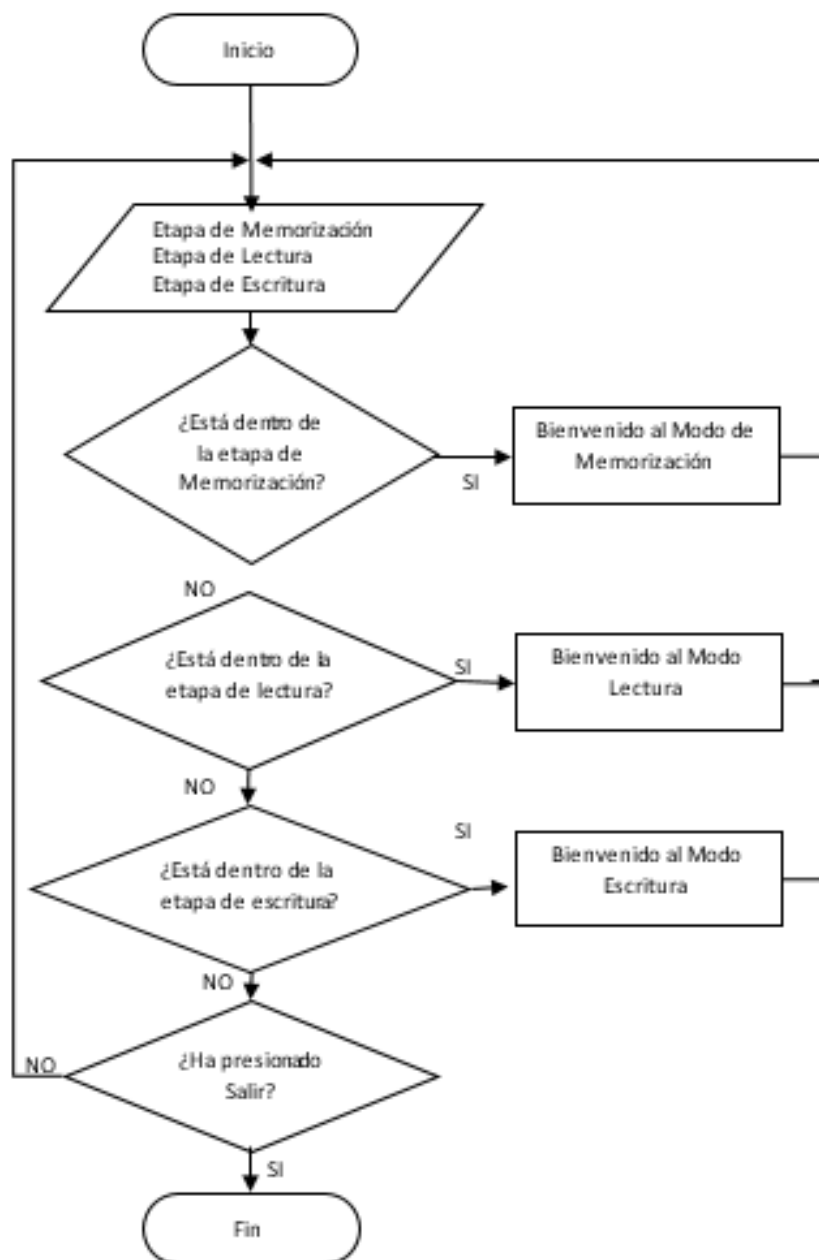
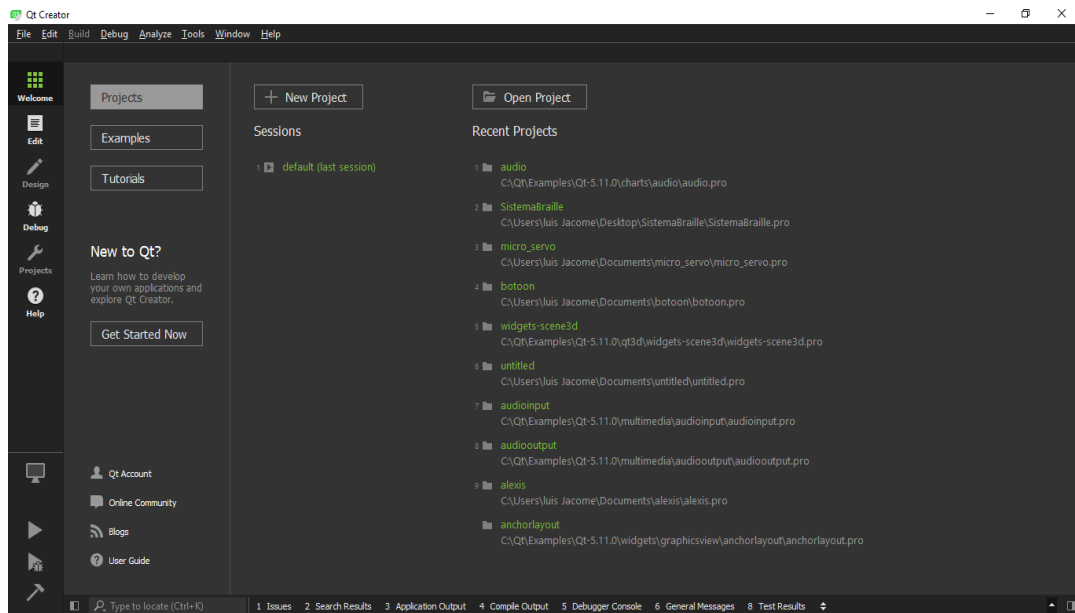


Diagrama del funcionamiento general del prototipo. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel

### 3.3 QT Creator

Mediante el entorno de desarrollo visto en la Figura 3.6, se creó la interfaz gráfica de usuario (GUI) de una manera sencilla, la misma que consta de varios formularios para las diversas categorías como son: memorización, lectura, y escritura, estas a su vez contienen subcategorías (vocales, consonantes y letras acentuadas, tanto en mayúsculas o como en minúsculas, además de números y signos básicos gramaticales y matemáticos). Al permitir arrastrar los diferentes elementos que se usarán en la ventana de la interfaz (ventanas, botones, imágenes, etiquetas, cuadros de texto, etc.), facilita la interacción entre el usuario y el sistema operativo, para su posterior programación.

Figura 3.6 Interfaz *Qt Creator*



Captura de pantalla de interfaz de inicio del software *Qt Creator* Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 3.4 Distribución de pines *raspberrypi*

De los pines de la tarjeta *raspberrypi* 3 B vistos en la Figura 3.7, se ha considerado la utilización de los pines de número par descritos en la Tabla 3.4 para el modo escritura y para el modo de lectura los pines de número impar descritos en la Tabla 3.5, tomando en cuenta que los pines 3 y 5 poseen una doble funcionalidad que son para ser usados como entrada, salida y conexión I2C, y al encender el prototipo estos inician con un estado alto, el cual no favorece a los solenoides ya que estos estarían

energizados por un tiempo prolongado y esto podría dañarlos, por dicha razón estos pines no han sido tomados en cuenta.

Figura 3.7 Pines de la tarjeta de desarrollo *raspberry pi 3 B*



Vista de los 40 pines de la *raspberry pi 3 B*. Fuente: (JAMECO, 2018)

Tabla 3.4 Distribución de pines para Modo Escritura

ESCRITURA			
Pines Físicos	GPIO	WiringPi	Función
8	14	15	posición1
10	15	16	posición2
12	18	1	posición3
16	23	4	posición4
18	24	5	posición5
22	25	6	posición6
24	8	10	Enter
26	7	11	Borrar
32	12	26	posición3M
36	16	27	posición4M
38	20	28	posición5M
40	21	29	posición6M

Pines seleccionados para el Modo Escritura, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Tabla 3.5 Distribución de pines para Modo Lectura

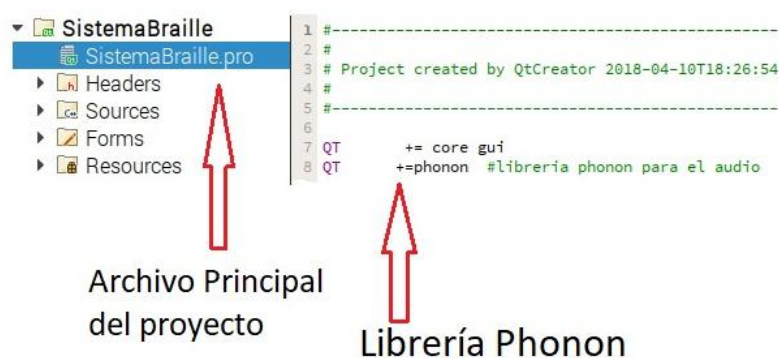
LECTURA			
Pines Físicos	GPIO	WiringPi	Función
11	17	0	posición1
13	27	2	posición2
15	22	3	posición3
19	10	12	posición4
21	9	13	posición5
23	11	14	posición6
29	5	21	posición3M
31	6	22	posición4M
33	13	23	posición5M
35	19	24	posición6M

Pines seleccionados para el Modo Lectura, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 3.5 Librería *Phonon*

Mediante la librería *Phonon*, se añadió archivos de audio para las diferentes etapas del proyecto. Para que la librería pueda ser usada correctamente, debe ser declarada la línea de código vista en la Figura 3.8 dentro del archivo *.pro* que en el caso de nuestro proyecto ha sido nombrado como “SistemaBraille.pro”.

Figura 3.8 Librería *Phonon*



Declaración de la librería en el archivo principal del proyecto Sistema Braille. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Para llamar a una pista de audio, se debe guardar en una variable declarada en el archivo *.h* de la interfaz donde vaya a ejecutarse, la cual se encuentra dentro del

encabezado del proyecto creado (*Headers*). Dicha variable debe contener la dirección de ubicación del archivo de audio guardado, junto con su nombre y en formato *mp3* tal como se muestra en la Figura 3.9.

Figura 3.9 Reproducción de archivo de audio

```
music2 = Phonon::createPlayer(Phonon::MusicCategory,  
Phonon::MediaSource("/home/pi/Desktop/musica/memoriacionAudios/pos4_lec.mp3"));
```

Código para reproducir un archivo de audio en formato *mp3*, mediante el uso de la librería *Phonon*.

Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

La librería *Phonon* posee dos funcionalidades principales y usadas en el presente proyecto, la primera es la función *PLAY* ( ) que permite reproducir el archivo de audio en cada una de las etapas y la función *STOP* ( ) para detener los mismos, que ha sido implementada, principalmente, para evitar cruce de audios.

### 3.6 Grabador de Audio de Voz Sintetizada Loquendo

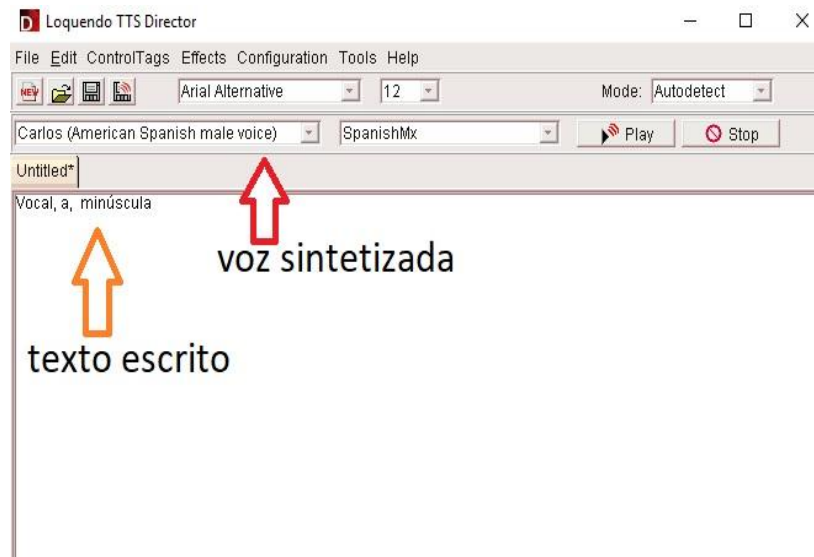
Con el software libre Loquendo se creó los audios que contendrá cada una de las etapas y subetapas del prototipo, mismos que son escritos en texto y reproducidos por varios tipos de voces sintetizadas (femeninos y masculinos). Una vez escogido el tipo de voz, estos archivos de audio son guardados en formato *WAV*.

En ocasiones es necesario colocar comas para que exista pausa corta y el audio sea más claro, por el contrario, si se desea una pausa más larga se debe colocar punto y coma en el texto escrito.

Para grabar un audio con voz sintetizada se escribió el texto deseado en el entorno de Loquendo, como son vocales, consonantes y letras acentuadas (mayúsculas y minúsculas), números, signos, mensajes de instrucciones, principalmente, para la etapa de memorización.

Una vez determinado el texto a grabar, se seleccionó la voz sintetizada adecuada, la cual se acople de mejor manera para un audio claro y entendible, tal como se muestra en la Figura 3.10.

Figura 3.10 Escritura entorno Loquendo



Texto escrito para ser convertido a audio sintetizado, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Luego como se muestra en la Figura 3.11 se procedió a grabar dicho archivo de audio con la extensión .WAV, en una carpeta de destino seleccionada.

Figura 3.11 Grabación de Audio



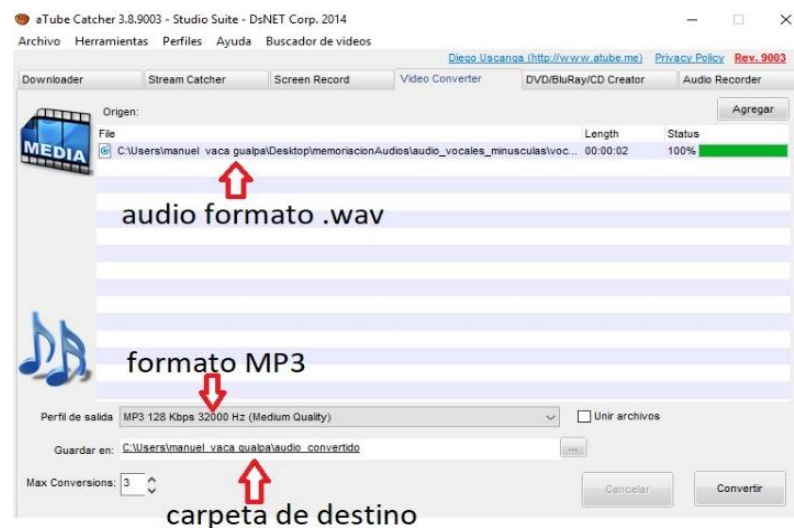
Grabación de archivo de audio en formato WAV, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 3.7 Convertidor de formato de audio a mp3

Para la conversión del formato .WAV a .MP3, se utilizó el software libre llamado *aTube Catcher*, el mismo que permite convertir archivos de audio en diferentes formatos (flv, avi, mpg, wmv, mp3, mp4, etc.).

Para convertir el formato de audio, ir a la pestaña *VIDEO CONVERTER*, en donde se importó la pista de audio, luego se seleccionó el formato de salida en este caso *MP3* y la carpeta de ubicación donde se guardará el archivo, para su posterior exportación, tal como se muestra en la Figura 3.12.

Figura 3.12 Entorno *aTube Catcher-Video Converter*



Conversión de formato de audio WAV a MP3 del archivo previamente creado en Loquendo. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 3.8 Implementación de hardware

Se realizó el diseño de los circuitos electrónicos para escritura, lectura y circuito de protecciones basado en diodos, seguido de las impresiones de los circuitos finales ruteados para su posterior elaboración física.

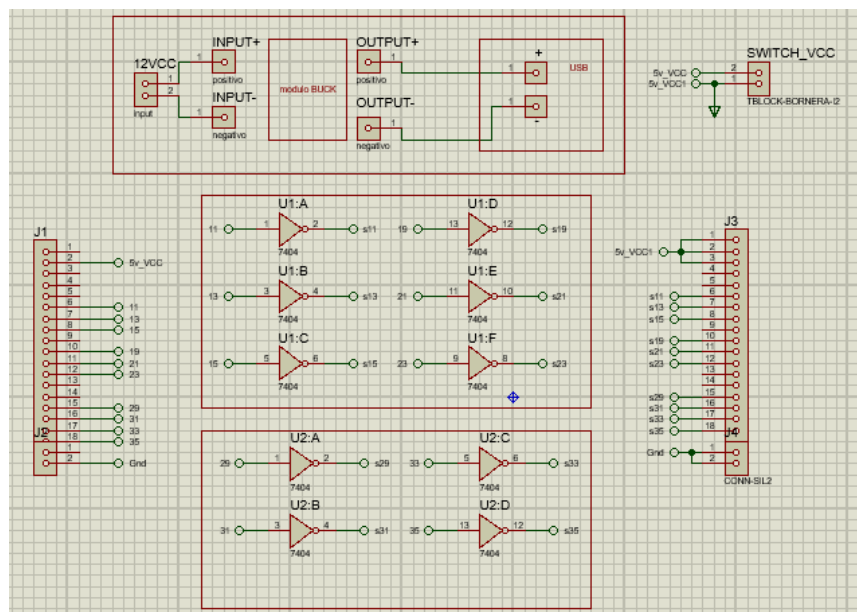
#### 3.8.1 Hardware modo lectura

A continuación, se describe cómo está conformada la placa electrónica para la etapa de lectura, la cual fue diseñada en el software *proteus*, ya que dicho software presenta múltiples herramientas para la creación y simulación de cualquier circuito



electrónico. El circuito elaborado y finalizado se observa en la Figura 3.14, en la cual consta una primera etapa que contiene un circuito *BUCK CONVERTER* (se encarga de convertir un voltaje alto a bajo), para alimentar a la tarjeta de desarrollo *raspberry* con la misma fuente de todo el Sistema, adicional se coloca compuertas *NOT* con el fin de invertir la señal que entra a la placa de lectura y posteriormente utilizarla para la activación de los relés, tal como se muestra en la Figura 3.13.

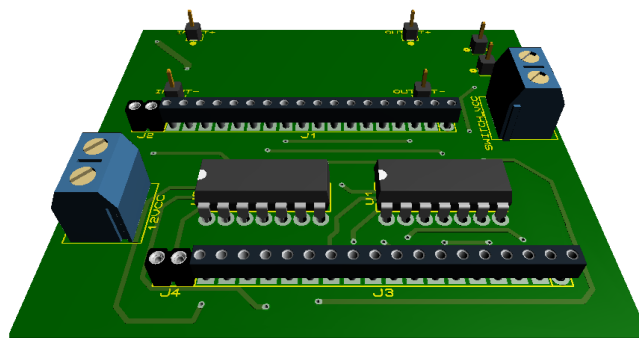
Figura 3.13 Circuito de control para el Modo Lectura



Circuito de control para la etapa de lectura. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 3.14 se presenta la placa en 3D diseñada en el software *proteus* correspondiente a la etapa de lectura.

Figura 3.14 Diseño de la placa para el Modo de Lectura

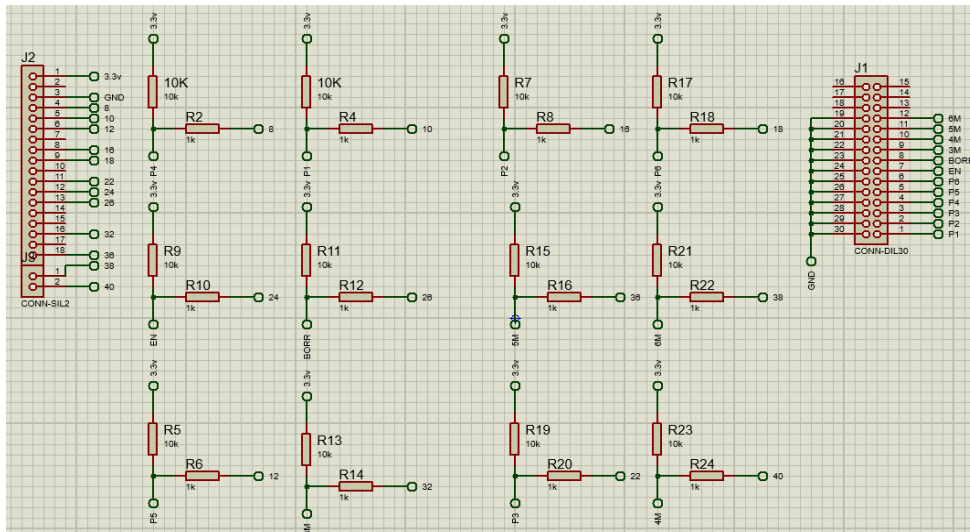


Vista en 3D de la placa y sus componentes electrónicos para la etapa de lectura. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 3.8.2 Hardware modo escritura

La placa de escritura del prototipo de aprendizaje del Sistema Braille consta de terminales para colocar los 10 pulsadores que formarán el signo generador, además de resistencias de 1kΩ y 10 kΩ, también borneras para la salida de datos hacia la tarjeta *raspberry*, tal como se muestra en la Figura 3.15.

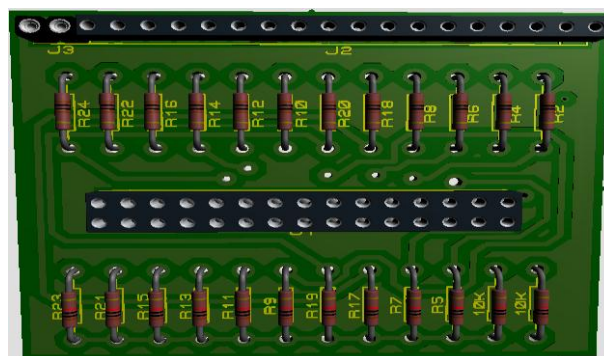
Figura 3.15 Diseño de la placa para el Modo de Escritura



Circuito de control para la etapa de escritura. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 3.16 se muestra la placa en 3D realizada en el software *proteus* para el control de la etapa de escritura del prototipo.

Figura 3.16 Diseño de la placa para el Modo de Escritura



Vista en 3D de la placa y sus componentes electrónicos para la etapa de escritura. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 3.9 Placa de protecciones

Se realizó una placa de protección basado en diodos, colocados en paralelo a cada solenoide para evitar el regreso de corrientes que puedan dañar a la tarjeta de desarrollo *raspberry*, tal como se muestra en la Figura 3.17.

Figura 3.17 Diodos de Protección



Diodos de protección para evitar corrientes de retorno en los solenoides. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

Una vez terminado el prototipo se explicará en forma detallada las diferentes etapas que lo conforman, junto con las pruebas de operabilidad validadas por los profesores del Instituto Especial para niños ciegos y sordos “Mariana de Jesús”, ubicado en la Ciudad de Quito, tal como se muestra en la Figura 4.1.

Figura 4.1 Funcionamiento del Prototipo



Pruebas de funcionamiento con el profesor Jimmy Salazar del Instituto “Mariana de Jesús”. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

#### 4.1 Etapas del Sistema Braille

El diagrama de bloques de todo el Sistema creado se visualiza en la Figura 4.2.

Figura 4.2 Etapas del Sistema Braille

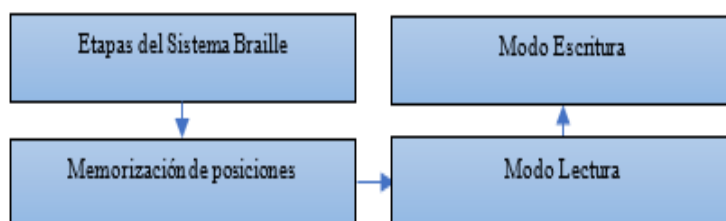


Diagrama de bloques de la secuencia de aprendizaje del Sistema Braille. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Las etapas diseñadas para el aprendizaje Braille Grado 1 mostradas en la Figura 4.3, cuentan con una interfaz gráfica que se compone de tres etapas: la primera es el modo de memorización, la segunda y tercera etapa corresponden al modo de lectura y escritura respectivamente, donde se realizaran combinaciones que formarán un caracter dependiendo en que subetapa se encuentre, ya sea en vocales, consonantes, números, vocales tildadas, signos gramaticales y matemáticos básicos. Todas las etapas cuentan con un sistema de audio, el mismo que ratificará en la etapa que se ha ingresado.

Figura 4.3 Etapas de aprendizaje



Interfaz Gráfica con tres etapas de aprendizaje. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

## 4.2 Etapa de Memorización

Contiene tres subetapas que son Presentación de signos primordiales para el aprendizaje Braille Grado 1 (signo generador, signo generador para formar letras mayúsculas, y números), memorización de posiciones en lectura y escritura. En el diagrama de bloques de la Figura 4.4 se muestra el orden correcto para el aprendizaje del Sistema Braille Grado 1.

Figura 4.4 Etapa de memorización

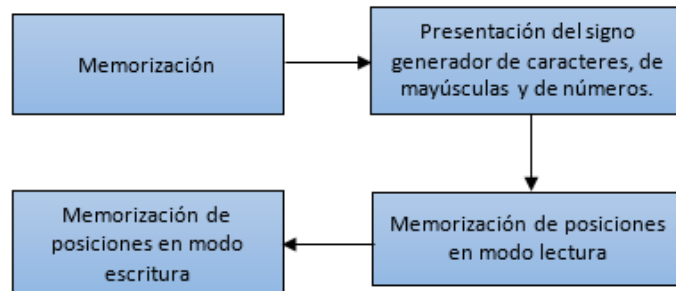
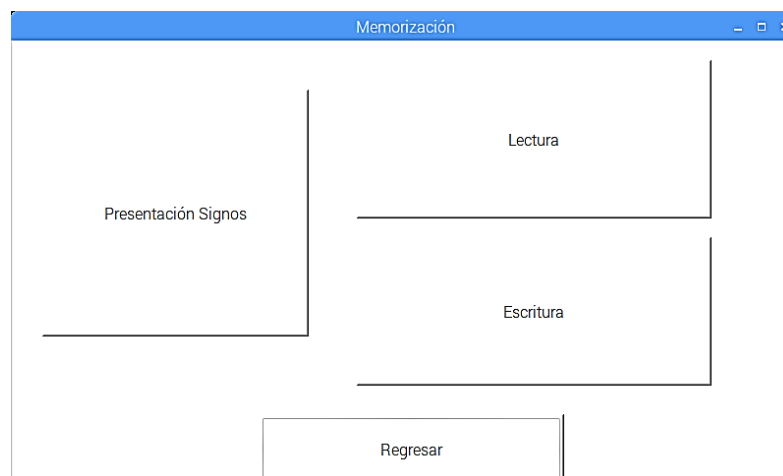


Diagrama de bloques implementado para el aprendizaje inicial del Sistema Braille Grado 1. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.5 se muestra la interfaz gráfica creada en el software *Qt Creator* con las diferentes herramientas que este software posee para la etapa de memorización.

Figura 4.5 Interfaz gráfica de la etapa de memorización



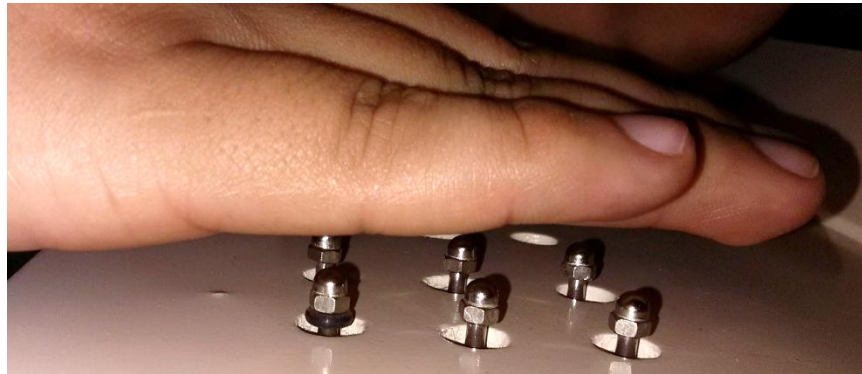
Interfaz gráfica creada en el software Qt Creator para la etapa de memorización. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

#### 4.2.1 Presentación de signos

Al ingresar a la subetapa llamada *Presentación Signos* se presenta tres signos principales que son: signo generador, signo generador para formar letras mayúsculas y números, los mismos que son esenciales para el aprendizaje inicial del Sistema Braille Grado 1.

Al presionar en la pantalla táctil la opción Signo Generador se activarán todos los solenoides de la matriz ubicada a la derecha del tablero correspondiente a lectura donde la persona no vidente utilizará su sentido del tacto para reconocer como se encuentra formado el signo generador, tal como se muestra en la Figura 4.6.

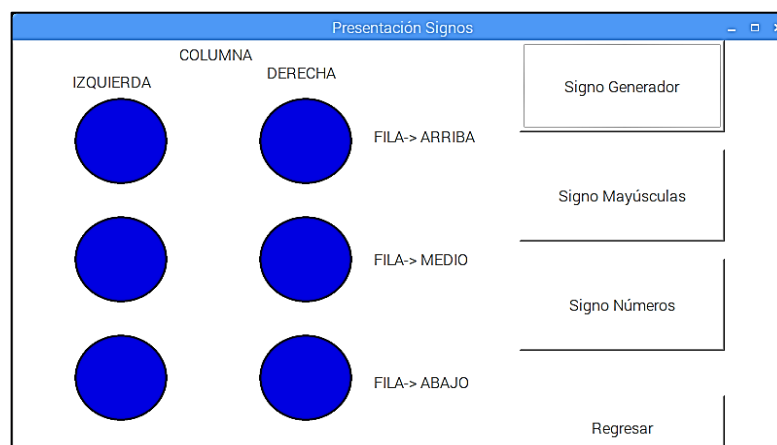
Figura 4.6 Presentación del signo generador a la persona no vidente



Activación de 6 solenoides del signo generador para la lectura del Sistema Braille. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

El maestro podrá interactuar las veces que desee con la interfaz gráfica de la Figura 4.7, hasta que la persona no vidente se familiarice lo suficiente con el signo generador presentado y esto dependerá de la capacidad y ritmo de aprendizaje de cada persona.

Figura 4.7 Interfaz para la presentación del signo generador



Interfaz dirigida al maestro para la presentación de la combinación del signo generador. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Para la presentación del signo generador de letras mayúsculas se activarán los solenoides que corresponden a las posiciones 4 y 6 de la matriz ubicado a la izquierda del tablero correspondiente a lectura tal como se muestra en la Figura 4.8.

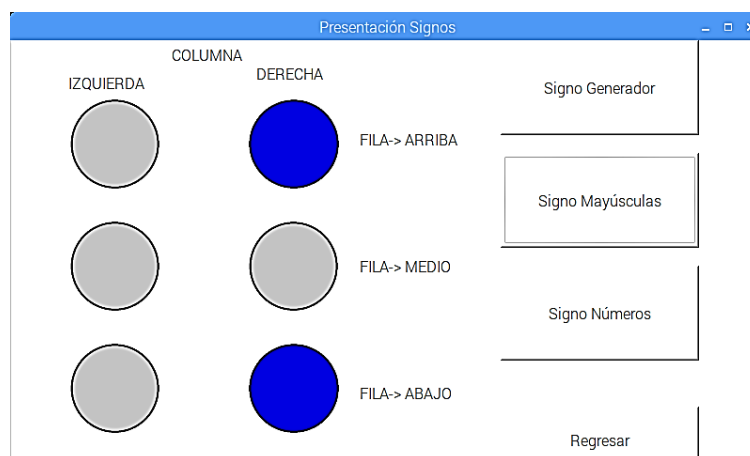
Figura 4.8 Presentación de la combinación para formar letras mayúsculas



Activación de 2 solenoides correspondientes a las posiciones 4 y 6 del signo generador. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

El maestro podrá de igual manera evidenciar en la pantalla la activación de los solenoides como se muestra en la Figura 4.9.

Figura 4.9 Interfaz para la presentación de la combinación de letras mayúsculas



Interfaz dirigida al maestro para la presentación de la combinación de posiciones del signo generador para formar letras mayúsculas. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca



Para el signo generador de números se levantarán los solenoides en las posiciones 3,4,5 y 6 del segundo signo generador ubicado a la izquierda en el tablero correspondiente a lectura como se muestra en la Figura 4.10.

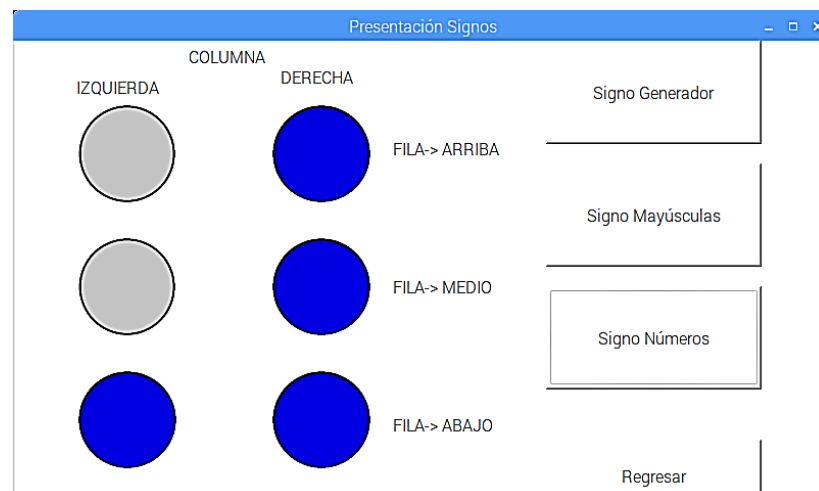
Figura 4.10 Presentación de la combinación para formar números



Activación de 4 solenoides correspondientes a las posiciones 3,4,5 y 6 del signo generador para formar números. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Al igual que en la presentación de los dos primeros signos generadores principales, el signo generador de números también se evidencia en la pantalla táctil como se muestra en la Figura 4.11.

Figura 4.11 Interfaz para la presentación de la combinación de números



Interfaz dirigida al maestro para la presentación de la combinación de posiciones del signo generador para formar números. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

#### 4.2.2 Etapa de memorización de posiciones en lectura

Al ingresar al modo correspondiente a memorización de posiciones en Lectura, se escuchará un audio, que indicará que la lectura en el Sistema Braille se la realiza de Izquierda a Derecha; además de cómo se encuentra compuesta la matriz del signo generador, guiando a la persona vidente a ubicarse y a formar la imagen en su mente de las seis posiciones que la componen. Posteriormente terminado las indicaciones, el maestro seleccionará indistintamente varias posiciones, las mismas que contienen un audio indicando la posición seleccionada como son: columna izquierda, columna derecha, filas: arriba, medio, abajo. La posición seleccionada se pintará de color azul como se muestra en la Figura 4.12 y se activará el solenoide correspondiente donde la persona no vidente entra en interacción con el prototipo de enseñanza del Sistema Braille como se evidencia en la Figura 4.13. El solenoide tiene un tiempo de activación de cinco segundos para después de transcurrido dicho tiempo retorne a su posición original.

Figura 4.12 Etapa de memorización de posiciones en modo lectura



Matriz del signo generador para memorización y ubicación de sus posiciones en modo lectura para la interacción con el maestro. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Figura 4.13 Memorización de posiciones en el prototipo

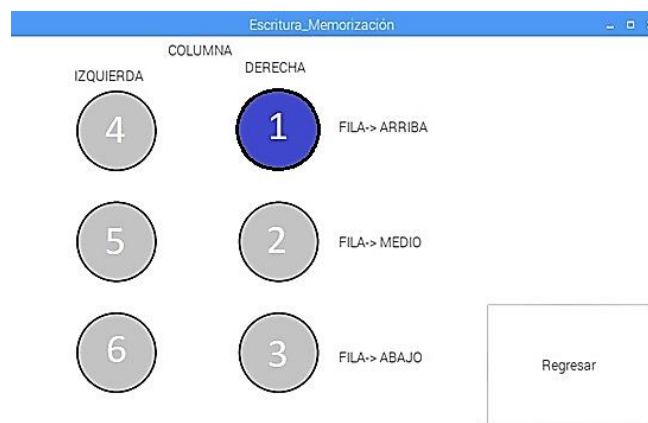


Activación del solenoide para la memorización de la posición # 1. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 4.2.3 Etapa de memorización de posiciones en escritura

En el modo de memorización de escritura, se escuchará un audio, que indicará que la escritura en el Sistema Braille se la realiza de Derecha a Izquierda, así como también las posiciones correspondientes a la matriz del signo generador. Mediante pulsadores físicos que se encuentran en el tablero del prototipo formando el signo generador. La persona no vidente pulsará el botón de cualquiera de las seis posiciones, las mismas que contienen un audio, indicando la ubicación del pulsador que se ha presionado y también se pintará de color azul la posición activada en la matriz de la interfaz gráfica, tal como se muestra en la Figura 4.14.

Figura 4.14 Etapa de memorización de posiciones en modo escritura

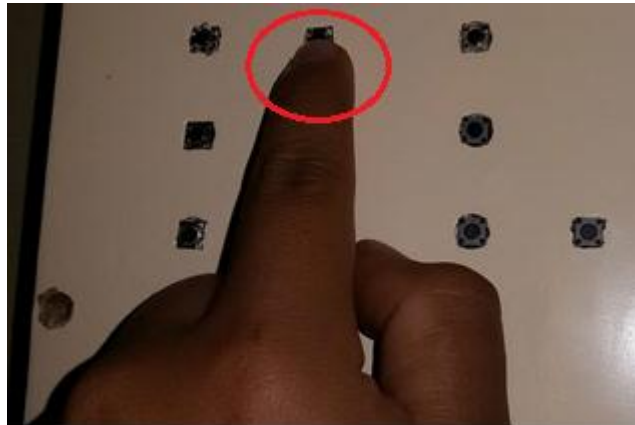


Matriz del signo generador para memorización y ubicación de las posiciones en modo escritura.

Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.15 se presenta la activación del pulsador correspondiente a la posición 1 en el tablero, por parte de la persona no vidente.

Figura 4.15 Tablero del prototipo para la escritura del Sistema Braille



Matriz del signo generador táctil para memorización de la posición 1 en modo escritura. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

### 4.3 Modo Lectura

El modo lectura se basa en la activación de los solenoides presentes en el tablero correspondiente a esta etapa, como se observada en la Figura 4.16.

Figura 4.16 Solenoides usadas para el modo lectura

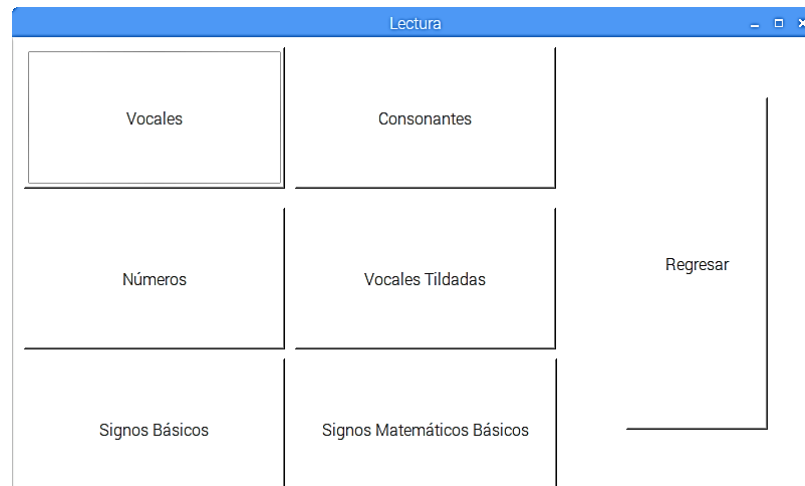


10 solenoides utilizados para la formación de diferentes combinaciones de caracteres. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Con la activación de los solenoides la persona no vidente aprende las diferentes combinaciones que forman los caracteres y se subdivide en cinco categorías que son:

vocales, consonantes, números, vocales tildadas, signos gramaticales y matemáticos básicos como se muestra en la Figura 4.17.

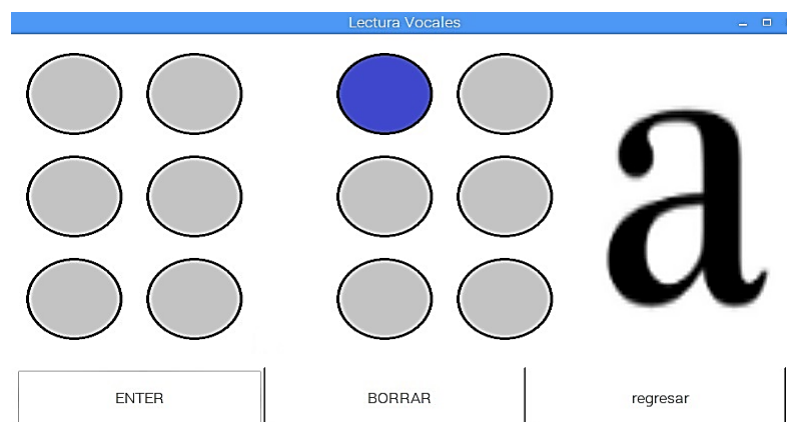
Figura 4.17 Categorías de aprendizaje para el modo lectura



Interfaz gráfica para el aprendizaje de las cinco categorías del modo lectura. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Mediante el software *Qt Creator* se creó la interfaz gráfica para el presente modo, el cual consta de una matriz ubicada a la derecha, de 2 columnas por 3 filas para el signo generador, el cual dependiendo de la combinación de las posiciones formará diferentes caracteres antes ya mencionados, como se muestra en la Figura 4.18

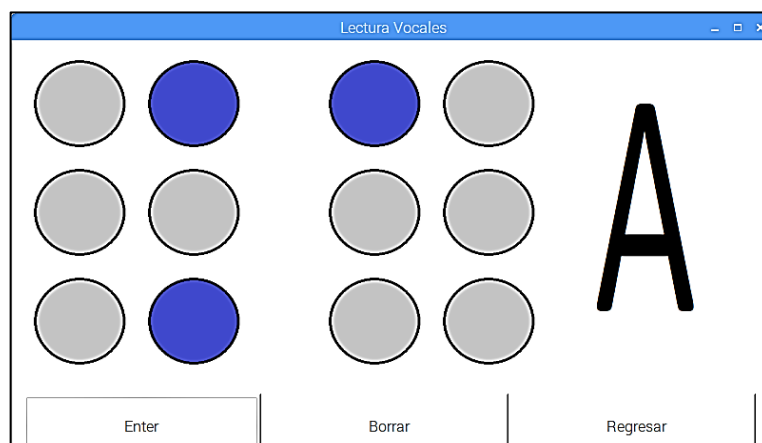
Figura 4.18 Signo Generador para letras minúsculas



Matriz utilizada para formar combinaciones de letras minúsculas. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Una segunda matriz ubicada a la izquierda y de igual dimensión que la primera, es utilizada para formar letras mayúsculas (posiciones 4 y 6) y números (posiciones 3,4,5 y 6) como se muestra en la Figura 4.19, ya que la lectura en el Sistema Braille se la realiza de izquierda a derecha.

Figura 4.19 Signo Generador para letras mayúsculas



Matrices utilizadas para formar combinaciones de letras mayúsculas. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Además, cuenta con botones virtuales que cumplen las siguientes funciones: Botón ENTER permite una vez ingresada la combinación en el signo generador de un carácter, visualizar en la pantalla la imagen respectiva acompañado del audio de esta y la activación de los solenoides correspondiente a la combinación Braille digitada por parte del maestro.

Botón BORRAR se ha programado con el fin de que las variables implicadas se refresquen y que en la pantalla táctil el maestro tenga la posibilidad de ingresar una nueva combinación.

#### 4.4 Modo Escritura

La etapa de escritura contiene las mismas categorías y elementos que la interfaz gráfica perteneciente a la etapa de lectura, no así con la interfaz táctil, la cual se compone de pulsadores que forman los dos signos generadores, tal como se observa en la Figura 4.20.

La matriz correspondiente al signo generador de caracteres se encuentra ubicado a la izquierda del tablero de escritura y el signo generador utilizado para formar letras mayúsculas y números a la derecha. En el Sistema Braille la escritura se realiza de derecha a izquierda.

Figura 4.20 Pulsadores usados para el modo escritura

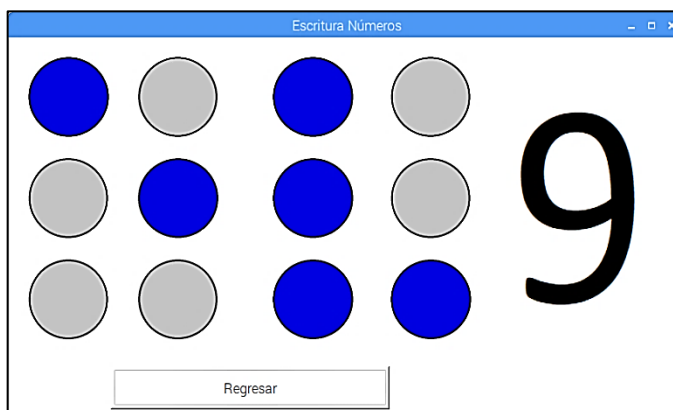


Pulsadores utilizados para las diferentes combinaciones de caracteres para el modo escritura.

Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

La interfaz de presentación de caracteres en modo escritura vista en la Figura 4.21, tendrá la misma forma que la presentada en la Figura 4.18, con la modificación de que el botón ENTER y BORRAR están físicamente en el prototipo como se presenta en el diseño final de la Figura 4.22, estos botones tienen una forma física diferente, de esta manera el botón cuadrado cumple la función de ENTER y el redondo pertenece a la función BORRAR, esto con el fin de proporcionar a la persona no vidente relacionar cada forma física con la función específica que cumplen cada uno de ellos.

Figura 4.21 Combinación de matrices del signo generador para formar números



Posiciones de pulsadores presionados de la primera matriz 2, 4 y la segunda matriz 3, 4,5 y 6, forman el número 9. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca.

#### 4.5 Diseño físico del prototipo

Con la idea de brindar una cómoda interacción del prototipo tanto con el maestro como con la persona no vidente, se diseñó el prototipo de manera que este sea no invasivo, ya que, principalmente, las personas no videntes desarrollan el sentido del tacto de una manera más eficiente en relación con el de una persona vidente y esto da lugar a que se puedan hacer daño al momento de manipular el prototipo, por otro lado la ubicación de la pantalla permite interactuar al maestro con el prototipo de una manera didáctica y sencilla, por lo que el diseño finalizado se lo presenta en la Figura 4.22.

Figura 4.22 Prototipo de aprendizaje del Sistema Braille Grado 1 finalizado





Fotografía del prototipo finalizado. Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca.

#### 4.6 Validación del prototipo

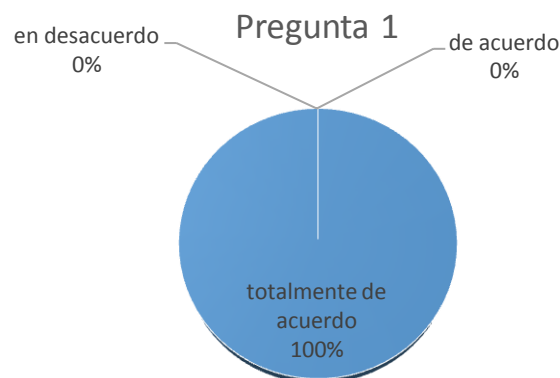
La validación del prototipo de enseñanza del Sistema Braille Grado 1 se realizó con 10 profesores del Instituto Especial para niños ciegos y sordos “Mariana de Jesús” quienes experimentaron su funcionamiento como una herramienta de apoyo para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1. Los porcentajes de la encuesta se muestran a continuación.

##### 4.6.1 Resultados obtenidos de la encuesta realizada

###### Pregunta 1.-

¿El sistema de lectura del prototipo le parece útil para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1?

Figura 4.23 Resultados de la pregunta 1



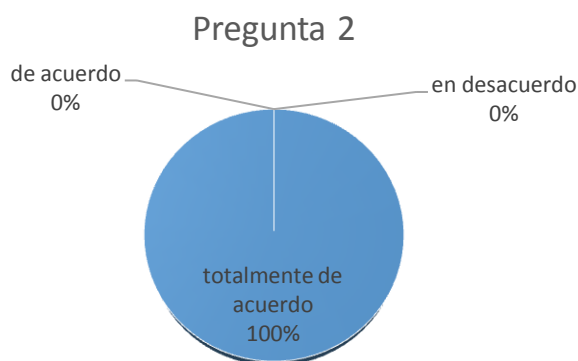
Gráfica de resultados correspondiente a la pregunta 1, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.23, los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo con el sistema de lectura implementado en el prototipo ya que supieron manifestar que el diámetro del vástago del solenoide y el espacio entre uno y otro son óptimos, para que la persona no vidente tenga una perspectiva de cómo está conformado el signo generador, además de ser muy útil para personas que perdieron la vista en la edad adulta ya que a ellos les resulta más difícil desarrollar el sentido del tacto.

### **Pregunta 2.-**

¿El sistema de escritura del prototipo le parece útil para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1?

Figura 4.24 Resultados de la pregunta 2



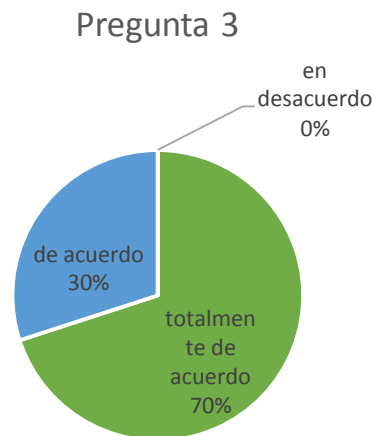
Gráfica de resultados correspondiente a la pregunta 2, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.24, Los pulsadores implementados en la etapa de escritura del prototipo resultaron óptimos para el aprendizaje del Sistema Braille, ya que el 100% de los profesores del Instituto donde se realizó esta encuesta están totalmente de acuerdo con que la textura y diámetro el pulsador son didácticos y no invasivos para la persona no vidente.

### **Pregunta 3.-**

¿Está de acuerdo con la ubicación y distribución de pulsadores y solenoides en el prototipo para que la persona no vidente obtenga un correcto aprendizaje?

Figura 4.25 Resultados de la pregunta 3



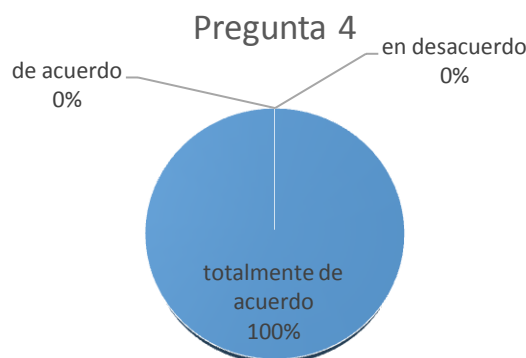
Gráfica correspondiente a la pregunta 3, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.25, el 70% de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo en la ubicación de los elementos dentro del prototipo, el 30% manifestó que debería existir divisiones entre la matriz del signo generador y la matriz que sirve como sufijo para formar números y letras mayúsculas, evitando la confusión del niño al momento de explorar y reconocer el espacio asignado para la escritura.

#### Pregunta 4.-

¿Cree usted que el prototipo es una herramienta didáctica de apoyo en la enseñanza del Sistema Braille grado 1?

Figura 4.26 Resultados de la pregunta 4



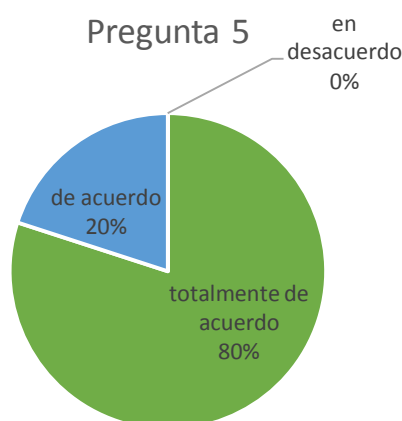
Gráfica correspondiente a la pregunta 4, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.26, se observa que todos los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo, manifestando que el prototipo realizado es un instrumento de apoyo sumamente importante para la enseñanza y aprendizaje del Sistema Braille, ya que cuenta con audio e interfaces táctiles, teniendo en cuenta que los sentidos que más desarrollan las personas no videntes son el auditivo y táctil.

#### **Pregunta 5.-**

¿La interfaz gráfica del dispositivo resultó interactiva, intuitiva y fácil de manejar?

Figura 4.27 Resultados de la pregunta 5



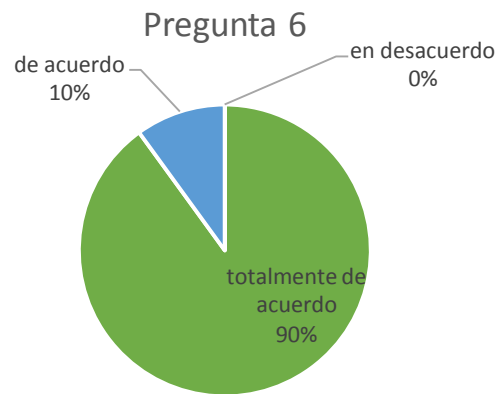
Gráfica correspondiente a la pregunta 5, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.27, el 80% de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo con el diseño de la interfaz gráfica, resultando muy cómoda y fácil de manejar y solo un 20% la encuentra un poco difícil de manipular, pero manifestaron que con un poco más de práctica, sería más fácil.

#### **Pregunta 6.-**

¿El audio emitido para cada una de las letras, números, signos es claro y entendible?

Figura 4.28 Resultados de la pregunta 6



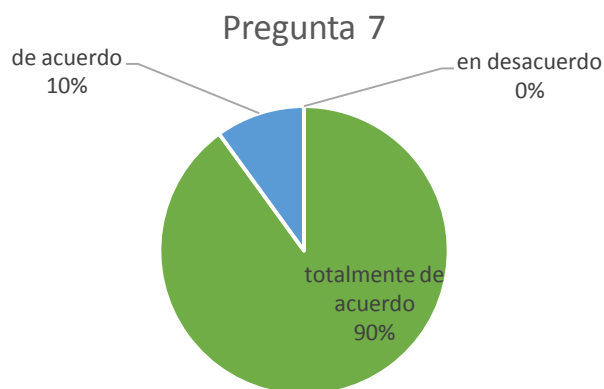
Gráfica correspondiente a la pregunta 6, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.28, el 90% de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo con el audio emitido por el prototipo, siendo claro y entendible tanto para el maestro como para el niño, y solo un 10% manifestó que en dos letras se le dificultó entender el sonido.

### Pregunta 7.-

¿El aprendizaje y memorización de las letras del Sistema Braille Grado 1, resultó mucho más fácil que el método tradicional?

Figura 4.29 Resultados de la pregunta 7



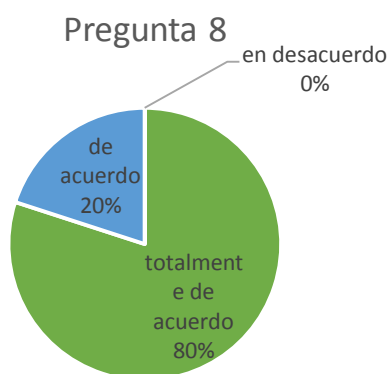
Gráfica correspondiente a la pregunta 7, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.29, el 90% de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo, que el aprendizaje y memorización de las letras del Sistema Braille mediante el uso del prototipo resultó mucho más fácil, ya que al interactuar en forma macro junto con el audio se convierte en una enseñanza entretenida y no aburrida, ya que sale completamente de lo tradicional y rutinario, y solo un 10% manifestó que prefiere utilizar el método tradicional, antes de pasar al uso de dispositivos electrónicos.

### **Pregunta 8.-**

¿Cree usted que el tiempo de aprendizaje del Sistema Braille Grado 1 se reduzca con la ayuda de este dispositivo?

Figura 4.30 Resultados de la pregunta 8



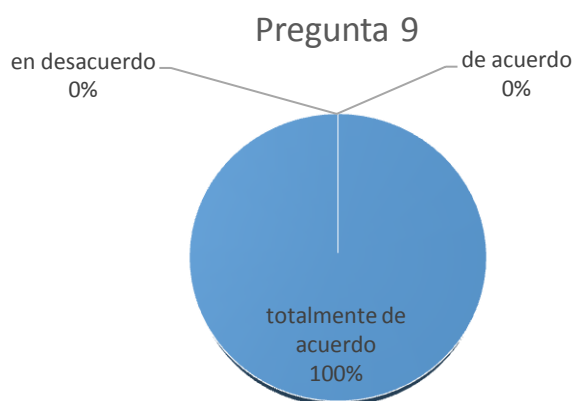
Gráfica correspondiente a la pregunta 8, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.30, el 80% de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo con que se mejoraría el tiempo de aprendizaje del Sistema Braille Grado 1, ya que la enseñanza con el prototipo se le hace de una manera entretenida y un 20% consideró que dependerá de la persona no vidente, ya que no todas aprenden al mismo ritmo.

### **Pregunta 9.-**

¿El prototipo cumple con los parámetros establecidos por el Instituto “Mariana de Jesús”, para la enseñanza y aprendizaje del Sistema Braille Grado 1?

Figura 4.31 Resultados de la pregunta 9



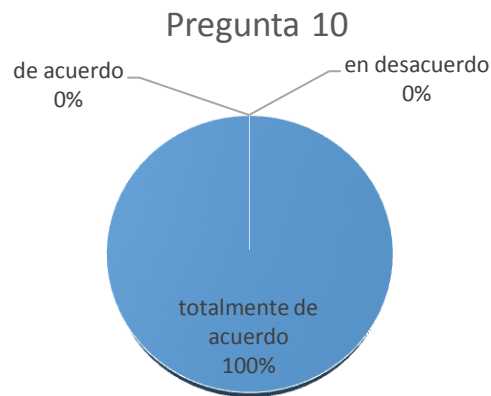
Gráfica correspondiente a la pregunta 9, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.31, el 100% de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo, que el prototipo cumple con los parámetros establecidos por el Instituto, que fueron orientados a la comodidad de los niños y/o personas no videntes que van a interactuar con el prototipo. Por lo cual los bordes del prototipo son redondos, para evitar que los niños y/o personas no videntes se lastimen al momento de explorarlo, así como también el uso de dos pulsadores de distintas formas (cuadrado para cumplir la función de ENTER y redondo para BORRAR), para una mejor relación de la forma del pulsador con la función que cumplen.

#### **Pregunta 10.-**

¿Recomendaría la implementación y/o fabricación de este producto, como una herramienta de apoyo para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1?

Figura 4.32 Resultados de la pregunta 10



Gráfica correspondiente a la pregunta 10, Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

En la Figura 4.32, el 100% de los profesores del Instituto “Mariana de Jesús” están totalmente de acuerdo, con la fabricación e implementación del prototipo, manifestando que son herramientas muy importantes para la enseñanza del Sistema Braille, lo que permite involucrar a la persona no vidente con la tecnología actual.

#### 4.6.2 Porcentaje de validación del prototipo

Con la encuesta de 10 preguntas realizada a 10 profesores sobre el proyecto del Sistema Braille, se puede determinar el porcentaje de validación del prototipo, la tabulación de respuesta “Totalmente de acuerdo” se presenta en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Cálculo de porcentaje de validación del prototipo

Pregunta	Número de profesores que respondieron “Totalmente de acuerdo”
1	10
2	10
3	7
4	10
5	8
6	9
7	9
8	8
9	10
10	10
Total ,/100	91
Porcentaje de validación	91%

Obtención del porcentaje de validación, obtenidos de la encuesta.

Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca



#### 4.7 Relación de costos con dispositivos similares

Existen múltiples dispositivos electrónicos para la enseñanza del Sistema Braille, a los cuales es difícil acceder debido a costos elevados de compra, por otro lado, se debe tener en cuenta que no se encuentran disponibles en el Ecuador, lo que eleva más su adquisición. A continuación, se presenta en la Tabla 4.2 la comparación de relación de costos entre dispositivos similares de enseñanza Braille y el prototipo diseñado.

Tabla 4.2 Relación de precios

DISPOSITIVO	Smart Brailer	Prototipo diseñado
CARACTERÍSTICAS	Controlador propio	<i>Raspberry</i>
	Pantalla de video	Pantalla touch
	Parlantes y auriculares	Parlantes
	Teclas de dirección	Pulsadores
	Puerto Usb	Solenoides
	Batería recargable	Fuente Pc 700w
	Estructura plástica	Estructura madera
	Impresión de caracteres	
PRECIO	\$ 2,195.00	\$ 550

Tabla de comparación de características y costo entre el dispositivo Braille.

Elaborado por: Cristian Jácome, Daniel Vaca

Los dos prototipos comparados en relación de costos cumplen con un funcionamiento tanto hardware como de software similares.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES

Recopilando información de *papers*, documentos y/o prototipos existentes sobre el Sistema de aprendizaje Braille, así como también las recomendaciones por parte de los maestros del Instituto “Mariana de Jesús”, se determinó los componentes más adecuados tanto de hardware como de software que integrarán el prototipo, los cuales son: *raspberry pi 3 B*, una pantalla táctil de 7 pulgadas para el sistema de visualización del prototipo, pulsadores de diferentes formas, válvulas solenoides de corriente continua, parlantes de audio, una fuente de 700w de corriente continua, para la alimentación del todo el prototipo. Para la estructura física se optó por usar madera, por su gran resistencia y accesibilidad.

El Sistema embebido *Raspberrry pi 3 B*, es un minicomputador que posee características ideales para el desarrollo del prototipo, tales como, portabilidad, capacidad de almacenamiento y es de bajo costo, además de poseer su propio sistema operativo. Este ha sido elegido para controlar todo el Sistema del prototipo.

El prototipo se elaboró de manera que los costos de fabricación y elementos sean bajos en relación con los prototipos existentes con similares características, en este caso reduciendo un 75% el costo del Smart Brailer como se muestra en la Tabla 4.2.

Para la implementación del sistema de escritura se utilizó pulsadores pequeños, los cuales permiten que las personas no videntes se sientan cómodas al momento de utilizarlos, y estos elementos se encuentran colocados al mismo nivel que el tablero, para evitar que no se lastimen o causen algún daño a los mismos, ya que ellos utilizan el sentido del tacto para realizar el reconocimiento del prototipo electrónico.

Para la implementación del sistema de lectura se optó por utilizar micro solenoides *push pull* de corriente continua, con características de bajo consumo de voltaje (5v), corriente (660mA) y fuerza de empuje. Esta última muy importante para que al momento de activarse los solenoides no ejerzan demasiada fuerza, no generen mucho ruido y la persona no vidente no se asuste.

Se utilizó un software de uso gratuito, conocido como Loquendo para generar los archivos de audio utilizados en todo el Sistema Braille, el cual, es un convertidor de texto a voz, que contiene algunas opciones de voz sintetizadas. Las pistas de audio que se generaron son claras y entendibles para que la persona no vidente identifique de manera correcta el caracter que esté presionando en la etapa de escritura o palpando en lectura.

Para el sistema de visualización orientado al maestro se utilizó el software libre *Qt Creator* para crear la interfaz gráfica de la pantalla principal, subetapas y categorías, con esto se logra dar un seguimiento fácil e interactivo al proceso de aprendizaje de la persona no vidente, tanto en el modo de lectura como de escritura.

La validación del funcionamiento del prototipo se realizó con los profesores del Instituto “Mariana de Jesús”, los cuales operaron el dispositivo en modo escritura mediante pulsadores y en modo lectura mediante la pantalla táctil junto con los solenoides, obteniendo un porcentaje de validación del 91%, como se muestra en la Tabla 4.1 y el documento donde se certifica tal hecho se presenta como Anexo 2 en el presente documento.

## RECOMENDACIONES

Al trabajar con micro solenoides *push pull* de corriente continua, se debe evitar un período largo de trabajo, con la finalidad de que su bobina no se sobrecaliente y así evitar un mal funcionamiento y una descompensación en el Sistema.

Al momento de trabajar las pistas de audio junto con la librería *Phonon* del software *Qt Creator*, no se debe crear punteros para usar la función *STOP*. Además, todos los audios que se utilicen deben ser guardados con el nombre de la misma variable.

La utilización de los temporizadores es importante para la activación de los solenoides en modo lectura, para lo cual se recomienda inicializar una variable pública para usar la función *Qtimer* y no utilizar como puntero, con la finalidad de poder usar las opciones que posee *Qtimer* como es el caso de *STAR* y *STOP*, funciones que activan y detienen el tiempo establecido.

La elección de los pines de la placa *raspberry* que se vayan a utilizar es muy importante ya que tienen funciones secundarias, que pueden interferir con la funcionalidad deseada.

## REFERENCIAS

- Aldaz Sánchez, A. A. (2016). Sistema Braille Importante 2016, 155.
- Aucay, J. (2016). Prototipo electrónico de enseñanza del Sistema Braille.
- CIDAT & ONCE. (2018). Regleta Braille mini con punzón plano. Retrieved July 22, 2018, from <http://cidat.once.es/home.cfm?excepcion=52&idproducto=50&idseccion=02>
- Components RS. (2016). *Raspberry Pi 3 Model B Product Description*. RS *Components Raspberry Pi*, 1–2. Retrieved from <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/14ba/0900766b814ba5fd.pdf>
- CONADIS. (2018). Personas con Discapacidad Registradas. Retrieved August 31, 2018, from <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/persona.html>
- Española, C. B., & ONCE. (2015). COMISIÓN BRAILLE ESPAÑOLA. *La Didáctica Del Braille Mas Allá Del Código.*, 2015(Versión 1), 1–381. Retrieved from <https://www.once.es/servicios-sociales/Braille/documentos-tecnicos/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-Braille/documentos-tecnicos-relacionados-con-el-Braille>
- Foundation, R. P. (2016). *Raspberry Pi 7” Touch Screen Display*, 1.
- Gaibor, M. J. L. (2016). ACCESO LABORAL DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
- Instituto Mariana de Jesús. (2015). Instituto Mariana de Jesús. Retrieved May 14, 2018, from <http://instmarianadejesus.wixsite.com/ecuador/nosotros>

- JAMECO. (2018). *Raspberry Pi Pinout Diagram: Navigating the Raspberry Pi 3 Model B*.
- Lafuente de Frutos, Á. (2016). El Sistema Braille. *Educación Inclusiva :Discapacidad Visual, Sistema Braille*, 54–55. Retrieved from [http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/pdf/m5\\_dv.pdf](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/pdf/m5_dv.pdf)
- Caiza, G. J., & García, M. V. (2017). Implementación de sistemas distribuidos de bajo costo bajo norma IEC-61499, en la estación de clasificación y manipulación del MPS 500. *Ingenius*, 18, 40–46.  
<https://doi.org/10.17163/ings.n18.2017.05>
- Ministerio de salud pública del ecuador. (2015). Registro Nacional De Discapacidades Ministerio De Salud Pública Del Ecuador - Agosto 2015, 1–19. Retrieved from [http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/estadistica\\_conadis.pdf](http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/estadistica_conadis.pdf)
- Newegg Business. (2018). xrn-0530DC. Retrieved July 30, 2018, from [https://www.neweggbusiness.com/Product/Product.aspx?Item=9SIV0KK6MF9604&nm\\_mc=afc-cjb2b&cm\\_mmc=afc-cjb2b--Tools+-+Electrician+Tools--Unique-Bargains--9SIV0KK6MF9604&utm\\_medium=affiliates&utm\\_source=afc-cjb2b-Octopart+Inc](https://www.neweggbusiness.com/Product/Product.aspx?Item=9SIV0KK6MF9604&nm_mc=afc-cjb2b&cm_mmc=afc-cjb2b--Tools+-+Electrician+Tools--Unique-Bargains--9SIV0KK6MF9604&utm_medium=affiliates&utm_source=afc-cjb2b-Octopart+Inc).
- Noboa, A., & Noboa, D. (2015). Diseño e implementación de un sistema electrónico con interface a PC para automatizar una máquina de escribir Braille. *Maskay*, 5(1), 1–9. Retrieved from <http://journal.espe.edu.ec/index.php/maskay/article/view/119>
- Once. (2018). ceguera y deficiencia visual —Once. Retrieved July 22, 2018, from <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/la-discapacidad-visual/concepto-de-ceguera-y-deficiencia-visual>
- ONCE. (2018). máquina Perkins. Retrieved July 22, 2018, from

<https://www.once.es/comunicacion/galeria-multimedia/Braille/Braille-12/view>

Organización Mundial de la salud. (2017). Organización Mundial de la Salud.

*Organización Mundial de La Salud*. Retrieved from

<http://www.who.int/features/factfiles/blindness/es/>

Ortega Pérez, T. E. (2017). Jugete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje Braille.

Perkins School for the Blind. (2018). SMART Brailier® - Soluciones Perkins.

Sánchez Solano, A. B. (2015). Estrategias metodológicas para la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en la Universidad Politécnica Salesiana, 1–161. Retrieved from <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8000>

Scientific, F. (2015). Blindness Solutions: PAC Mate Omni. Retrieved from

<http://www.freedomscientific.com/Products/Blindness/PACMateProductFamily>

The Qt Company. (2018a). Acerca de Qt - Qt Wiki. Retrieved May 17, 2018, from

[https://wiki.qt.io/About\\_Qt](https://wiki.qt.io/About_Qt)

The Qt Company. (2018b). Bibliotecas y API, herramientas e IDE | Qt. Retrieved

May 17, 2018, from <https://www.qt.io/qt-features-libraries-apis-tools-and-ide/>

The Qt Company. (2018c). Marco multimedia Phonon | Qt 4.8. Retrieved May 18,

2018, from <http://doc.qt.io/archives/qt-4.8/phonon-overview.html>

Tiflonexos. (2018). Máquinas Braille Perkins. Retrieved May 14, 2018, from

<http://www.tiflonexos.com.ar/perkinsBraille.htm>

Valdez, L. (2018). Discapacidad Visual. *DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN*

*ESPECIAL Dirección Provincial de Educación Del Guayas*, 1–101.

## ANEXO 1

**En el presente anexo se presenta la encuesta realizada a los profesores del Instituto especial para niños ciegos y sordos “Mariana de Jesús”, para determinar el porcentaje de funcionalidad y utilidad del prototipo.**

1.- ¿El sistema de lectura del prototipo le parece útil para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

2.- ¿El sistema de escritura del prototipo le parece útil para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

3.- ¿Está de acuerdo con la ubicación y distribución de pulsadores y solenoides en el prototipo para que la persona no vidente obtenga un correcto aprendizaje?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

4.- ¿Cree usted que el prototipo es una herramienta didáctica de apoyo en la enseñanza del Sistema Braille grado 1?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

5.- ¿La interfaz gráfica del dispositivo resultó interactivo, intuitiva y fácil de manejar?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	



6.- ¿El audio emitido para cada una de las letras, números, signos es claro y entendible?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

7.- ¿El aprendizaje y memorización de las letras del Sistema Braille Grado 1, resultó mucho más fácil que el método tradicional?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

8.- ¿Cree usted que el tiempo de aprendizaje del Sistema Braille Grado 1 se reduzca con la ayuda de este dispositivo?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

9.- ¿El prototipo cumple con los parámetros establecidos por el Instituto “Mariana de Jesús”, para la enseñanza y aprendizaje del Sistema Braille Grado 1?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

10.- Recomendaría la implementación y/o fabricación de este producto, como una herramienta de apoyo para la enseñanza del Sistema Braille Grado 1?

Totalmente de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	

**ANEXO 2**  
**CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO**



INSTITUTO ESPECIAL PARA NIÑOS CIEGOS Y SORDOS  
"MARIANA DE JESÚS"

Quito, 19 de julio del 2018

**CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de Directora del Instituto Especial Mariana de Jesús, certifico que:

Los Señores: **Cristián Alexis Jácome Miranda** con cédula de ciudadanía N 1721060596 y **Jonathan Daniel Vaca Vaca** con cédula de ciudadanía No 1720873833, estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana carrera de Ingeniería Electrónica, han puesto en práctica el Proyecto Técnico de Titulación intitulado: **"DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LECTOESCRITURA ASISTIDO POR AUDIO PARA EL APRENDIZAJE DE PERSONAS NO VIDENTES MEDIANTE EL SISTEMA BRAILLE"**, que estuvo bajo la supervisión del tutor del Proyecto Técnico, Ing. Gustavo Caiza, M.Sc.; el proyecto en mención ha sido **PROBADO Y VALIDADO** por todos los Docentes de esta Institución Educativa. Felicitamos el trabajo realizado por parte de los estudiantes, pues consideramos es una herramienta necesaria para el aprendizaje de los niños deficientes visuales y con baja visión que atendemos. Auguramos éxitos en sus carreras profesionales.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,

Silvia Crespo Vega

Directora



Isla Seymour N44-91 y Río Coca  
Teléfono: (593) 22440844  
E-mail: [inst.marianadejesus@yahoo.es](mailto:inst.marianadejesus@yahoo.es)  
[institutomarianadejesus@gmail.com](mailto:institutomarianadejesus@gmail.com)  
Quito - Ecuador

[www.institutomarianadejesus.com](http://www.institutomarianadejesus.com)