

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE ENSEÑANZA DEL SISTEMA BRAILLE

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

Jorge Andrés Aucay Pauta

Tutor:

Ing. Eduardo Pinos Vélez M.Sc.

CUENCA, MARZO DE 2016

© DERECHOS DE AUTOR

Yo Jorge Andrés Aucay Pauta, por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 21 de febrero del 2016



CI: 010527892-3

CERTIFICACIÓN

En calidad de TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN “Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille”, elaborado por Jorge Andrés Aucay Pauta, declaro y certifico la aprobación del presente trabajo de titulación, basándome en la supervisión y revisión de su contenido.

Cuenca, 21 de marzo del 2016



Ing. Eduardo Pinos Véllez M.Sc.
Ingeniero electrónico
Docente-Investigador
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor del proyecto y miembro del Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia, Ing. Eduardo Pinos Vélez, por brindar todo su conocimiento, apoyo y tiempo de una manera desinteresada, para culminar con éxito la implementación del prototipo en la sociedad y mi objetivo personal de presentar el proyecto a la Univesidad, previo a la obtención de mi título como ingeniero electrónico.

Además quiero dejar constancia de mi gratitud a la directora de la Unidad Educativa especial “Claudio Neira Garzón”, la Sra. Ruth Andrade, al personal de docentes y a los usuarios que intervinieron en la aplicación y evaluación del prototipo, invirtiendo parte de su tiempo.

Jorge Andrés Aucay Pauta

DEDICATORIA

A mis padres Jorge Aucay Arias y Malene Pauta Minchalo, por su constante esfuerzo y apoyo en mi vida académica y espiritual, ya que son el pilar fundamental de mi personalidad y mi formación; además de ser mi orgullo e inspiración. A mi abuelito Luis Alberto Pauta (+) quien guió mis pasos mientras tuvo vida y lo sigue haciendo desde el cielo. A mis hermanos Pedro Aucay Pauta y Xavier Aucay Pauta, por estar siempre presentes y apoyarme en todo momento. A mi tutor, Ing. Eduardo Pinos Vélez, por guiar el proceso del proyecto y brindarme su apoyo en todo momento. A Dios, Don Bosco y a María Auxiliadora.

Jorge Andrés Aucay Pauta

ÍNDICE GENERAL

Contenido

AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ANTECEDENTES	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO 1. DISCAPACIDAD VISUAL	5
1.1 Definición de discapacidad	5
1.2 Tipos de discapacidades.....	5
1.2.1 Discapacidad motriz	6
1.2.2 Discapacidad Sensorial	6
1.2.3 Discapacidad intelectual	6
1.3 Discapacidad Visual	6
1.3.1 Subdivisión de la discapacidad visual y causas de pérdidas del sentido visual.....	6
1.3.2 Evolución mundial de la discapacidad visual	7
1.3.3 Consideraciones para la enseñanza a estudiantes con discapacidad visual.....	8
1.3.4 Necesidad especiales de estudiantes con discapacidad visual.....	8
1.3.5 La educación de una persona con discapacidad visual.....	10
1.3.6 Memoria visual.....	11
1.4 Estadísticas de discapacidades a nivel Nacional [5].....	12
1.5 Discapacidad visual y la inclusión social.....	14
1.5.1 Personas con ceguera total	14
1.5.2 Personas débiles visuales	15
CAPÍTULO 2. EL SISTEMA BRAILLE	16
2.1 Historia [11].....	16
2.2 Estructura.....	16
2.3 Métodos de enseñanza [13].....	18
2.3.1 Personas débiles visuales	19
2.3.2 Método Bliseo	19
2.3.3 Método Pérgamo	21
2.3.4 Método punto a punto	21
2.3.5 Método tornillo.....	22
2.3.6 Método Braille para personas adultas	22
2.4 Materiales e instrumentos usados actualmente en la enseñanza.	22
2.4.1 El muñeco Braillin	23
2.4.2 La regla de bolsillo (para lectoescritura Braille).....	23
2.4.3 Regleta y punzón para cartulina.....	24
2.4.4 Máquina de escribir en Braille “Perkins”	25
2.4.5 Código generador braille digital.....	25
2.4.6 Ábaco.....	25
2.4.7 Calculadora con sonido	26
CAPÍTULO 3. ENFOQUE Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	27
3.1 De las normas jurídicas en discapacidades en el Ecuador.	27
3.2 El instituto.....	28
3.3 La persona no vidente.....	29
3.4 La familia de una persona con discapacidad visual.....	29
3.5 Posible impacto del proyecto en la sociedad.....	29

CAPÍTULO 4. PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE ENSEÑANZA DEL SISTEMA BRAILLE.....	31
4.1 Esquema electromecánico del sistema.....	31
.....	31
4.1.1 Arduino Mega.....	31
4.1.2 La aplicación android.....	33
4.2 Mecanismo.....	35
4.2.1 Diseño de la tarjeta electrónica complementaria.....	36
4.1 Presupuesto.....	37
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA EN LOS USUARIOS	40
5.1 Impacto del sistema en los usuarios.....	40
5.2 Evaluación del aprendizaje y análisis de resultados.....	41
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
6.2 Recomendaciones	44
BIBLIOGRAFÍA	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución nacional por provincias de las personas con discapacidades de distintos tipos [5].	12
Figura 2: Distribución porcentual de discapacidades a nivel nacional [5].	13
Figura 3: Dimensiones normalizadas en la separación de puntos [13].	17
Figura 4: Matriz de puntos, Sistema Braille [12].	17
Figura 5: Letra convencional “p”, representada por la matriz de puntos, equivalente al sistema Braille.	18
Figura 6: Serie Uno [13].	20
Figura 7: Serie Dos [13].	20
Figura 8: Serie Tres [13].	21
Figura 9: Serie Cuatro [13].	21
Figura 10: Muñeco Braillin [13].	23
Figura 11: Regleta de bolsillo [13].	24
Figura 12: Letra “a”, especificada como letra de lectura y letra de escritura.	24
Figura 13: Regleta y punzón para lectoescritura Braille.	24
Figura 14: Máquina "Perkins"	25
Figura 15: Código generador Braille digital	25
Figura 16: Ábaco.	26
Figura 17: Calculadora con audio	26
Figura 18: Instituto UEECNG.	28
Figura 19: Medidas de la tarjeta arduino mega [17].	32
Figura 20: Objetos de la programación.	33
Figura 21: Aplicación	33
Figura 22: Pantalla inicial, App.	34
Figura 23: Proceso de evaluación, App.	34
Figura 24: Evaluación del aprendizaje, App.	34
Figura 25: Dimensiones de la mano derecha.	36
Figura 26: PCB, shield en Altium.	36
Figura 27: Tarjeta complementaria, shield.	37
Figura 28: Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Causas principales que producen discapacidad visual [4].	7
Tabla 2: Características internas del Arduino Mega [16].	32
Tabla 3: Dimensiones de la mano derecha.....	35
Tabla 4: Lista de precios. Elementos electrónicos [Tabla referencial 2016. Ecuador]	37
Tabla 5: Lista de precios cortes y ensamble del mecanismo	39

ABREVIATURAS

CONADIS	Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades.
MIES	Ministerio de Inclusión Económica y Social.
UEECNG	Unidad Educativa Especial Claudio Neira Garzón.
OMS	Organización mundial de la salud.
PNBV	Plan Nacional del Buen Vivir.
GIATA	Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y Tecnologías de Asistencia.
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.

ANTECEDENTES

En la actualidad, en todos los países del mundo, se registran nacimientos de personas con discapacidades de distinto tipo, entre ellas la visual. Existen también casos en los que personas, por diferentes razones pierden su capacidad visual de forma permanente o parcial.

En nuestro país estos sucesos se dan en un índice no tan alto, según la CONADIS, órgano regulador de discapacidades a nivel nacional, pero están presentes. Las normativas actuales en empleos, disponen que las personas que sufren de discapacidades sean incluidas en empresas como trabajadores y desempeñen labores de acuerdo a sus posibilidades. En nuestra localidad existen varios centros de apoyo y formación para personas con discapacidad visual, por medio de estas instituciones los niños en general pueden acceder a la educación con docentes capacitados para trabajar con este tipo de discapacidad.

En varios campos de la ciencia, varios profesionales y estudiantes han invertido tiempo en desarrollo de métodos y dispositivos para generar una educación adecuada en personas que sufren de la discapacidad visual. Los esfuerzos por generar material didáctico y de apoyo en la interpretación del lenguaje han sido el eje central en la formación de las personas sin visión o con visión parcial.

Por lo expuesto se ha visto conveniente elaborar un dispositivo capaz de educar al estudiante en la interpretación de uno de los métodos de enseñanza del lenguaje escrito para personas no videntes, el lenguaje Braille. Con la ayuda del desarrollo tecnológico actual es posible concebir un sistema capaz de enseñar a la persona con o sin discapacidad visual este sistema de lenguaje y evaluar su aprendizaje.

Con este trabajo se pretende prestar un servicio y apoyar la formación de personas con discapacidad visual e involucrar aún más a sus familiares, presentándoles una herramienta que puedan usar en su autoeducación del lenguaje Braille.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de dispositivos que faciliten el aprendizaje del lenguaje Braille en personas con discapacidad visual, en la actualidad es un tema muy común en centros de investigación, como el grupo de investigación GIIATA en la Universidad Politécnica Salesiana, debido a la demanda de personas que nacen y sufren de la discapacidad visual en nuestro país y alrededor del mundo.

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, en nuestro país 47,996 personas han sido registradas con discapacidad visual hasta el 2 de febrero del 2016 [5]. Tomando en cuenta la población actual en el Ecuador, el porcentaje total de personas con discapacidad visual es de 0.30%, este dato no representaría un alto índice si no se hablara de personas con discapacidad.

Existen proyectos desarrollados en diferentes partes del mundo, enfocados a la ayuda para discapacitados visuales. Varios estudios se enfocan en el reconocimiento e identificación de caracteres, para traducción de textos impresos en lenguaje Braille, como es el caso del proyecto “A Novel Approach for Braille Images Segmentation” desarrollado por Abdul Malik, Ali El-Zaart, Saleh Al-salman y Abdu Gumaei [9]. Utilizan una técnica de la varianza entre clases, capaz de identificar un texto en braille, teniendo variantes distintas de luz, dimensiones y textura, con procesamiento de imágenes [9]. Otro de los proyectos enfocados a la codificación del código Braille, es “A System for Converting Braille into Print”, desarrollado por Paul Blenkhorn. Este método utiliza un logaritmo capaz de traducir a varios idiomas un texto en lenguaje Braille, y centra su funcionamiento en un método por tablas [10].

Los estudiantes Dayang Suhaida Awang Damit, Adi Idzhar Che Ani, Azim Izzuddin Muhamad, Mohd Hussaini Abbas y Fatimah Zaharah Ali de la facultad de Ingeniería

Eléctrica de la Universidad Tecnológica MARA, Pulau Pinang, Malaysia; desarrollaron un decodificador para entrelazar un mecanismo, que les permite generar código Braille, a partir de un teclado de computador [11]. Este sistema opera de forma similar al proyecto que se describe en este documento, ya que genera el código braille a partir de un lenguaje convencional común del país de origen. Su proyecto se centra en la conversión únicamente y le permite al usuario interpretar y reconocer los caracteres que pueda digitar en el teclado.

El desarrollo del proyecto “Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille”, tiene como uno de sus objetivos principales, la labor social en pesonas con discapacidad visual y petende establecer un mecanismo capaz de enseñar a personas con y sin discapacidad el lenguaje Braille. Basa su funcionamiento en la tarjeta arduino y tiene una aplicación movil para smartphone en la plataforma android; capaz de brindar al docente, la herramienta de evaluación del aprendizaje y el reconocimiento de caracteres en personas videntes.

CAPÍTULO 1. DISCAPACIDAD VISUAL

1.1 Definición de discapacidad

Se define como discapacidad a la limitación que presenta un individuo a realizar una actividad específica común, que resulta normal en la mayoría de las personas [1].

Según el MIES, en su modelo médico; define que la discapacidad es un problema de una persona que es causada por una enfermedad, una condición de salud o un trauma que necesita de acompañamiento médico, ya sea para mejorar la capacidad del individuo o para promover un mejor estilo de vida en el paciente. En el modelo social, se define que la discapacidad es una forma de exclusión de una persona dentro de un mismo entorno y define a este grupo pequeño como clase oprimida. Mientras que en el modelo universal, la discapacidad es una condición presente en la persona; tomando en cuenta el entorno de la persona y su desenvolvimiento individual [2]. Además menciona que la discapacidad aparece en el momento en el que un individuo presenta condiciones diferentes de índole sensorial, físicas e intelectual.

La OMS define a la discapacidad como la deficiencia presente en una persona que repercute en la capacidad que tiene en realizar una actividad, que un sujeto de sus mismas características considere normal [3].

Hoy en día, en lo que respecta a los derechos humanos, la discapacidad es un tema reconocido en las constituciones y en las leyes y es un concepto que forma parte del paradigma del “Buen Vivir” [3].

1.2 Tipos de discapacidades

En nuestro país, Ecuador; se reconocen como discapacidades a los siguientes tipos [3].

- Discapacidad auditiva.
- Discapacidad Física.
- Discapacidad intelectual.
- Discapacidad de lenguaje.
- Discapacidad Psicológica.

- Discapacidad Visual.

El MIES, clasifica a las discapacidades en tres grupos:

1.2.1 Discapacidad motriz

Que se cataloga como una desventaja que no le permite a la persona desempeñar correctamente su capacidad motora. Los problemas de la discapacidad motriz, pueden ser generados desde la gestación de un individuo, problemas en el nacimiento o condiciones de un bebe prematuro. También se pueden dar después de que la persona sufra un accidente, generalmente cuando existe lesión medular o alteraciones funcionales del organismo [3].

1.2.2 Discapacidad Sensorial

Esta discapacidad está enfocada a las personas que tienen deficiencias visuales y/o auditivas, que generan dificultad en la comunicación de la persona y su entorno. Esta discapacidad puede ocasionar la autoexclusión del individuo en diferentes actividades sociales [3].

1.2.3 Discapacidad intelectual

Esta discapacidad se refiere a las limitaciones sustanciales en un desempeño intelectual que es inferior la media de la población en general [3].

1.3 Discapacidad Visual

1.3.1 Subdivisión de la discapacidad visual y causas de pérdidas del sentido visual.

La OMS subdivide a la función visual en cuatro niveles [4]:

- Visión normal.

- Discapacidad visual moderada.
- Discapacidad visual grave.
- Ceguera.

Las causas principales de la discapacidad visual en porcentajes a nivel mundial vienen dado por la **Tabla 1**.

Tabla 1: Causas principales que producen discapacidad visual [4].

Causa	Porcentaje
Error de refracción no corregidos	43%
Cataratas no tratadas	33%
Glaucoma	2%

Sin embargo existen factores determinantes que no dependen del paciente, como por ejemplo el alto índice de pobreza en los países, el envejecimiento, errores de refracción [4].

1.3.2 Evolución mundial de la discapacidad visual

A partir de los años noventa, los casos de discapacidad visual a nivel mundial se han reducido, la razón son varios factores que han intervenido para mejorar la calidad visual de las personas en el mundo. Una de las razones más relevantes es el desarrollo socioeconómico; además está la intervención de la salud pública, la creciente atención oftalmológica y la información del pueblo en general sobre medidas correctivas y los procesos médicos de mejora en el tratamiento del sentido visual [4].

Se estima que el 80% de la población con discapacidad visual en el mundo pudieron o pueden ser tratados para prevenir o curar la discapacidad presente en los individuos. Además, tomando en cuenta el progreso en el tratamiento de las enfermedades visuales, en los últimos 20 años los gobiernos de distintos países han invertido en la implementación de programas y normas, para de esta forma evitar y controlar la

discapacidad. También se ha vuelto común tener el servicio oftalmológico de forma accesible y de buena calidad [4].

1.3.3 Consideraciones para la enseñanza a estudiantes con discapacidad visual

Un sujeto que inicia su formación con una discapacidad visual, no tiene las mismas ventajas fisionómicas que un estudiante sin discapacidad visual, es por esto que en los años 70, surge el término “necesidades educativas” para referirse a todos los implementos que ayuden al docente a impartir una clase que un estudiante con discapacidad pueda tomar, no obstante este término no solo se utiliza en la discapacidad visual, ya que en los diferentes tipos de discapacidad se tienen equipos, utensilios, métodos; entre otros recursos que le permiten a un educador instruir a su alumno con cualquier tipo de discapacidad [6].

Para el caso de la discapacidad visual, es importante notar el grado de ceguera presente en el estudiante y también la razón por la que el estudiante no dispone del sentido de la vista o a su vez dispone de un grado inferior; esto debido a que es diferente educar a una persona que nunca ha podido utilizar su visión, a una que la perdió en un tiempo determinado luego de su nacimiento [6].

Una persona con discapacidad visual tiene una percepción diferente de la realidad que una persona con el sentido de la vista; debido a que este sentido representa el 83% de los estímulos que una persona recibe del entorno. Es por esta razón que las necesidades educativas en una persona con el sentido visual afectado se centran en la compensación mediante la utilización de los otros sentidos, como el oído y el tacto [6].

1.3.4 Necesidad especiales de estudiantes con discapacidad visual

a) El acceso al mundo físico mediante otros sentidos.

Para una persona con discapacidad visual los sentidos del tacto, oído y olfato se desarrollan mejor y más rápido, como una forma de compensación en función del sentido débil o nulo. El sentido del tacto es aquel que toma la batuta en el

reconocimiento del entorno y se desarrolla aún más que el oído y el olfato, ya que le permite a la persona no vidente reconocer cualidades de los objetos como por ejemplo, forma, textura, temperatura, etc. Pero los sentidos del oído y el olfato permiten captar señales que el tacto deja por desapercibidas y por tanto genera una recepción de estímulos más completa [6].

b) El aprender a orientarse y desplazarse en el espacio.

En un espacio con objetos fijos o móviles una persona puede determinar su orientación y posición mediante su visión, para una persona que carece de este sentido, la orientación y posicionamiento de su masa es un proceso más complicado, debido a que no percibe de igual manera su entorno y necesita receptor más estímulos para lograr realizar estas dos actividades. Es por esto que se define el término “movilidad”, a la acción de desplazamiento que puede realizar una persona no vidente en un ambiente definido [6].

Para lograr orientarse una persona sin capacidad visual necesita utilizar su tacto, mediante sus extremidades y los dedos, generalmente de las extremidades superiores. Puede lograrlo también mediante la utilización de otros artículos para alargar su sensibilidad y su tacto, por ejemplo un bastón [6].

Para realizar el desplazamiento, una persona no vidente, necesita necesariamente de un acompañamiento y del bastón, que recibe las señales de tacto mediante golpes o deslizamiento [6].

c) La adquisición de un sistema alternativo de lectoescritura.

Debido a que la comunicación en los seres humanos es el eje principal para la socialización, la información y la convivencia, es importante que una persona con o sin discapacidad pueda representar símbolos, caracteres o formas para expresar una idea además del sonido [6].

La persona con discapacidad visual, no puede representar formas en una dimensión, debido a la falta del sentido que le permite identificarlas, es por esto que en las instituciones especiales para personas no videntes, el método de enseñanza de un pensum curricular se basa en la implementación y utilización de distintos objetos (necesidades educativas), que le permitan al estudiante identificar caracteres, símbolos

y formas; para de esta forma instruirse, mediante la lectura; o comunicarse, mediante la escritura. También es común encontrar en estas instituciones recursos como libros escritos en código Braille, Parlantes, CD's, etc, equipos que permiten al docente facilitar la enseñanza [6].

Tomando en cuenta al código Braille, como eje principal en la enseñanza, es necesario saber que el método de lectura es opuesto al método de escritura, esta equivalencia hace necesario disponer de equipos especiales para la lectura y equipos diferentes para la escritura, o equipos que se complementen [6].

d) Los hábitos de autonomía personal.

Corresponde a la necesidad de la persona no vidente de desenvolverse en un entorno más complejo, con variantes dinámicas [6].

La persona con discapacidad visual necesita aprender hábitos cotidianos como el aseo personal, el vestirse, el arreglar su casa, sus pertenencias, trasladarse de un lugar a otro dentro y fuera de la casa, hacer compras, entre otros [6].

e) El conocimiento y aceptación de su condición visual.

La persona con discapacidad visual permanente necesita aceptar que su condición que muy difícilmente cambiará y no autoexcluirse de la sociedad, debido a que esto genera un retraso en su avance sobre todo profesional. También necesita información, saber a dónde dirigirse en caso de querer aprender algo nuevo que por sí misma no lo pueda hacer. Además es importante que como discapacitado, pueda generar conocimiento y apoyo a personas con su misma condición en su propio entorno [6].

1.3.5 La educación de una persona con discapacidad visual

El proceso de enseñar a una persona no vidente se torna personalizada, enfocando los recursos necesarios a las asignaturas que correspondan. Mientras más recursos se utilicen en el aprendizaje, mejor será la recepción de la información del alumno y el aprendizaje del contenido. El docente debe buscar objetos tridimensionales, ayudarse con el código Braille, usar audio que pueda generar conocimiento en función de la asignatura que se esté abordando.

El docente debe aspirar a que el alumno gane autonomía en el aprendizaje y reforzar las aptitudes que el estudiante presente, con la intención de llegar a educar al alumno/a con eficiencia [6] [7].

Para facilitar la enseñanza a una persona con discapacidad visual, se debe conocer métodos de desarrollo de las habilidades kinestésicas, auditivas y táctiles, de esta forma el cerebro se prepara para identificar patrones, como el del sistema Braille [6] [7].

Desde que nace un bebe, este empieza a desarrollar sus habilidades y reflejos, con el pasar de los cuatro primeros meses, el infante no vidente se desarrolla de igual manera que un bebe vidente. A partir de este momento es cuando necesita desarrollar aptitudes sensomotrices en lo que respecta al oído, tacto, movimiento e identificación de sabores; suprimiendo el de la vista, que es el sentido del que carece. A este proceso se denomina “educación senso - motora” [7].

Es importante que el docente y los padres o familiares del bebe le ayuden en su desarrollo. El infante encaminará su aprendizaje mediante la identificación de objetos, en su tamaño, forma, textura; además el sentido del oído se desarrollara a medida que las personas en su entorno relacionen objetos con sonidos [7].

El desarrollo de la habilidad sensomotriz se basa por lo tanto en aprender a utilizar la memoria, el pensamiento y la imitación.

1.3.6 Memoria visual

En un ambiente natural, un individuo desarrolla la memoria visual mediante la identificación de objetos, símbolos, caracteres; de esta forma se forma un lector [7].

Cuando el sentido visual es afectado también afecta el aspecto de la memoria visual, pero existen formas de idealizar y figurar objetos por medio de la agudización de los demás sentidos y con la relación que se les pueda dar a diferentes estímulos (estimulación multisensorial) [7].

La estimulación multisensorial se basa específicamente en la utilización de todos los sentidos en un mismo ambiente, para el reconocimiento de patrones específicos,

Sentidos con la vista, oído, tacto, olfato, el sistema propioceptivo y el sistema vestibular [7]. Cuando uno de los sentidos es afectado en cualquier nivel, otro se agudiza y brinda al sujeto una compensación para establecer correlaciones en el ambiente; le permite identificar objetos y reconocerse en un entorno.

1.4 Estadísticas de discapacidades a nivel Nacional [5].

Según CONADIS, la provincia del Guayas es la que mayor porcentaje de personas con discapacidades presenta, con un estimado de 69,339 personas hasta el último registro, el 02 de febrero del 2016; seguida por la provincia de Pichincha con 61,682 personas, en tercer lugar se encuentra la provincia de Manabí con 44,044 personas y el Azuay en cuarto lugar con 27,933 personas con diferentes discapacidades, la Figura 1 muestra la distribución porcentual de discapacidades en las provincias a nivel nacional.

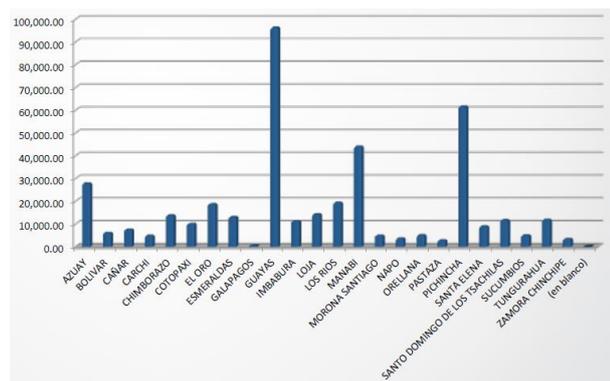


Figura 1: Distribución nacional por provincias de las personas con discapacidades de distintos tipos [5].

Las personas que constan en este registro tienen diferentes tipos de discapacidades entre auditiva, física, intelectual, de lenguaje, psicológica y visual. Pero la población con discapacidad con mayor número de personas son las que tienen discapacidad física, con 193,520 personas, seguida de la discapacidad intelectual con 91,651 personas, en tercer lugar está la población con discapacidad auditiva con 51,875 personas y en cuarta posición la discapacidad visual con 47,996 personas a nivel nacional. La Figura 2 muestra el nivel porcentual de la distribución de discapacidades a nivel nacional.

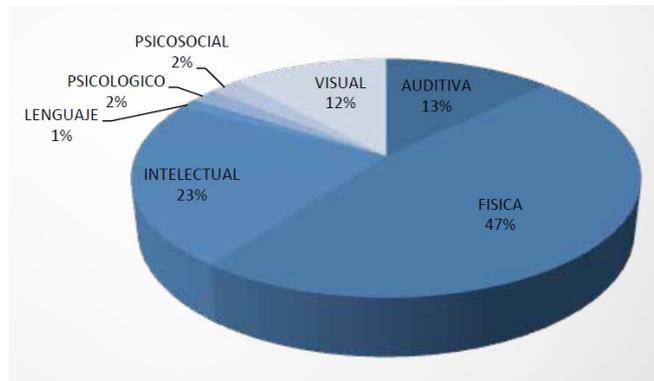


Figura 2: Distribución porcentual de discapacidades a nivel nacional [5].

De las 47,996 personas con discapacidad visual, las 13,273 están actualmente incluidas a la vida laboral lo que representa un porcentaje del 27.65%.

En el Azuay, las personas con discapacidad visual que tienen acceso a la educación son un total de 2,081. Es por esto que se describe a continuación la fórmula que determina la cantidad de personas con discapacidad visual que aparentemente se encuentran sin una educación de ningún tipo en el Azuay.

Para obtener un número aproximado de posibles usuarios para el dispositivo, se hace la siguiente relación.

$$PUP = (\#PDV) - (12\%PT) - (12\%P > 65)$$

$$PUP = 47,996 - \frac{12 * 250,539}{100} - \frac{12 * 90,784}{100}$$

$$PUP = 7,038 \text{ (siete mil treinta y ocho) Personas}$$

PUP = Posibles usuarios del prototipo, con discapacidad a nivel nacional.

#PDV = Número de personas con discapacidad visual en el Ecuador.

12%PT = Doce por ciento de personas con discapacidad visual que actualmente tienen empleo.

12%P>65 = Doce por ciento de personas mayores a 65 años con discapacidad visual.

1.5 Discapacidad visual y la inclusión social.

En la actualidad en el Ecuador se tienen organizaciones de distintas índoles, entre públicas y privadas, dedicadas a la inclusión social de personas con discapacidad visual. Una de las organizaciones públicas es el MIES, destinada a la inclusión social y económica de las personas con vulnerabilidad o de bajos recursos económicos [14]. Entre los grupos de personas que el MIES trata de proteger e incluir socialmente se encuentran las personas con discapacidades [14]. Con el ingreso al poder ejecutivo del Ex Vicepresidente de la república, El licenciado en administración pública, Lenin Moreno, la inclusión social de personas con discapacidades fue un tema de primer orden, con su salida, el ministerio MIES, asumió la responsabilidad en este campo.

Existen agrupaciones como federaciones, asociaciones y comités, formados por personas de distintas partes del país, que destinan su tiempo a trabajar conjuntamente con el MIES en la inclusión de las personas con discapacidades, mediante la asociatividad, para de esta forma gestionar la discapacidad, generando vínculos entre la persona que tiene discapacidad, con las personas o agrupaciones que se hacen cargo de atender sus necesidades.

Aunque la participación de personas con discapacidad en diferentes ámbitos sociales en el país ha aumentado y ha sido valorada, aún existen limitaciones significativas. En la mayor parte de los casos, son los familiares quienes conforman las agrupaciones que ayudan a las personas con discapacidad a desarrollarse en eventos deportivos, religiosos, sociales, etc.; lo que genera aun un problema con las persona que no tienen acceso a estas áreas o que sufren de enfermedades catastróficas que limitan casi en su totalidad el funcionamiento individual del sujeto.

La discapacidad visual en función de la inclusión social se subdivide en dos grupos:

1.5.1 Personas con ceguera total

Que se refiere a las personas que no pueden distinguir la luz en ninguno de sus dos ojos [1].

1.5.2 Personas débiles visuales

Que corresponden al grupo de individuos que tienen un alto porcentaje de deficiencia visual, no pueden ser tratados medicamente ni quirúrgicamente y necesitan de artefactos como lentes con cristales o lupas de potencia mayor a cuatro dioptrías para poder realizar actividades como la lectura o identificación de objetos [1].

Al contrario de otros tipos de discapacidades, la visual no ocasiona que la persona no pueda desenvolverse en un medio laboral como profesional. Sus actividades motrices, generalmente, están de acuerdo a las de los demás.

CAPÍTULO 2. EL SISTEMA BRAILLE

2.1 Historia [11]

En el siglo XIII, se tienen registros de la utilización de caracteres táctiles para la lectura. En 1808 Charles Barbier decide implementar una escritura con relieve, denominándola “escritura nocturna”, para 1819 tenía el sueño de desarrollar un sistema de lectoescritura para no videntes con la utilización de una matriz de 6 líneas y 6 columnas. A su sistema se lo denominó “sonográfico” de Barbier. Este sistema permitió representar 4000 signos.

Luis Braille (1809-1852) a la edad de 3 años y a causa de un accidente queda ciego, por lo que fue enviado a Paris, a una escuela especial. En la institución, Luis mostro un progreso bastante rápido en la ciencia y en la música. Para 1828 Braille era profesor de la escuela y empezó a trabajar en un sistema para ciegos semejante al desarrollado por Barbier.

Louis Braille adopto el sistema de Barbier, pero utilizo grupos de entre 1 a 6 puntos en combinaciones, para representar las letras, números, signos matemáticos y notas musicales.

2.2 Estructura.

El sistema Braille es una forma de lenguaje de lectura y escritura táctil. Consiste en una matriz de puntos de 3 filas, 6 columnas en 64 combinaciones diferentes, que describen un carácter, un signo o un número [9]. Al inicio fue utilizado con un enfoque netamente militar, para enviar mensajes que pudieran ser interpretados en la noche [10] [11] [12].

La matriz de puntos que generan el código Braille, en una posición inicial sin relieve, toma el nombre de “signo generador”, celdilla o cajetín, sus medidas están estandarizadas y su altura es de 5mm, mientras que su ancho está en 2.5mm; tomando en cuenta los centros de las circunferencias en los extremos (Véase en la **Figura 3**).

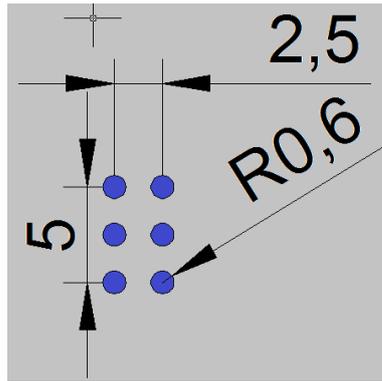


Figura 3: Dimensiones normalizadas en la separación de puntos [13].

La distribución, junto a las medidas normalizadas de signo generador se acoplan perfectamente a las terminaciones nerviosas de la yema del dedo encargado de la lectura táctil del código, lo que le permite al cerebro recibir la información suficiente para interpretar el código [13]. La **Figura 4** muestra la construcción de la matriz de puntos en el sistema Braille y la **Figura 5**, un ejemplo de equivalencia al sistema convencional de lectura.

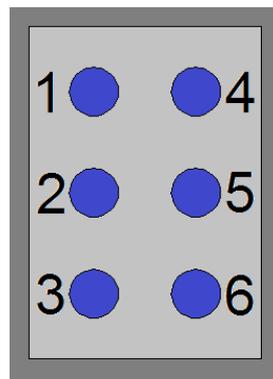


Figura 4: Matriz de puntos, Sistema Braille [12].

Como es apreciable en la **Figura 4**, a cada punto le corresponde un numero entre el 1 al 6. Para poder representar y distinguir los puntos en el plano, es necesario que los puntos a los que equivale el caracter, sobresalgan del plano de lectura [12] [13].

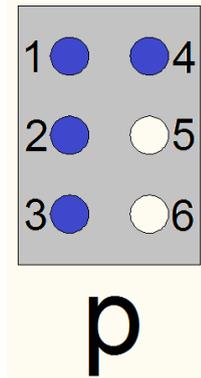


Figura 5: Letra convencional “p”, representada por la matriz de puntos, equivalente al sistema Braille.

En la **Figura 5**, las circunferencias de color azul corresponden a los puntos sobresalientes en el plano y que equivalen al carácter.

Para representar un carácter simple, como una letra del abecedario en minúscula, se dispone de la matriz de 6 puntos en cualquiera de sus 27 primeras combinaciones de la “a” a la “z”. Mientras que para representar códigos de referencia, como letra mayúscula, números, letra cursiva, etc., la notación en código Braille sería con la adición de una combinación de puntos en una nueva matriz a la izquierda de la matriz general, si el propósito es dejar un espacio, se implementa en el plano de lectura un cajetín en blanco. Para iniciar un párrafo, es importante dejar un espacio equivalente a dos cajetines; mientras que entre párrafos la separación correcta equivale a un renglón en blanco. [12] [13].

2.3 Métodos de enseñanza [13].

El lenguaje Braille necesita de destreza total en la utilización del sentido del tacto, es importante notar que se pueden tener dos formas de sentir, el tacto pasivo y el tacto activo; este último conocido también como percepción hepática.

El tacto activo nos permite desarrollar una recepción de información más completa, ya que en el intervienen desplazamientos e identificación de texturas mediante el movimiento.

En el cuerpo, las personas contamos con propiedades que nos permiten sentir mediante el tacto, pero en la mano es donde se puede tener una mayor recepción de estímulos, mediante el uso de los sensores cutáneos y cines téticos.

Para iniciar una enseñanza adecuada en una persona no vidente, se debe indagar en los datos previos del mismo; es decir, saber si la persona no dispone del sentido visual por un mal congénito, o si perdió la vista luego de su nacimiento. Estos datos influyen mucho en la preparación de la persona a iniciar con el aprendizaje de un sistema de lectoescritura como el Braille.

El usuario debe tener una preparación previa, introductoria de lo que es el sistema Braille, identificando en primer lugar, el cajetín, los seis puntos del sistema y su distribución. Para lograr este objetivo, lo aconsejable es iniciar el reconocimiento, mediante la utilización de objetos grandes que puedan asemejarse a la matriz del código braille.

Los métodos que más se usan en la enseñanza del sistema Braille, se describen a continuación:

2.3.1 Personas débiles visuales

Es un método que incluye la utilización de una cartilla para el aprendizaje, que transmite mensajes mediante frases simples escritas en Braille. La complejidad de las frases aumenta a medida del avance del estudiante y aquí intervienen las letras del abecedario, de las más fáciles de identificar a las más complejas.

2.3.2 Método Bliseo

Es el método que se va a utilizar en el proyecto, debido a su ajuste en la distribución del abecedario en series para mejorar el aprendizaje. Este método está dirigido a adultos que tienen un buen nivel de conocimiento del alfabeto, ya que se enfoca en la agrupación del alfabeto en conjuntos de letras, en los que intervienen ciertos puntos del signo generador, o matriz Braille. Para iniciar con este método el estudiante debe reconocer perfectamente el cajetín (signo generador) y tomar en cuenta a que número corresponde cada punto de la matriz de 6 puntos.

El sistema Braille, tiene una distribución lógica para representar los caracteres. Para idealizar este concepto a continuación se describen las cuatro series correspondientes al abecedario equivalente en código Braille y tomando en cuenta el método Bliseo.

a. Serie Uno

Esta serie consta de las primeras 10 letras del sistema convencional de lectoescritura. Su agrupación está basada en la combinación de los cuatro puntos superiores de la matriz de seis puntos (1, 2, 4 y 5). La **Figura 6** muestra dichas combinaciones de puntos y su equivalencia al sistema de lectoescritura convencional.

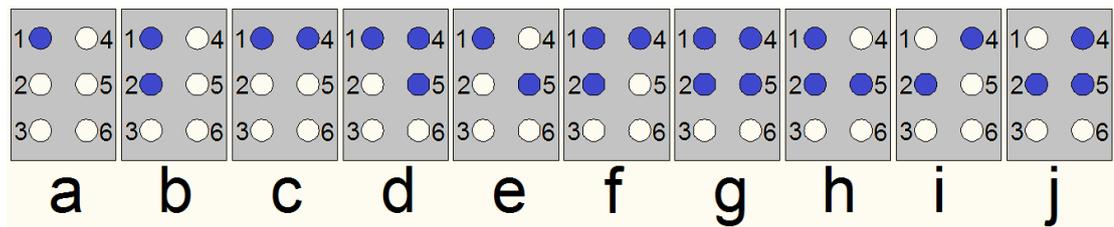


Figura 6: Serie Uno [13].

b. Serie Dos

En esta serie se incluye el punto “3” de la matriz Braille. De esta manera se tiene las combinaciones en función de la primera serie de 10 letras, más el punto anteriormente mencionado. La **Figura 7** expresa la serie dos.

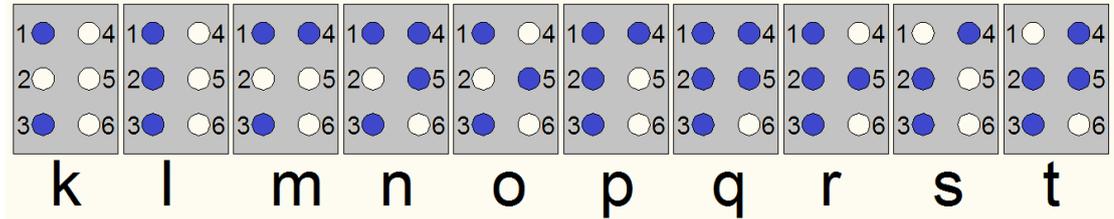


Figura 7: Serie Dos [13].

c. Serie Tres

En esta serie interviene el punto “6” en las combinaciones de las series uno y dos. En el abecedario dan un total de 5 letras dentro de esta serie (Vease en la **Figura 8**).

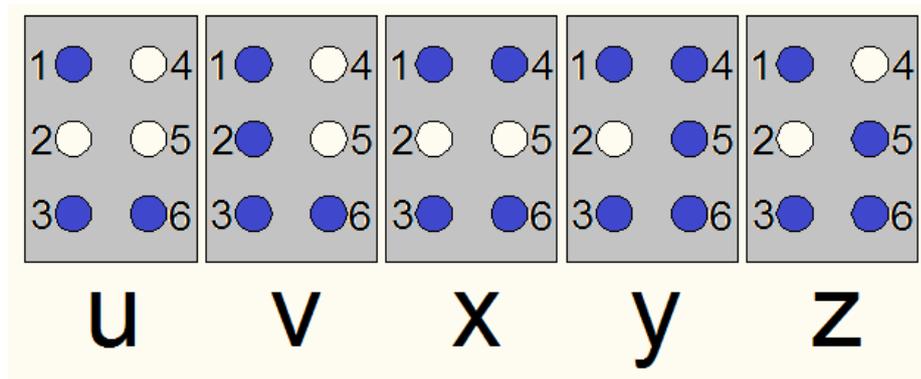


Figura 8: Serie Tres [13].

d. Serie Cuatro

Finalmente para el abecedario de 27 letras, la serie 4 corresponde a la combinación de las letras “q”, “r” y “t”; pero sin el punto “3” y añadiendo el punto “6”. Este proceso se da para completar el abecedario en español. (Véase en la **Figura 9**).

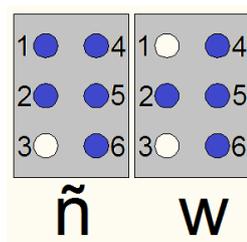


Figura 9: Serie Cuatro [13].

Las series se aplican de igual manera para símbolos y caracteres de distintas regiones del mundo.

2.3.3 Método Pérgamo

Es un método que se dirige a adultos, inicia con el reconocimiento del signo generador, pero contiene un orden preestablecido de presentación de las letras, a, e, i, o, u, l, s, p, m, f, d, n, t, ñ, c, h, á, é, b, v, ll, y, í, ó, ú, g, j, z; en lo que respecta al abecedario.

2.3.4 Método punto a punto

Es un método más complejo que incluye dos Series, la primera enfocada al reconocimiento del signo generador y el reconocimiento de las letras principales, a, b,

l, e, o. La segunda serie incluye frases y letras más complicadas en un orden de enseñanza preestablecido. Además en la segunda serie se explica al profesor como usar el método en la enseñanza.

2.3.5 Método tornillo

Es un método enfocado a los niños. Utiliza materiales didácticos con relieve y le permite al estudiante facilitar su aprendizaje mediante el uso de palabras y frases con sentido, cortas. El orden de los caracteres a estudiar mediante este método, está dado por las letras con menor número de puntos en relieve en el inicio y según avance el estudio, se incluyen más puntos del signo generador en relieve para dificultar el reconocimiento después.

2.3.6 Método Braille para personas adultas

Este método está enfocado en personas que han perdido la visión por razones ajenas a un mal congénito o por enfermedades degenerativas.

Lo principal para iniciar con el método, es trabajar con la persona a nivel psicológico, seguidamente de un trabajo en función del desarrollo de sus habilidades táctiles. Es importante tomar en cuenta que una persona que podía ver, no va a recibir fácilmente las pautas para utilizar su sentido del tacto con la misma facilidad que un niño que jamás vio y que desarrollo este sentido mucho más rápido por necesidad. Además no se puede permitir que el estudiante vea tedioso el aprendizaje del sistema Braille, ya que esto puede generar que la persona descarte el sistema de su forma de vida y se limite en cuanto a un aprendizaje alternativo para su comunicación mediante la lectura y escritura.

2.4 Materiales e instrumentos usados actualmente en la enseñanza.

En la actualidad, el desarrollo de la tecnología ha permitido que campos como el pedagógico tenga más recursos para la enseñanza de una forma de lenguaje.

Para aprender el lenguaje Braille, se disponen de una serie de equipos, que según la edad y la destreza del estudiante, se acoplan en su aprendizaje.

A continuación se detallan algunos de estos equipos, usados para iniciar el aprendizaje del sistema Braille.

2.4.1 El muñeco Brailin

Es uno de los objetos que le permiten al estudiante reconocer el signo generador. Mediante el desliz de los puntos en secuencias diferentes, el estudiante puede reconocer los caracteres. La **Figura 10** muestra el muñeco Brailin,



Figura 10: Muñeco Brailin [13].

2.4.2 La regla de bolsillo (para lectoescritura Braille)

Es una de las formas más comunes de implementación de material didáctico en un centro de enseñanza del código Braille. Consta de dos partes importantes, la primera cara que únicamente sirve para leer caracteres y que según el relieve de sus puntos, equivale a una letra o símbolo en el lenguaje Braille. La otra cara es para la escritura, y se opera de forma contraria; es decir, que los puntos en relieve de una letra son los puntos sin relieve para el sistema de lectura Véase en la **Figura 11**.



Figura 11: Regleta de bolsillo [13].

La **Figura 12** Permite diferenciar el sistema de lectura, del sistema de escritura de la regleta.

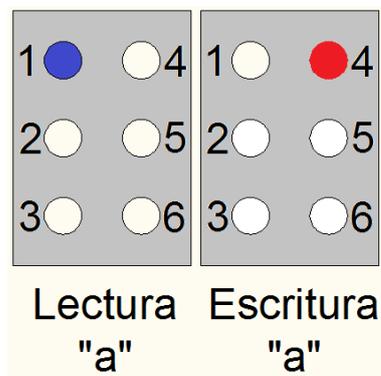


Figura 12: Letra "a", especificada como letra de lectura y letra de escritura.

En las diferentes instituciones destinadas a la enseñanza a personas con diferentes discapacidades se disponen de instrumentos diferentes, algunos artesanales, otros un poco más técnicos. La Unidad Educativa especial "Claudio Neira Gazón" de la ciudad de Cuenca dispone de los instrumentos que se describen a continuación.

2.4.3 Regleta y punzón para cartulina



Figura 13: Regleta y punzón para lectoescritura Braille.

Utilidad: Esta tabla le permite al estudiante generar un proceso de escritura, mediante el uso del punzón; además el usuario puede aprender a leer mediante las celdillas y el uso de su dedo ya que distribuye de mejor forma la posición de los puntos del signo generador.

2.4.4 Máquina de escribir en Braille “Perkins”



Figura 14: Máquina "Perkins"

Utilidad: esta máquina de construcción brasileña, permite que el usuario pueda generar textos, igual que una máquina de escribir ordinaria.

2.4.5 Código generador braille digital



Figura 15: Código generador Braille digital

Utilidad: Con el uso de este dispositivo mecánico electrónico, el estudiante puede reconocer el código Braille, tanto de escritura, como de lectura.

2.4.6 Ábaco

CAPÍTULO 3. ENFOQUE Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.1 De las normas jurídicas en discapacidades en el Ecuador.

En lo que respecta a normas jurídicas en discapacidades del Ecuador se enumeran distintos artículos a favor de la inclusión social e igualdad de derechos para personas con discapacidad.

El Eje 1 de las normas jurídicas en discapacidades, Sensibilización, en su subdivisión 1.2 Difundir ampliamente instrumentos que promueven los derechos de las personas con discapacidad. Establece el siguiente párrafo [8]:

“Generar acciones de difusión, concienciación, fomento y respeto de los derechos humanos, con énfasis en los derechos de niños y niñas, adolescentes y jóvenes, personas adultas mayores, mujeres, personas LGBTI y personas con discapacidad” (2.5.b.-PNBV) [8].

Tomando en cuenta que la población actual en el país es de 15, 74 millones de habitantes y que la población con discapacidad de cualquier tipo es de 408,021, el valor porcentual al que este párrafo se refiere es del 0.000026%. Si no representa un porcentaje significativo, el hecho de la presencia del valor porcentual permite que se generen políticas para la inclusión las personas con discapacidad.

El Eje 5, Educación, enuncia, “Promover a las personas con discapacidad una educación inclusiva y especializada de calidad y con calidez, así como oportunidades de aprendizaje a lo largo de la vida” [8].

En el mismo se describe un párrafo con el siguiente texto:

“Dotar o repotenciar la infraestructura, el equipamiento, la conectividad y el uso de TIC, recursos educativos y mobiliarios de los establecimientos de educación pública, bajo estándares de calidad, adaptabilidad y accesibilidad, según corresponda” (4.1.c.-PNBV) [8].

Los instrumentos que facilitan la implementación de una educación ideal y eficiente en una población de personas con discapacidad, en la actualidad es un campo de

estudio y de desarrollo en nuestro país. Entidades públicas y privadas trabajan en el mejoramiento del proceso de inclusión de personas con distintos tipos de discapacidad.

3.2 El instituto.



Figura 18: Instituto UEECNG

Nombre de la institución: Unidad Educativa Especial “Claudio Neira Garzón”.

Ubicación: Sector Quinta Chica bajo. Totorillas y Chorreras sin número.

Reseña:

El instituto “UEECNG” fue creado en el año de 1971 por la dirección provincial del Azuay, es una entidad educativa pública que brinda educación primaria a las personas con discapacidades sensorial de tipo visual y auditiva. Esta entidad destina recursos tanto humanos como tecnológicos en la educación de sus estudiantes. Dispone de 14 docentes y 4 terapistas de lenguaje, ocupacional y físico; que conjuntamente con los padres de familia, asumen la labor de iniciar en un estudio académico a los niños de entre 1 y 18 años de edad.

En la actualidad esta unidad educativa tiene como Directora general a la Sra. Ruth Alicia Andrade Arízaga. La institución en la actualidad no recibe el apoyo económico de ninguna institución privada.

La institución atiende a niños, en estimulación temprana y los cursos que ofertan van hasta el séptimo de básica.

3.3 La persona no vidente.

El paciente, sugerido por la institución UEECNG sufre de discapacidad visual total. En la actualidad se encuentra cursando el segundo año de educación básica inicial y tiene 9 años de edad.

El estudiante ha sido elegido por el docente del instituto debido a que no conoce el sistema de lectura Braille y está iniciando sus estudios este año lectivo en la instrucción primaria.

3.4 La familia de una persona con discapacidad visual.

Los usuarios sugeridos por la institución UEECNG, son una madre de familia y la hermana mayor de una niña con discapacidad visual, han sido elegidos por el instituto debido al tiempo que ellos dedican a su situación con su pequeña no vidente y por su compromiso constante en asumir la responsabilidad de apoyar el crecimiento académico y espiritual de la pequeña.

En la actualidad ninguno de los dos se encuentra cursando algún curso para aprender a leer en el sistema de lectura Braille; razón por la cual el prototipo les resulta una agradable e importante opción para generar su aprendizaje.

Para los padres, es un reto muy grande ayudar con la educación de su hija con discapacidad, debido a la falta de conocimiento en las técnicas y la teoría de las pautas a seguir en su formación académica. Es por esta razón que ellos ven conveniente adquirir los conocimientos que sean necesarios para poder apoyar a su joven hija y hermana, sobre todo en lo que respecta a los trabajos y deberes que a diario la pequeña debe cumplir.

3.5 Posible impacto del proyecto en la sociedad.

El dispositivo “Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille” tiene como primer objetivo desarrollar el sentido del tacto en personas que sufren de discapacidad visual, de esta manera ayudarles a aprender el sistema de lectura en lenguaje Braille.

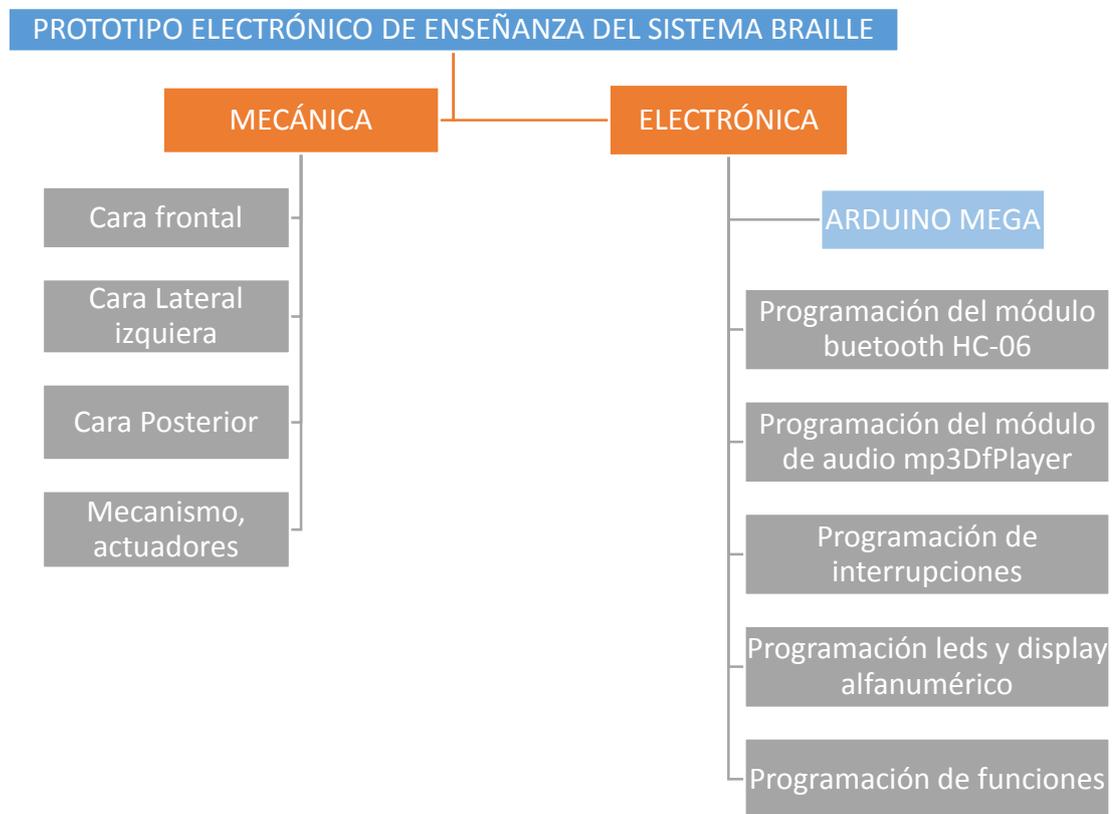
Además se enfoca el uso de dispositivo en personas ajenas a la discapacidad, pero que en su núcleo familiar tienen un miembro con discapacidad Visual. Se pretende que esta

clase de usuarios puedan desarrollar el sentido del tacto y obtengan destreza en el reconocimiento de caracteres que puedan ser emitidos en lenguaje Braille.

Generalmente en las instituciones públicas y privadas de nuestra localidad, los maestros no poseen formación para conducir a un estudiante con discapacidad visual a un aprendizaje correcto en lectura o escritura. Es por esta razón que otro enfoque del prototipo va hacia la docencia, para profesores de instrucción primaria; que pertenezcan a instituciones en donde por motivos diversos, no cuenten con maestros que conozcan el sistema de lectura Braille. De esta forma estos docentes pueden desarrollar conocimiento y además tener material didáctico para inculcar en el estudiante el método de lectura Braille por medio del prototipo.

CAPÍTULO 4. PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE ENSEÑANZA DEL SISTEMA BRAILLE

4.1 Esquema electromecánico del sistema.



4.1.1 Arduino Mega [16]

La utilización de arduino en la parte de software es la parte inicial del proyecto, básicamente se ha decidido utilizar esta herramienta, por el manejo de sus librerías en el comando de los dispositivos como servomotores, modulo bluetooth y el módulo de audio. Otra de las características cruciales que ha intervenido para la inclusión del Arduino Mega en el proyecto es la capacidad de manejar 6 interrupciones. Esto, debido a que el prototipo tiene de 6 pulsantes para el comando de los entrenamientos y las secuencias respectivamente. Además maneja una memoria EEPROM, que permite el almacenamiento de datos.

La **Tabla 2**, expone las características internas del arduino:

Tabla 2: Características internas del Arduino Mega [16].

ELEMENTO	DESCRIPCION
Micro controlador	ATmega1280
Tensión de funcionamiento	5v
Voltaje de entrada recomendado	Entre 7v a 12v
Límites de voltaje de entrada	Entre 6v a 20v
Pines (entradas/salidas) digitales	54 pines (15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16 pines
Memoria flash	128 KB de los cuales 4 KB utiliza el gestor de arranque
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz

La **Figura 19** representa las medidas que tiene el arduino y que son consideradas para el diseño posterior de la tarjeta complementaria.

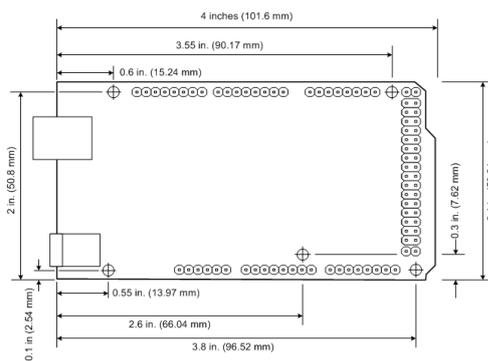


Figura 19: Medidas de la tarjeta arduino mega [17].

La **Figura 20** representa al arduino mega y la comunicación con los periféricos.

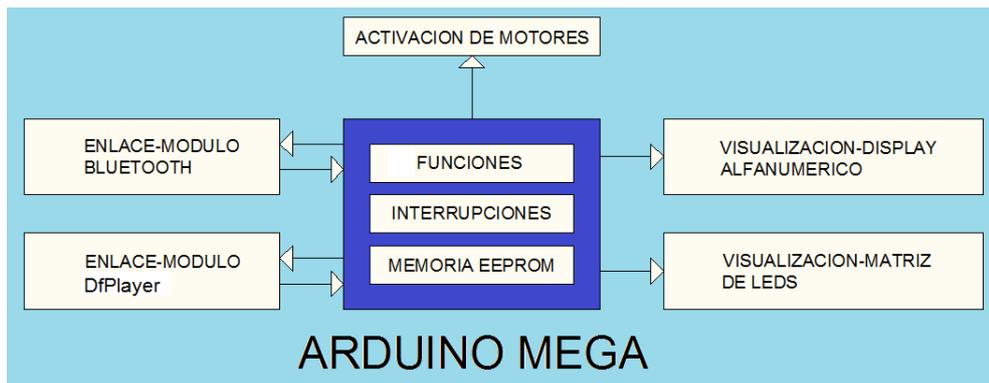


Figura 20: Objetos de la programación.

Las líneas de código utilizadas en la programación de cada objeto y del sistema en conjunto se pueden encontrar en el repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca como **Anexo 1**.

4.1.2 La aplicación android.

Un desarrollo adicional que se ha implementado en el proyecto es la capacidad de comandar el mecanismo electro mecánico mediante la utilización de un teléfono celular Smartphone sistema android.

Se ha visto importante utilizar una comunicación externa con los periféricos del prototipo, para poder generar una evaluación del aprendizaje en caso de que el estudiante sea supervisado por un docente o as u vez, un familiar.

La **Figura 21** muestra el logo de la aplicación en un teléfono Smartphone.



Figura 21: Aplicación

Ésta aplicación tiene la característica de incluir varias ventanas para facilitar el manejo de la misma. La **Figura 22** expone la pantalla.



Figura 22: Pantalla inicial, App.

Una vez ingresados los datos de usuario, el evaluador puede generar al final un registro de los aciertos y errores del evaluado, visualizando en la ventana los caracteres que desee que el usuario identifique, para acompañar el proceso de aprendizaje (Véase en la **Figura 23**).



Figura 23: Proceso de evaluación, App.

La **Figura 24** expone el porcentaje de aprendizaje del usuario y el registro de su nombre y edad, como datos para futuras evaluaciones.



Figura 24: Evaluación del aprendizaje, App.

Para revisar la programación de la aplicación desarrollada en “Procecing”, revisar el repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, **Anexo 2**.

4.2 Mecanismo.

En este proyecto y debido a la facilidad de adquisición, se ha decidido utilizar la madera (MDF) para la maqueta de la estructura mecánica, así como de los actuadores del sistema.

Para poder iniciar con los cortes de la maqueta el paso inicial es realizar el diseño de la misma, para lo que se decidió utilizar el software “AutoCad”, debido a la facilidad que le da el software en convertir los archivos en PDF y generar un documento en escala de 1 a 1 para, mediante el software “Ilustrador” realizar los ajustes e iniciar con los cortes.

En el **Anexo 3** (Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca) se exponen los planos del sistema mecánico del prototipo.

La **Tabla 3** expone las dimensiones de una mano derecha de adulto (autor), importantes para el diseño de la cara frontal.

Tabla 3: Dimensiones de la mano derecha

Descripción	Dimensión
D1	160mm
D2	185mm
D3	95mm
D4	25mm

D1: Ancho de la mano.

D2: Largo de la mano.

D3: Separación del lado frontal derecho al +dedo índice.

D4: Separación del lado superior al dedo índice.

Para ilustrar de mejor forma las medidas de cada elemento a considerar en la mano y en la cara frontal se detallan las acotaciones en la **Figura 25**.

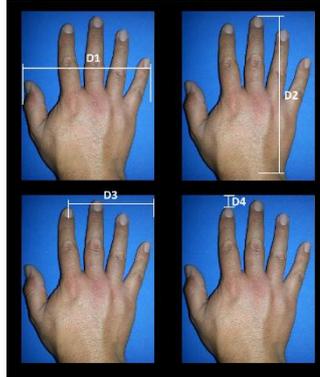


Figura 25: Dimensiones de la mano derecha.

4.2.1 Diseño de la tarjeta electrónica complementaria.

La tarjeta arduino realiza todas las funciones de mando y control de dispositivos; sin embargo, se necesita de una tarjeta complementaria que cumpla la función de “shield”, para poder entrelazar y comunicar a la tarjeta arduino con todos los periféricos del sistema electromecánico.

El proceso de construcción de la tarjeta inicia definiendo los periféricos y los componentes que necesitan para operarse. Este proceso se realiza por medio del software “Altium” (Véase en la **Figura 26**), encargado de generar el PCB de la tarjeta.

La **Figura 27** muestra la placa en su forma física, construida de forma artesanal.

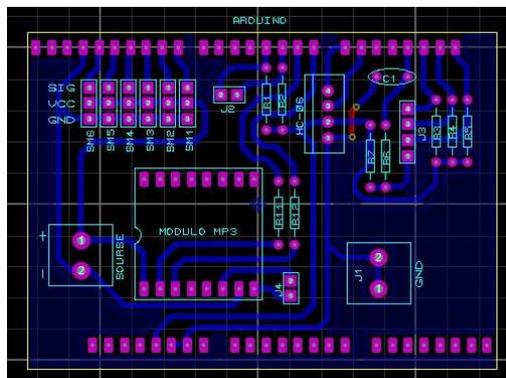


Figura 26: PCB, shield en Altium.

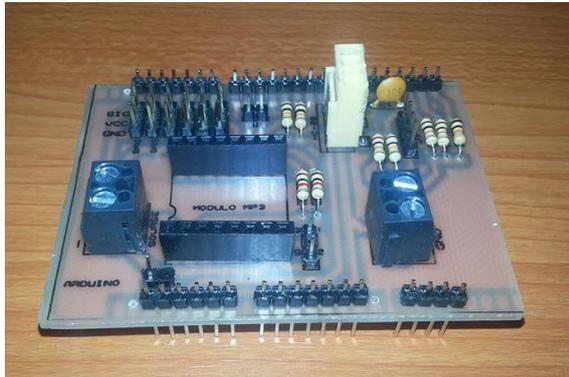


Figura 27: Tarjeta complementaria, shield.

Una vez ensamblada la maqueta, se procede a acoplar los periféricos y las tarjetas electrónicas, para formar el sistema electrónico mecánico. La **Figura 28** muestra el sistema electromecánico correctamente ensamblado y en funcionamiento.

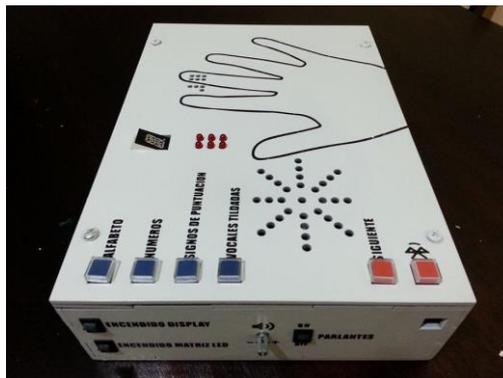


Figura 28: Prototipo electrónico de enseñanza del sistema Braille

4.1 Presupuesto

A continuación se detalla la lista de componentes electrónicos, usados en la construcción del dispositivo (**Tabla 4**).

Tabla 4: Lista de precios. Elementos electrónicos [Tabla referencial 2016. Ecuador]

COMPONENTE	UNIDADES REQUERIDAS	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Arduino Mega	1	31.00	31.00
Parlante 8ohm	1	1.50	1.50

Display alfanumérico	1	1.79	1.79
Led	6	0.10	0.60
Resistencias, 10K, 1K, 330ohm	17	0.04	0.68
Condensador cerámico	1	0.10	0.10
Módulo mp3 DfPlayer	1	16.00	16.00
Módulo bluetooth HC-06	1	10.00	10.00
Potenciómetro lineal 50K	1	0.75	0.75
Borneras N	2	0.40	0.80
Peineta hembra	1	1.15	1.15
Peineta macho	1	1.40	1.40
Rollo de estaño	1	1.50	1.50
Cautín	1	7.00	7.00
Pasta para soldar	1	0.50	0.50
Servo motor micro SG90	7	8.00	56
Pulsante 4 pines	6	0.25	1.50
Switch R	3	0.50	1.50
Conector (cable de poder)	1	0.50	0.50
Cable de 40 hilos con conectores macho	1	5	5
Cable de 40 hilos con conectores hembra	1	5	5
Tarjeta complementaria	1	1	18
Precio, componentes electrónicos			\$162.27

En lo que respecta a la parte mecánica el valor de los precios viene dado en la **Tabla 5.**

Tabla 5: Lista de precios cortes y ensamble del mecanismo

Elemento	Precio \$
Estructura de madera MDF	\$25.00
Actuadores	\$10.00
Pintado de la caja	\$5.00
Diseño y cortado de stickers	\$10.00
Total	\$50.00

El tiempo invertido por parte del autor, en la elaboración del proyecto es de: 310 horas.

Si el precio por hora se establece en \$5.00 dólares, el costo del proyecto por el tiempo invertido sería de \$1,550.00 dólares.

El precio del primer prototipo, por lo tanto estaría en:

\$ 1,762.27 dólares

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL SISTEMA EN LOS USUARIOS

5.1 Impacto del sistema en los usuarios.

El prototipo fue evaluado por tres usuarios. Los dos primeros usuarios fueron, una madre de familia de la Unidad Educativa especial “Claudio Neira Garzón” y su hija; las dos personas no tienen discapacidad visual, pero en su familia la hija menor es no vidente. Vale recalcar que las dos damas conocen lenguaje de lectoescritura Braille y reconocen varios caracteres del sistema.

Desde el inicio de la evaluación se notó un reconocimiento adecuado de la mayoría de los signos del abecedario al probar el sistema sin audio y sin el display alfanumérico. Se procedió por lo tanto a dejar el prototipo en manos de la familia para el uso de las dos primeras usuarias. Al cabo de 4 días se procedió a realizar la primera evaluación del prototipo, mediante una encuesta (**Anexo 4**, Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca) desarrollada previamente. Los resultados fueron muy positivos.

El nivel de conformidad de los dos usuarios con respecto a la utilización del dispositivo fue bastante adecuado a lo esperado dando una calificación de 4/5 y 5/5 respectivamente. Además los dos usuarios consideran que el prototipo les permite reconocer e identificar por completo cada carácter en código Braille.

En esta familia la hija menor ya conoce el sistema de lectura Braille, por lo que el dispositivo no fue evaluado por ella. Sin embargo en el mismo instituto la Directora Ruth Andrade, designó a una docente y un alumno de 9 años de edad que no tiene conocimiento alguno de cómo opera el sistema de lectura Braille para poder evaluar con este usuario la efectividad del aprendizaje con el dispositivo, en estudiantes con discapacidad visual.

Al inicio tanto la maestra, quien tiene discapacidad visual, como el niño no vidente identificaron cada parte de la cara frontal y lateral izquierda para familiarizarse con la distribución de los periféricos y poder usar el dispositivo. Lo siguiente fue seleccionar cada entrenamiento y cambiar las secuencias del prototipo. Con estos pasos bien claros, se iniciaron los entrenamientos con el estudiante durante cuatro días.

5.2 Evaluación del aprendizaje y análisis de resultados.

Los dos primeros usuarios coinciden en el orden de operación del prototipo en función de los entrenamientos y prefieren iniciar con abecedario, continuar con las vocales tildadas, seguir con números y finalizar en signos de puntuación. Tomando en cuenta que de los tres primeros entrenamientos en el orden anteriormente señalado, los usuarios aprendieron cada carácter de los conjuntos de secuencias; sin embargo en los signos de puntuación el aprendizaje para los dos usuarios se completó en la primera secuencia únicamente. La conjugación según el método de aprendizaje Braille “Bliseo” ayudó a que los usuarios puedan identificar las secuencias y asumir el abecedario con las combinaciones que plantea el autor de éste método; sin embargo en los signos de puntuación al no disponer de un método de patrones repetitivos, se demora más el usuario en reconocer como va la secuencia y retarda un poco el aprendizaje.

En lo que respecta a los sentidos que ayudan en la educación del usuario en el lenguaje de lectura Braille, los dos primeros usuarios coinciden en que tanto el oído, como la visión son importantes en su autoeducación con el prototipo, debido claro a que ellos no poseen discapacidad visual, pero es una gran ayuda poder visualizar el carácter y los puntos que se combinan, conjuntamente con el sentir de los actuadores que generan el código en lenguaje Braille y además escuchar la equivalencia del código por medio del altavoz.

El primer día el estudiante no pudo acceder al proceso de aprendizaje de una forma efectiva, debido a que las secuencias se desplegaban rápido, se realizaron las

modificaciones pertinentes en el sistema por lo que el estudiante pudo reconocer las primeras letras del abecedario en la secuencia 1. Las pruebas concluyeron con un reconocimiento del usuario de un 60% de caracteres de la primera secuencia durante los tres días de aplicación. El estudiante aprende; sin embargo necesita más tiempo para poder generar un aprendizaje completo y más eficaz.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

El aprendizaje de lectura con el sistema Braille puede generarse con la implementación de cualquiera de los métodos vistos en este documento. El método Bliseo sin embargo presenta la ventaja de poder iniciar una secuencia de entrenamiento en la que los actuadores 1, 2, 4 y 5 forman los caracteres en código Braille de las 10 primeras letras del abecedario, luego se incorpora el actuador 3 para las siguientes 10 letras y finalmente el actuador 6 para los caracteres faltantes. Este proceso fue una ventaja para el reconocimiento de los 3 usuarios, ya que sin la necesidad de identificar el carácter en el display alfanumérico, eran capaces de nombrar cada letra del abecedario haciendo una equivalencia simple en la matriz de led's.

La inclusión de los periféricos de ayuda visual, matriz de led's, display alfanumérico y el altavoz para ayuda auditiva; permitieron que los dos primeros usuarios faciliten completamente su aprendizaje y reconozcan más rápido el sistema de lectura Braille. Aunque los usuarios ya conocían algunos caracteres del sistema, el 70% de los caracteres que no conocían fueron identificados en menos de tres entrenamientos con el prototipo. Ésta prueba se realizó con el entrenamiento "abecedario".

Con el desarrollo del sistema mecánico y el acoplamiento del sistema electrónico se pudo observar que el comportamiento de los micro servo motores no es constante cuando el material de los engranes es de plástico y el ángulo mínimo de giro es de 10 grados. Estos datos influyeron mucho en la reestructuración mecánica del sistema para poder mantener los motores adquiridos en el mecanismo de desplazamiento de los actuadores.

Los dispositivos electrónicos y mecánicos de apoyo en la educación visual encontrados en la Unidad Educativa Especial "Claudio Neira Garzón" no disponen de una medida estándar o normalizada de los puntos del signo generador. El primer prototipo tuvo las medidas exactas de los puntos de la

matriz que correspondían a 1mm de diámetro y la separación entre centros de 2.5mm; sin embargo, debido a la sugerencia del 100% de docentes de la institución, las medidas de los actuadores del signo generador fueron modificadas a 4mm de diámetro y con una separación entre centros de 5mm. Los docentes aclararon que para iniciar un aprendizaje es bueno que el usuario pueda identificar los puntos del signo generador independiente mente, pero que no sean tan grandes, para poder asemejar la matriz de puntos al tamaño al real.

El prototipo inicialmente tenía en proyección la utilización de auriculares para la recepción auditiva de los caracteres; sin embargo según datos obtenidos de las fuentes bibliográficas y en el Instituto, una persona con discapacidad visual, necesita tener una recepción de señales auditivas de distintos medios para sentir seguridad. Además se pensaba utilizar led's de "alto brillo" para la visualización de caracteres, pero esto genera fatiga sobre todo en personas que se exponen por tiempos prolongados al uso de estos elementos.

6.2 Recomendaciones

En base a los entrenamientos y pruebas hechas con los tres usuarios, se ve muy conveniente iniciar el entrenamiento con las secuencias que respectan al abecedario, debido a su estructuración y al método que se usa en el entrenamiento. Para seguir con el aprendizaje, se recomienda utilizar el entrenamiento de las vocales tildadas, por ser un conjunto pequeño de caracteres. El entrenamiento de números puede ser la tercera opción para proseguir con el aprendizaje y finalmente utilizar el entrenamiento de los signos de puntuación, ya que este último entrenamiento es el más extenso y no consta de un factor común en la combinación de signos como en el abecedario.

Para poder generar un aprendizaje adecuado, es importante que el estudiante esté en un ambiente idóneo para el proceso, es decir que no tenga distracciones ni ruidos externos de ningún tipo, debido a que el prototipo consta de un altavoz y no de salida para auriculares. Además los periféricos de visualización no emiten una luz fuerte; es decir no son de "alto brillo", por lo que es importante

que en el medio no exista entradas fuertes de luz, que puedan reducir el nivel de recepción de luz, sobre todo de la matriz de led´s.

Se recomienda que al utilizar el dispositivo vía bluetooth, el usuario disponga de la capacidad de manejar la aplicación, ya que la misma utiliza gráficos y los caracteres del lenguaje español. En caso de que el usuario sea una persona no vidente, necesita del acompañamiento de un tutor para el aprendizaje o evaluación mediante la aplicación android.

Para la producción en serie del dispositivo, se recomienda utilizar micro servos de engranajes metálicos, para no perder el tiempo en calibración y posibles daños en el mecanismo de desplazamiento de los actuadores. Además podría utilizarse madera de un espesor mayor, en caso de que el dispositivo esté destinado a instituciones en donde esté expuesto al uso constante de niños, para reducir el riesgo de ruptura del dispositivo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Benavides, P. Hidalgo, J. Navarrete, “Diseño e implementación de un modelo de inclusión laboral de personas con discapacidad intelectual leve y moderada en grupo KFC”, Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2015, [Online], Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9188/1/UPS-QT06714.pdf>
- [2] Ministerio de Inclusión Económica y Social, “Propuesta de atención integral para personas con discapacidad”, 2013, [Online], Disponible en: <http://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Modelo-de-Atenci%C3%B3n-de-Discapacidades.pdf>
- [3] C. Egea, A. Sarabia, “Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad”, 2001, [Online], Disponible en: <http://usuarios.discapnet.es/disweb2000/art/ClasificacionesOMSDiscapacidad.pdf>
- [4] Organización Mundial de la Salud, “Ceguera y discapacidad visual”, 2016, [Online], Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>
- [5] Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, Ministerio de Salud Pública, “Estadística personas con discapacidad”, 2016, [Online], Disponible en: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/estadisticas_discapacidad.pdf
- [6] A. Solano, Lcda. R. Jara. “Estrategias metodológicas para la inclusión educativa de personas con discapacidad visual en la Universidad Politécnica Salesiana”, Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2015, [Online], Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8000/1/UPS-CT004875.pdf>
- [7] L. Delgado, Msc. B. Macías, “Diseño de la cartilla Elena la Ballena Jorobada, adaptada al sistema Braille para mejorar el aprendizaje sobre los mamíferos marinos en niños con discapacidad visual de la provincia de Santa Elena”, Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, 2014, [Online], Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6514/1/UPS-GT000556.pdf>

- [8] Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades, Normas jurídicas en discapacidades Ecuador, 2014, [Online], Disponible en: <http://plataformaconadis.gob.ec/normas-juridicas-en-discapacidad-ecuador/>
- [9] A. AlSalman, A. El-Zaart, S. Al-Salman, A. Gumaei, “A Novel Approach for Braille Images Segmentation”, Department of Mathematics and Computer Science, IEEE, 2012.
- [10] P. Blenkhom, “A System for Converting Braille into Print”, IEEE Transactions on rehabilitation Engineering. Vol 3. 1995.
- [11] D. Suhaida, A. Idzahar, A. Izzuddin, M. Hussaini, F. Zaharah, “Dual Braille Code Translator: Basic Education Tool for Visually Impaired Children”, IEEE International Conference on Computer, Communication and Control Technology, 2014.
- [12] Discapnet, “El alfabeto Braille”, 2012, [Online], Disponible en: [http://www.discapnet.es/Castellano/areastematicas/tecnologia/productos%20de%20a poyo/Guias%20tecnicas/Paginas/alfabetobrilie.aspx](http://www.discapnet.es/Castellano/areastematicas/tecnologia/productos%20de%20a%20poyo/Guias%20tecnicas/Paginas/alfabetobrilie.aspx)
- [13] Secretaria de Estado de Educación y Formación Profesional, Formación en red, “Discapacidad Visual, El sistema Braille”, Instituto de tecnologías educativas, España, [Online], Disponible en: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_5/m5_sistema_brilie.htm
- [14] Ministerio de Inclusión Económica y Social, Nuevo MIES, “Trabajamos por la reducción de brechas y al aseguramiento de todos (as)”, [Online], Disponible en: <http://www.inclusion.gob.ec/nuevo-mies/>
- [15] Ministerio de Inclusión Económica y Social, Viceministerio de inclusión social, ciclo de vida y familia subsecretaría de discapacidades “Documento de políticas”, [Online], Disponible en: <http://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Subsecretar%C3%ADa-Discapacidades.pdf>
- [16] Arduino, “Arduino Mega”, 2016 [Online], Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>

[17] Safari, “Chapeter 4. Arduino Technical Details”, 2016, [Online], Disponible en:
<https://www.safaribooksonline.com/library/view/arduino-in-a/9781491934319/ch04.html>