

**Dispositivo para la escritura manual del código braille en el mismo sentido en el que se lee.**

**Laura Valeria Guevara Terranova**

**Margi Viviana Sayago Villalba**

**Proyecto de grado para optar el título de Diseñadora Industrial**

**Director:**

**John Faber Archila Díaz**

**PhD. Ingeniería Mecánica**

**Codirector:**

**Eduardo Serafín Guevara Melo**

**M.Sc. Diseñador Industrial**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas**

**Escuela de Diseño Industrial**

**Bucaramanga**

**2018**

## Agradecimientos

Por parte de Laura Valeria Guevara Terranova

*A mi padre Eduardo, quien con su corazón noble, amor, sabiduría y constancia, creyó en mi y sin rendirse, supo guiarme durante todo este proyecto de vida llamado Diseño.*

*A mi madre Rosmery, por su paciencia, apoyo incondicional y motivación a seguir adelante.*

*A John Faber por confiar en mi y ayudarme a avanzar pese a las dificultades.*

*A mi compañera Margi, por su buena disposición para trabajar juntas.*

*A la Escuela Taller para Ciegos, en especial al profe Henry, por enseñarme que una discapacidad no es impedimento para alcanzar los sueños.*

*A mi hermano Andrés Eduardo por sus palabras de aliento.*

Por parte de Margi Viviana Sayago Villalba

*A mi familia por su apoyo.*

*A mis directores de proyecto John Faber Archila y especialmente a Eduardo Serafín Guevara, por su dedicación y perseverancia.*

*A mi compañera de proyecto por el gran trabajo en equipo.*

*A mis amigos de carrera que hicieron de esta una amena experiencia.*

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	16
1. Planteamiento del problema.....	17
1.1 Descripción del problema .....	18
1.2 Contextos que originan la situación de estudio.....	20
1.3 Antecedentes de la situación de estudio.....	23
1.3.1 Máquina perkins.....	23
1.3.2 Mountbatten brailler.....	25
1.3.3 MODO .....	27
1.3.4 Regleta y pauta.....	28
2. Objetivos .....	33
2.1 Objetivo general.....	33
2.2 Objetivos específicos .....	33
3. Metodología proyectual .....	34
4. Metodología general .....	37
4.1 Fase 1: recopilación de la información pertinente al sistema braille .....	38
4.2 Fase 2: diseño del dispositivo .....	51

---

4,3 Construcción y validación del dispositivo .....	84
5. Conclusiones.....	119
6. Recomendaciones .....	121
Referencias Bibliográficas .....	122
Apéndices.....	125

## Lista de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Signo generador para escritura y lectura. Autores .....	19
Figura 2: Ubicación escuela taller para ciegos .....	22
Figura 3: Máquina perkins .....	24
Figura 4: Posición de los dedos .....	24
Figura 5: Mountbatten Brailier .....	26
Figura 6: MODO.....	27
Figura 7: Pauta primeros diseños .....	28
Figura 8: Regleta braille.....	29
Figura 9: Códigos para escritura. ....	30
Figura 10: Códigos en relieve para lectura. ....	30
Figura 11: Regleta plástica.....	32
Figura 12: Regleta metálica. Fotografía.....	32
Figura 13: Signo generador.....	38
Figura 14: Primera serie de letras del alfabeto Braille.....	39
Figura 15: Segunda serie propuesta por Braille .....	39
Figura 16: Tercera serie propuesta por Braille .....	40
Figura 17: Vocales acentuadas en el sistema Braille .....	40
Figura 18: Quinta serie perteneciente a los signos de puntuación .....	41
Figura 19: Explicación uso del signo mayúsculo .....	41

Figura 20: Signo número en el sistema Braille.....	42
Figura 21: Diferentes combinaciones dependiendo del idioma.....	43
Figura 22: Aprendizaje Pre- Braille.....	44
Figura 23: Clases grupales Pre – Braille.....	45
Figura 24: Dictado Braille. ....	46
Figura 25: Lápiz estampador. ....	54
Figura 26: Lápiz succionador,.....	55
Figura 27: Cuaderno Braille.....	56
Figura 28: Cecógrafo múltiple.....	57
Figura 29: Tamaño Braille.....	62
Figura 30: Diferentes tamaños de Braille. ....	62
Figura 31: Perforado. ....	63
Figura 32: Relieve con tinta.....	63
Figura 33: Cecografía. ....	64
Figura 34: Percepción perforado.....	66
Figura 35: Percepción tinta. ....	66
Figura 36: Percepción relieves.....	67
Figura 37: Bocetos formas.....	68
Figura 38: Plantilla con tres formas de códigos Braille.....	69
Figura 39: Punzones con varias formas. ....	69
Figura 40: Lectura de la prueba forma.....	71
Figura 41: Escritura en Braille.....	73
Figura 42: Regleta convencional.....	75

Figura 43: Punzón convencional.....	75
Figura 44: Regleta diseñada. Autores .....	76
Figura 45: Punzón utilizado. Autores .....	76
Figura 46: Escritura regleta tradicional.....	78
Figura 47: Escritura regleta diseñada. Autores .....	78
Figura 48: Medidas de regleta en software solidworks. ....	79
Figura 49: Medidas preliminares matriz Braille. ....	79
Figura 50: Regleta impresa tridimensionalmente con tres formas distintas. ....	79
Figura 51: Regleta con tapa. Autores.....	80
Figura 52: Ideas para el cecógrafo. ....	80
Figura 53: Modelado CAD cilindros. ....	81
Figura 54: Relieve cilindro hueco y relieve cilindro cónico.....	81
Figura 55: cecógrafo 1 diseñado. ....	82
Figura 56: cecógrafo 2 diseñado. ....	82
Figura 57: Regleta antes de escritura. ....	83
Figura 58: Proceso de escritura. ....	84
Figura 59: Formas conos truncados. ....	86
Figura 60: Formas conos redondos. ....	86
Figura 61: Resultados prueba.....	87
Figura 62: Formas redonda, menos altura.....	88
Figura 63: Resultado prueba. ....	88
Figura 64: Tipos de agarres.....	90
Figura 65: Diseño cecógrafo seleccionado. ....	93

Figura 66: Cecógrafo diseñado. Autores .....	94
Figura 67: Cecógrafo seleccionado y dispositivo. ....	94
Figura 68: Secuencia de uso, alternativa 1.....	95
Figura 69: Modelado CAD. ....	96
Figura 70: Modelo construido, alternativa 2.....	97
Figura 71: Modelado CAD, alternativa 3. ....	98
Figura 72: Modelo construido, alternativa 3.....	98
Figura 73: Secuencia de uso alternativa 3.....	99
Figura 74: Impresión en resina. ....	100
Figura 75: Obtención de moldes para fundición mediante cera perdida. ....	100
Figura 76: Resultado en bronce de la fundición. Autores.....	100
Figura 77: Usuario usando, modelo diseñado, alternativa 3.....	101
Figura 78: Impresión en resina. ....	102
Figura 79: Resultado en bronce. ....	102
Figura 80: Modelado CAD, alternativa 4. ....	103
Figura 81: Modelo construido, alternativa 3.....	103
Figura 82: Implementación alternativa 3. ....	104
Figura 83: Diseño alternativa final. ....	105
Figura 84: Accionamiento del riel con ayuda del dedo índice.....	106
Figura 85: Accionamiento del riel con ayuda del punzón. ....	106
Figura 86: Diagrama de uso, alternativa final.....	107
Figura 87: Vistas modelo funcional.....	108
Figura 88: Reconocimiento formal del dispositivo.....	109

Figura 89: Secuencia de escritura durante validación..... 109

Figura 90: Ergonómica 1. .... 112

Figura 91 Ergonómica 2..... 113

Figura 92: Ergonómica 3. .... 113

Figura 93: Ergonómica 4. Autores..... 114

Figura 94: Funcional 1. .... 115

Figura 95: Funcional 2..... 115

Figura 96: Funcional 3..... 116

Figura 97: Interfaz 1..... 117

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Clasificación de niveles de escolaridad. ....	21
Tabla 2: Metodología proyectual. ....	34
Tabla 3: Metodología general ....	37
Tabla 4: Patentes, fuentes Pantoscope, Spacenet, Google Patents.....	47
Tabla 5: Requerimientos ....	52
Tabla 6: Conceptos ....	71
Tabla 7: Puntos borrados y marcados ....	75
Tabla 8: Evaluación cecógrafos ....	92
Tabla 9: Evaluación ....	92

### Lista de Apéndices

	<b>Pág.</b>
Apéndice A, de encuesta realizada. ....	125
Apéndice B Encuesta realizada:.....	126
Apéndice C, encuesta realizada: .....	127
Apéndice D, encuesta realizada: .....	128
Apéndice E, encuesta realizada: .....	129
Apéndice F, encuesta realizada:.....	130
Apéndice G, Resultados prueba validación, ergonómica, interfaz, funcionalidad .....	131

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISPOSITIVO PARA LA ESCRITURA MANUAL DEL CODIGO BRAILLE EN EL MISMO SENTIDO EN EL QUE SE LEE.\*

**AUTORES:** LAURA VALERIA GUEVARA TERRANOVA  
MARGI VIVIANA SAYAGO VILLALBA \*\*

**PALABRAS CLAVE:** BRAILLE, REGLETA, ESCRITURA, MANUAL, DISPOSITIVO.

### DESCRIPCIÓN:

Actualmente las personas en condición de discapacidad visual emplean como forma de comunicación escrita el sistema Braille el cual consiste en una serie de configuración de códigos generados por medio de una matriz de dos columnas por tres filas, dicho código se compone tanto de letras como de números y signos, los cuales varían según el idioma en el que esté empleado representando el alfabeto en su totalidad. El proceso de escritura manual en el sistema Braille se realiza generalmente mediante una regleta y un punzón, la escritura se hace de un lado de la hoja para generar relieves y la lectura se hace del lado contrario para leerlos por medio de la percepción táctil, lo que implica que las personas que emplean este código requieran aprender y memorizar los caracteres y su reflejo para manejar completamente el sistema generando confusión en el proceso del doble aprendizaje. El proyecto se desarrolló en la Escuela Taller para Ciegos, analizó y abordó esta problemática permitiendo que la escritura manual se realice en el mismo sentido que la lectura, es decir de izquierda a derecha, por medio de un cecógrafo y un dispositivo que consta de una única matriz braille rediseñada, ajustando la hoja para la posterior escritura, otorgando innovación en cada uno de sus componentes.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial UIS. Director: John Faber Archila Díaz.

## ABSTRACT

**TITLE:** DEVICE FOR THE MANUAL WRITING OF THE BRAILLE CODE IN THE SAME SENSE IN WHICH IT IS READ.\*

**AUTHORS:** LAURA VALERIA GUEVARA TERRANOVA  
MARGI VIVIANA SAYAGO VILLALBA\*\*

**KEY WORDS:** BRAILLE, POWER STRIP, WRITING, MANUAL, DEVICE.

### DESCRIPTION:

Currently, people with visual disabilities use the Braille system as a form of written communication, which consists of a series of codes generated by means of a matrix of two columns by three rows. This code consists of both letters and numbers, and signs, which vary according to the language in which you are employed representing the alphabet in its entirety. The manual writing process in the Braille system is usually done by means of a strip and a punch, the writing is done on one side of the sheet to generate reliefs and the reading is made on the opposite side to read them by means of tactile perception, which implies that people who use this code require to learn and memorize the characters and their reflection to fully manage the system generating confusion in the process of double learning. The project was developed in the Workshop School for the Blind, analyzed and addressed this problem allowing manual writing to be done in the same sense as reading, is from left to right, by means of a cecrograph and a device that consists of a unique redesigned braille matrix, adjusting the sheet for subsequent writing, granting innovation in each of its components.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Mechanical Physics Engineering, School of Industrial Design UIS. Director: John Faber Archila Díaz.

## **Introducción**

Colombia posee dificultades en el aprendizaje de lectura y escritura para las personas invidentes, las familias de niveles socioeconómicos más bajos no cuentan con recursos que sustenten el pago de tutores, profesores o dado el caso escuelas especializadas en esta área (Nación, 2017).

El DANE registra una cifra correspondiente a 18.962 (dieciocho mil novecientos sesenta y dos) habitantes distribuidos entre hombres y mujeres con alteraciones funcionales en los ojos en el departamento de Santander (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2010).

En Bucaramanga la Escuela Taller Para Ciegos (ETACI) se convierte en un espacio para que los discapacitados visuales puedan acceder a la educación referente al código Braille, es una fundación sin ánimo de lucro que alberga a 120 personas con discapacidad visual de diferentes edades, pertenecientes a estratos 1 y 2 con el fin de brindarles una educación no sólo para la escritura y la lectura del Braille sino también en el ámbito musical (Bastos, 2017).

En cuanto a la enseñanza del código Braille en ETACI, se siguen una serie de pasos los cuales inician con un reconocimiento de los caracteres del código con ayuda de actividades preparatorias relacionadas con la motricidad fina, hasta llegar a la escritura manual en una regleta convencional, donde las personas ya después de dominar medianamente el código, se enfrentan a esta con la ayuda de un punzón que realiza perforaciones en la hoja mediante una guía incorporada en la regleta, este proceso se realiza de derecha a izquierda lo que genera relieves que se aprecian por medio del tacto al voltear la hoja y realizar la lectura en sentido contrario es decir de izquierda a derecha, lo que implica que la persona deba memorizar tanto el signo correspondiente a cada letra para su escritura como su reflejo para la lectura.

Se desarrolló un dispositivo que soluciona el problema de escribir el Braille de un modo y leer de otro, permitiendo la escritura manual en el mismo sentido en el que se realiza la lectura, además de esto, permite leer inmediatamente después de realizar la escritura.

El proyecto concluye con una innovación en cuanto a la matriz Braille, cecógrafo y diseño general, se espera que la implementación de la propuesta en ETACI reduzca en un 50 % el proceso de aprendizaje de lectura y escritura del sistema Braille.

### **1. Planteamiento del problema**

El código Braille permite que las personas con discapacidades visuales puedan involucrarse en el ámbito social y educacional, debido a que es el medio de comunicación con el entorno que los rodea.

El método de escritura manual en el código Braille se desarrolla con la ayuda de una regleta o pauta y un punzón. La regleta o pauta está compuesta por una matriz generadora de seis puntos, esta se repite  $n$  veces en filas y columnas dependiendo del tamaño y el material del que esté hecha. La escritura manual consiste en ajustar la hoja en medio de la regleta, y realizar el punzonado en cada una de las matrices con el fin de generar puntos en relieve representativos de cada número o letra. El sistema Braille que se desarrolla actualmente consiste en realizar la tarea de escritura manual de derecha a izquierda, sin embargo la lectura se lleva a cabo en sentido convencional es decir de izquierda a derecha discriminando táctilmente los puntos que se punzaron en relieve lo

que genera muchas veces conflicto cuando el invidente tiene problemas de lateralidad o si tiene predominancia con la mano izquierda (Guevara, 1998).

Lo expuesto anteriormente, evidencia la necesidad de intervenir en esta problemática proponiendo un dispositivo que permita que la escritura manual del Braille se realice en el mismo sentido que la lectura y además que limitados visuales que iniciarán su proceso de aprendizaje del sistema Braille escriban y lean en el mismo sentido; es decir de izquierda a derecha evitando la doble memorización de los caracteres: el de escritura de derecha izquierda y su reflejo de izquierda a derecha para lectura.

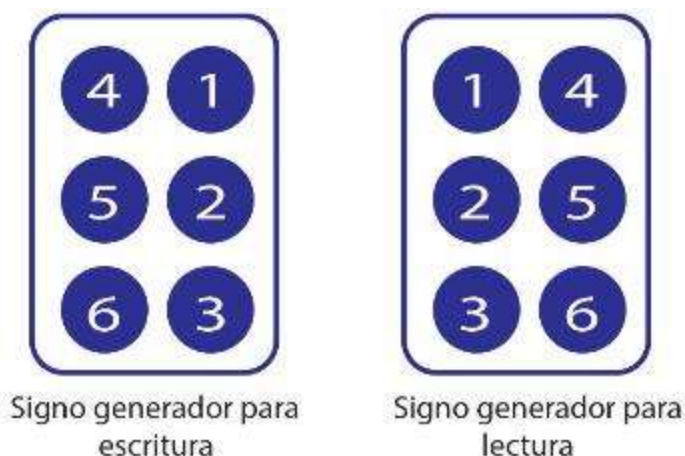
### 1.1 Descripción del problema

Según Natalie C. Barraga quien es mundialmente conocida en el ámbito de la rehabilitación visual, define en su obra *Disminuida visual y aprendizaje (1985)* la clasificación de la discapacidad visual de la siguiente manera:

- “**Visión límite:** el déficit visual no incapacita al individuo para las actividades habituales, pero precisa de adaptaciones sencillas para poder llevar a cabo algunas de ellas. Puede leer en tinta con ayudas ópticas o con ampliaciones”
- “**Baja visión:** el déficit visual incapacita al individuo para algunas actividades usuales, precisando de adaptaciones o métodos específicos, como puede ser la lectoescritura Braille, para llevar a cabo algunas de ella. Puede ver objetos a pocos centímetros”
- “**Ceguera parcial:** percepción de bultos”
- “**Ceguera total:** ceguera total o sólo percepción de luz que el individuo no puede utilizar la adquisición de ningún conocimiento o información”

Teniendo en cuenta estas definiciones, a partir del segundo ítem de discapacidad denominado como baja visión es indispensable la implementación del código Braille que permite a las personas no videntes involucrarse en el ámbito social y laboral.

Las personas invidentes poseen un sistema de lectura y escritura que facilita la comunicación y el aprendizaje, la problemática que se evidencia con el método de escritura manual de este código Braille es que los elementos dispuestos para esta actividad obligan a la persona con discapacidad a pasar por un doble aprendizaje del código debido a deben familiarizarse tanto con la forma de cada letra para leer como con su reflejo para poder escribir, debido a este proceso los usuarios pasan largas jornadas haciendo el reconocimiento de los caracteres, realizando la escritura de derecha a izquierda por medio de una pauta (regleta) y un punzón que permite dejar resultados en relieve; y la lectura de manera inversa es decir de izquierda a derecha obligando al usuario dar la vuelta al papel para así percibir con el tacto los diferentes caracteres que se han estampado en relieve, en la **ilustración 1** se puede apreciar la distribución del signo generador correspondiente a la lectura y a la escritura del código.



*Figura 1:* Signo generador para escritura y lectura. Autores

Este sistema evidencia que algunas personas con limitaciones visuales entren en conflicto en el momento de enfrentarse a este método de aprendizaje debido a que tienen que escribir de una manera y leer de una forma inversa, dicho conflicto aumenta si la persona tiene problemas de lateralidad y se complica la lectura si la persona ha sufrido heridas en las manos que afecten su sensibilidad (Guevara, 1998).

## **1.2 Contextos que originan la situación de estudio**

Según el DANE en el departamento de Santander habitan 18,962 (dieciocho mil novecientos sesenta y dos) personas entre hombres y mujeres, vivientes tanto en las cabeceras municipales como en las zonas rurales del departamento, que poseen alteraciones funcionales en los ojos, es decir esto abarca a personas con ceguera total, parcial o con tendencia a la pérdida de la vista, esa cifra significativamente grande indica que existe un gran número de personas que padecen de esta discapacidad (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2010).

De igual forma el DANE arroja datos relacionados al nivel de escolaridad alcanzado por las personas con discapacidades visuales en el departamento de Santander donde habitan únicamente 6.262 personas con diferentes niveles de escolaridad evidenciados en la **tabla 1**, donde se clasifican los alcances académicos y el número de personas que han conseguido culminar sus estudios de manera exitosa (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2010).

Tabla 1:

*Clasificación de niveles de escolaridad*

Principal estructura o función corporal afectada	Total	Población menor de tres años	Preescolar Incompleto	Preescolar completo	Básica primaria Incompleta	Básica primaria completa	Básica secundaria Incompleta	Básica secundaria completa	Técnico o tecnológico Incompleto	Técnico o tecnológico completo	Universitario sin título	Universitario con título	Postgrado Incompleto	Postgrado completo	Ninguna	Sin Información
Los ojos	6.262	40	201	98	2.023	864	815	32	14	35	50	18	6	4	1.787	245

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2010).

Esto refleja que existe un pequeño porcentaje de personas con discapacidades visuales que logran alcanzar títulos universitarios esto podría inferir que dicha peculiaridad sucede debido a las dificultades de aprendizaje en los conceptos básicos de lectura y escritura en el sistema que manejan, y por la dificultad de acceder a la educación debido a que en la mayoría de los casos estas personas no pueden acceder a un trabajo convencional puesto que no todos los trabajos están diseñados para adaptarse a personas invidentes por tanto sus ingresos económicos no son significativos y les impide pagar por su educación.

Para el desarrollo de este proyecto se trabajó en conjunto con la Escuela Taller para Ciegos de Bucaramanga, entidad fundada en 1969 por Cecilia Morantes diputada de la época y Miguel Ángel Rodríguez un discapacitado visual, con el fin de brindar a las personas en condición de invidencia un espacio físico que les diera la oportunidad de obtener conocimientos en diferentes áreas para ser incluidos en la vida laboral y mejorar su nivel educacional.

La escuela se encuentra ubicada en la Carrera. 13 No. 30-33, Barrio Centro, en la ciudad de Bucaramanga, donde se realizarán pruebas técnicas, ergonómicas y funcionales con personas en condición de discapacidad visual.

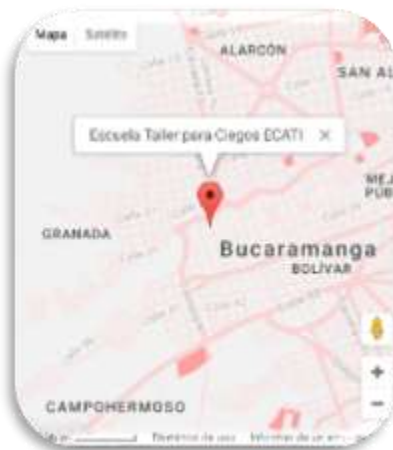


Figura 2: Ubicación escuela taller para ciegos

Fuente: (Etaci, 2015)

Con el objetivo de desarrollar el proyecto en compañía de personas capacitadas en la escritura y lectura de sistema Braille, se estableció un grupo de trabajo en la Escuela Taller para Ciegos, ubicada en la ciudad de Bucaramanga.

De modo que para la creación del grupo de trabajo se seleccionaron 5 personas de acuerdo a sus conocimientos del código Braille y la experiencia en la lectura y escritura de este, por tanto, el grupo estaba conformado por cuatro personas en condición de discapacidad visual, y una vidente.

En el grupo de trabajo se destacaron en su participación, la profesora Martha Bastos, quien es la única persona del grupo que no presenta discapacidad visual, ella es pedagoga y experta en la escritura del Braille, y lleva alrededor de 20 años, enseñando el código a personas discapacitadas; por otro lado se recibieron grandes aportes del profesor Henry Sierra Saba, quien desde su nacimiento ha sido invidente, por tanto fue una experiencia gratificante conocer su vida y sus experiencias, puesto que es egresado de dos carreras universitarias y aunque sus métodos de estudio fueron arduos debido a su discapacidad, para él nunca fueron un impedimento para culminar con éxito sus metas académicas, de igual manera se contó con la ayuda de la profesora

Leidy Lucila Flórez, quien también es invidente y con su carisma y amor por la docencia, se volvió una parte fundamental en el desarrollo del proyecto pues su capacidad de percibir los más finos detalles, ayudó a corregir y detectar los errores que en algún momento frenaron el desarrollo del trabajo.

Por último pero no menos importante se contó con la participación de dos estudiantes en condición de discapacidad visual asistentes a la escuela.

Gracias a la colaboración de estas personas, y a su excelente disposición se logró un ambiente de trabajo y un desarrollo favorable en el proyecto.

### **1.3 Antecedentes de la situación de estudio**

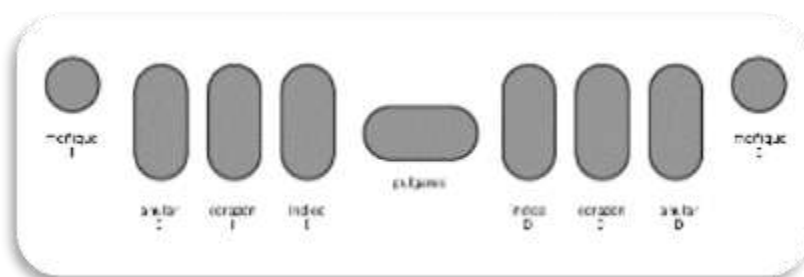
En este apartado se documentan algunas soluciones a la necesidad existente de comunicación para personas invidentes, las cuales se basan en el sistema Braille, entre ellas el proyecto que fue desarrollado por las autoras en la materia de diseño VIII. Se evalúan las ventajas y desventajas que posee cada solución.

**1.3.1 Máquina perkins** La máquina perkins fue diseñada a por David Abraham y empezó su comercialización en 1951 (International Council for Education of People with Visual Impairment, 2009).



*Figura 3:* Máquina perkins

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).



*Figura 4:* Posición de los dedos

Fuente: (Angulo, 2014)

La máquina perkins es una alternativa pensada para personas con conocimientos avanzados en el sistema Braille, dispone de nueve teclas, donde cada una corresponde a diferentes combinaciones de la matriz. Para escribir se debe insertar el papel en la parte superior de la máquina, se procede a presionar la tecla que corresponde a cada dedo indicado en la **ilustración 4**

y a su vez a cada código de la matriz Braille, generando el texto que se desea estampar, es importante recalcar que la escritura en esta máquina se realiza de izquierda derecha por tanto los códigos correspondientes a cada letra del sistema Braille se deben escribir tal como se leen, evitando el doble proceso y por tanto el doble aprendizaje, hoy en día es utilizada como método de independencia de acciones básicas como lo es escribir, puede grabar 25 líneas con 42 celdas en una hoja tamaño carta, no obstante la máquina posee algunas desventajas como su manejo que no es del todo claro para usuarios principiantes y sus dimensiones y peso de 4.8 kilogramos se vuelven un impedimento a la hora de transportarla de un lugar a otro, también su funcionamiento es bastante ruidoso e interfiere con las actividades que puedan estar realizando las personas alrededor, por último en Colombia su precio varía alrededor de los \$2.250.500 lo que la hace poco asequible para una población Colombiana en donde la mayoría de las personas invidentes corresponden a estratos 1 y 2 (Colombiave, 2017).

Centrándonos en la Escuela Taller para Ciegos de Bucaramanga, lugar en donde se realizó el acompañamiento a lo largo del proyecto, cabe resaltar que sólo cuentan con cuatro máquinas perkins, que ninguno de sus estudiantes tiene una propia y que sólo el 3% de los estudiantes de diferentes edades asistentes a la escuela la dominan y la usan a la perfección (Bastos, 2017)

**1.3.2 Mountbatten brailler** La máquina perkins ha sufrido varias intervenciones configurando su mecanismo con componentes electrónicos un ejemplo de esto es el dispositivo Mountbatten Brailler, **ilustración 5** de Quantum Technology, de Australia. Este dispositivo funciona como un anotador y una impresora Braille, se ha convertido en una herramienta bastante utilizada en países desarrollados en el ámbito escolar gracias a sus numerosas funciones Braille y de audio. Se le conecta un teclado estándar de computadora, donde se puede ingresar el texto en Braille contraído

y conectándole una impresora, se puede traducir e imprimir en Braille contraído (International Council for Education of People with Visual Impairment, 2009).



*Figura 5: Moutbatten Brailier*

Fuente: (Assistive Technology Australia, 2012).

No obstante pese a sus grandes ventajas posee dos desventajas significativas, una de ellas es su peso que es de 4,3 kilogramos que la hace difícil de transportar y la otra de ellas es su alto precio que corresponde a \$13.572.000 lo que la hace imposible de adquirir para la mayoría de la población invidente colombiana (Assistive Technology Australia, 2012).

### 1.3.3 MODO



*Figura 6: MODO.*

Fuente: (Sayago & Guevara, 2017)

Partiendo de los elevados precios de estas máquinas Perkins surgió la idea por parte de las autoras, la construcción de un dispositivo llamado MODO, (Diseño y construcción de un dispositivo que permita simplificar la tarea de escribir en Braille enfocado a usuarios con conocimientos previos sobre los métodos de enseñanza para la lectoescritura en este sistema) derivado de la máquina Perkins con componentes electrónicos, este dispositivo se trabajó en la asignatura diseño VIII de pregrado de la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

MODO **ilustración 6** posee la matriz principal del sistema Braille, este dispositivo electrónico tiene como principal función punzonar inversamente el papel dejando un relieve el cual se puede percibir a través del tacto y visualmente, consta de una única matriz a escala compuesta por seis agujeros, dos teclados laterales ubicados cada uno a derecha e izquierda para ser utilizados por

ambas manos. Aunque este dispositivo se desarrolló, su configuración está conformada por componentes electrónicos, su aspecto funcional y formal está enfocado a la escritura de una sola matriz Braille por tanto no soluciona la problemática de la escritura manual planteada en este proyecto. (Sayago & Guevara, 2017)

**1.3.4 Regleta y pauta** Desde la creación del código Louis Braille fabricó su propia pauta para escribir, esta constaba de dos partes; la parte superior era una guía metálica de una línea con las conocidas celdas o cajetines rectangulares y la parte inferior era una pieza de madera con ranuras horizontales, dicha pauta no tenía bisagra y cada extremo de la parte superior se doblaba hacia abajo en 90 grados para sujetarla sobre la parte inferior, la escritura se realizaba marcando con un punzón en cada celda generando el carácter deseado, realizando la escritura de derecha a izquierda tal como se parecía en la **ilustración 7** (International Council for Education of People with Visual Impairment, 2009).



*Figura 7:* Pauta primeros diseños

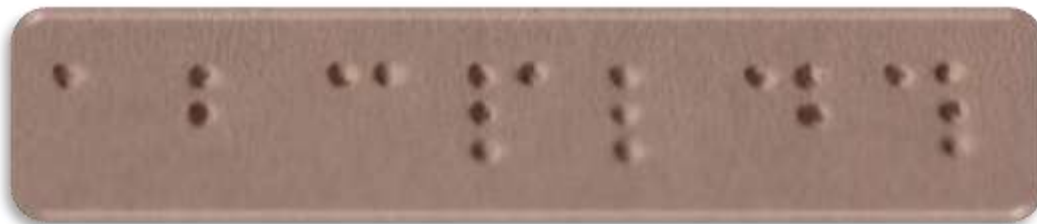
Fuente: (Abralde, 2014)

Con el paso del tiempo dicha pauta sufrió transformaciones en su forma, más no es su funcionamiento, es decir las dos partes que conformaban la pauta pasaron a unirse en uno de sus extremos por medio de una bisagra, dando espacio para colocar el papel en medio. En la lámina superior se encuentran huecos en forma rectangular ubicados verticalmente, en cada rectángulo de la lámina inferior se encuentra demarcado seis agujeros los cuales conforman el “Signo Generador” que corresponde la matriz principal. Esta herramienta modificada pasa a denominarse regleta y puede apreciarse en la **ilustración 8**.



*Figura 8:* Regleta braille.

Para la escritura en el papel se realiza mediante un punzón de punta metálica el cual ejerciendo presión sobre cada rectángulo se generará el código correspondiente a cada letra del Braille, **ilustración 9** esta actividad se realiza en sentido derecha a izquierda conformando palabras con la unión de cada código, dejando un rectángulo como espacio entre una palabra y otra, corriendo el espacio de la pizarra para así seguir escribiendo hasta terminar el párrafo o el texto que se desea escribir.



*Figura 9:* Códigos para escritura.

Cada punto quedará marcado en alto relieve como en la **ilustración 10**; en la superficie contraria a la hoja por lo que la persona se verá obligada a retirar la pauta y voltear la hoja para leer desplazando las yemas de los dedos índices encima de los puntos, esta actividad se realiza de izquierda a derecha.



*Figura 10:* Códigos en relieve para lectura.

Actualmente para la escritura manual del Braille se emplean tanto regletas como pautas, en diferentes tamaños y materiales, sin embargo la pauta ha pasado a convertirse en una herramienta utilizada únicamente por personas expertas en la escritura del código debido a que esta no precisa la ubicación de los puntos en la lámina inferior, mientras que la regleta es usada por personas que dominan el Braille medianamente o están en etapa final de aprendizaje. En esta instancia es necesario aclarar que ni la regleta ni la pauta son instrumentos de enseñanza del Braille, puesto que antes de que una persona con discapacidad visual se enfrente a una de ellas, debe pasar por un

proceso denominado pre-Braille, en el que realizan el reconocimiento de los caracteres del código, la distribución de los puntos y su ubicación en la matriz, este proceso inicia con un signo generador de seis puntos ampliado en donde las personas desarrollan su capacidad motriz insertando en cada punto una especie de cilindro con el fin de precisar el orden del código, dicho signo se va reduciendo gradualmente durante el proceso de aprendizaje, hasta llegar al tamaño del signo que compone la matriz (Bastos, 2017).

Se han desarrollado numerosos dispositivos tratando de solucionar el problema de la escritura manual del Braille con el fin de que el invidente pueda leer lo que escribe sin la necesidad de retirar el papel, un ejemplo de ello es la pauta Brown, la que en la parte trasera tiene una compuerta que permite apreciar los relieves, sin embargo la escritura en dicha pauta debe realizarse comúnmente de derecha a izquierda, y es necesario levantar la hoja dentro de la pauta para abrir la compuerta, la ventaja de esta pauta con la regleta tradicional es que no es necesario abrirla para sacar la hoja, por tanto no se va a desacomodar, no obstante la pauta Brown no soluciona el problema de escribir y leer en el mismo sentido (International Council for Education of People with Visual Impairment, 2009).

En Colombia pueden encontrarse regletas de diferentes tamaños, que van desde cuatro renglones hasta 28, igualmente son fabricadas en diversos materiales, siendo las plásticas y metálicas las más populares.

Las regletas plásticas **ilustración 11** tienen un precio que oscila entre los \$60.000 y \$80.000, estas debido a su material toleran golpes sin causar desajustes, por esto son comúnmente utilizadas por niños, igualmente son livianas y portables, sin embargo con el paso del tiempo los huecos de la lámina inferior se van perdiendo por tanto su uso queda discontinuado ya que no se pueden

generar correctamente los caracteres y también en las caídas pueden causar fracturas en el material ocasionando accidentes en las personas que las manipulen (Bastos, 2017).



*Figura 11:* Regleta plástica.

Las regletas metálicas **ilustración 12** son mucho más costosas, su precio oscila entre los 100.00 y 120.000, son portables y su material les otorga un gran grado de precisión, sin embargo aparte de su alto valor presentan otra clara desventaja, y es que al recibir una sola caída es muy probable que se desajuste, si esto ocurre los puntos van a cambiar de posición por tanto cuando una persona quiere generar el punto 1, termina generando el punto 2, entonces se convierte en una herramienta con un elevado valor comercial y con un nivel de cuidado exagerado para que perdure en el tiempo (Bastos, 2017).



*Figura 12:* Regleta metálica. Fotografía

Basado en lo anteriormente mencionado se evidencia que no está resuelto el problema de escribir manualmente el braille en el mismo sentido en que se lee, e igualmente que las soluciones actuales para la escritura del braille presentan un gran número de desventajas, por tanto, es necesario intervenir proponiendo un dispositivo que permita que la escritura manual se realice en el mismo sentido que la lectura es decir de izquierda a derecha.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Proponer un dispositivo para la escritura manual del sistema Braille en el mismo sentido en que se lee.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analizar actividades y procesos manuales de escritura del sistema Braille.
- Identificar dificultades de escritura manual del sistema Braille.
- Configurar el dispositivo para la escritura manual del sistema braille
- Implementar el dispositivo para la escritura manual del sistema Braille en el mismo sentido en que lee.

- Validar el dispositivo para la escritura manual del sistema braille en el mismo sentido en que se lee

### 3. Metodología proyectual

El proyecto se llevó a cabo mediante las fases que se pueden observar en la **tabla 2**.

Tabla 2:

#### *Metodología proyectual*

<b>OBJETIVO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar actividades y procesos manuales de escritura del sistema Braille.</li> </ul>	<p><b>Tipo de estudio:</b> Exploratorio.</p> <p><b>Actividades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio y análisis con base en la observación.</li> <li>• Capacitación sobre lectura y escritura en el sistema Braille</li> </ul> <p><b>Sujeto:</b> Escuela Taller para Ciegos</p> <p><b>Método:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la Escuela Taller para Ciegos en la escritura y lectura del sistema Braille.</li> <li>• Capacitación en la Escuela Taller para Ciegos, reconociendo códigos de escritura y lectura del sistema Braille.</li> </ul> <p><b>Resultado:</b></p> <p>Se estima conocer a cabalidad el sistema y sus componentes así mismo el proceso de aprendizaje de personas invidentes.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar dificultades de escritura manual del sistema Braille.</li> </ul>	<p><b>Tipo de estudio:</b> Descriptivo</p> <p><b>Actividades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación bibliográfica de características del código Braille y su composición.</li> </ul>

**OBJETIVO**

- Analizar funcionamiento.
- Plantear requerimientos

**Sujeto:**

- Bases de datos de las patentes, fabricantes de equipos.
- Instituto Nacional para Ciegos INCI.

**Método:**

Revisión del estado del arte, por medio de plataformas especializadas en búsquedas de patentes y centros especializados en el aprendizaje de lectura y escritura de invidentes.

**Resultado:**

Se estima llegar a conocer el funcionamiento de todas las herramientas existentes e implementar los conceptos básicos en el desarrollo del nuevo dispositivo.

- Configurar el dispositivo para la escritura manual del sistema braille.

**Tipo de estudio:** Explicativo y Correlacional.

**Actividades:**

- Realizar lluvias de ideas y bocetos donde se solucione el problema y se cumplan los requerimientos de diseño antes propuestos.
- Realizar alternativas
- Llevar la escritura en el sistema Braille en el sentido de la lectura.

**Sujeto:** Investigadoras y Escuela Taller para Ciegos.

**Método:**

Reducir el proceso de escritura y lectura a un solo paso, de tal manera que la escritura se realice de derecha a izquierda en el mismo sentido que la lectura.

**Resultado:**

Llegar a una solución que cumpla todas las características y requerimientos y de igual manera solucione el problema de diseño planteado.

- Implementar el dispositivo para la escritura manual del sistema Braille en el mismo sentido en que lee.

**Tipo de estudio:** Correlacional.

**Actividades:**

- Realizar planos técnicos y especificaciones de diseño.
- Realizar modelo de dispositivo planteado.

**Sujeto:** Investigadoras y Escuela Taller para Ciegos.

**Método:**

- Programas de modelado CAD

---

**OBJETIVO**

---

- Validar el dispositivo para la escritura manual del sistema braille en el mismo sentido en el que se lee.

- Impresión 3D

**Resultado:**

Se estima llegar a un modelo funcional que se convierta en el dispositivo.

**Tipo de estudio:** Evaluativo

**Actividad:**

- Realizar pruebas de interfaz usuario-dispositivo con usuarios que dominen perfectamente la escritura en Braille
- Validar requerimientos, diseño y funcionalidad.

**Método:**

Realizar pruebas ergonómicas y funcionales con la población de estudio

**Sujeto:** Escuela Taller para Ciegos.

**Resultado:**

Se estima corregir los errores que se hayan podido presentar en el proceso de diseño y solucionar el problema planteado en base a las necesidades del usuario.

#### 4. Metodología general

Tabla 3:

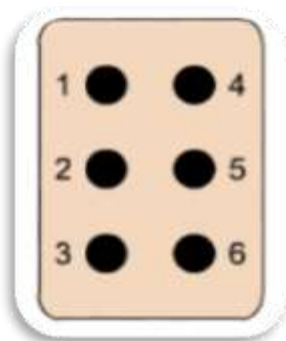
*Metodología general*

<b>FASE 1: Recopilación de la información pertinente al sistema Braille</b>	<b>FASE 2: Diseño del dispositivo</b>	<b>FASE 3: Construcción y Validación del dispositivo</b>
<b>Objetivos</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Objetivos</b>
Analizar actividades y procesos manuales de escritura del sistema Braille	Configuración del dispositivo para la escritura manual del sistema Braille	Implementación del dispositivo para la escritura manual del sistema Braille
Identificación de las dificultades presentes en la escritura manual del sistema Braille		Validación del dispositivo para la escritura manual del sistema Braille en el mismo sentido en el que se lee
<b>Actividades</b>	<b>Actividades</b>	<b>Actividades</b>
1. Se estudió en que consiste el sistema Braille	1. Se establecieron requerimientos de diseño para la configuración del dispositivo	1. Se construyó el dispositivo teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas realizadas previamente
2. Se realizó una capacitación en la Escuela Taller para Ciegos referentes a la estructura del código Braille y los métodos de lectura de este	2. Se realizó una lluvia de ideas acorde a los requerimientos planteados previamente	2. Se validó el dispositivo final y se puso en práctica teniendo en cuenta factores de funcionalidad, ergonomía e interfaz con usuarios de la Escuela Taller para ciegos
3. Se revisó el estado del arte por medio de las plataformas especializadas en la búsqueda de patentes y centros especializados en el aprendizaje de lectura y escritura referentes al código Braille	3. Se propusieron conceptos referentes a la percepción y métodos de escritura del código Braille	
4. Se plantearon alternativas de solución al problema de diseño propuesto en el proyecto, realizando pruebas en la Escuela Taller para Ciegos, con el fin de reconocer que conceptos eran apropiados para el desarrollo del proyecto		

#### 4.1 Fase 1: recopilación de la información pertinente al sistema braille

En esta fase se tuvo como objetivo recolectar información que sirva como base para el desarrollo del análisis de los procesos manuales e identificación de las dificultades de la escritura manual del sistema Braille enfocado en la escuela taller para ciegos en Bucaramanga, estudiando el proceso de aprendizaje y todas las etapas que este lleva consigo.

**4.1.1 Se estudió en que consiste el sistema braille.** El sistema Braille parte a raíz de una matriz la cual se denomina “signo generador” en este se configuran todas las letras y números que componen en el alfabeto, dicho signo se compone por seis puntos ordenados y numerados como se aprecia en la **ilustración 13**, combinando estos puntos por presencia o por ausencia de los mismos se pueden lograr sesenta y tres combinaciones diferentes.



*Figura 13:* Signo generador

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

Louis Braille hizo uso de un pensamiento lógico para desarrollar lo que él denominó la primera serie de su sistema, para ello únicamente utilizó los puntos superiores y medios del signo generador

es decir los puntos 1, 2, 4 y 5; de esta manera diseñó las 10 primeras letras del alfabeto como se aprecia en la **ilustración 14.**



Figura 14: Primera serie de letras del alfabeto Braille

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

Posteriormente plantea su segunda serie que consiste en agregar el punto 3 a cada una de las letras ya diseñadas, creando así una continuidad en el alfabeto, tal como se observa en la **ilustración 15.**



Figura 15: Segunda serie propuesta por Braille

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

Luego plantea su tercera serie en la que se forma un nuevo grupo de letras, pero esta vez agregando el punto 6, para así culminar la representación de todas las letras del alfabeto, tal como se aprecia en la **ilustración 16**.



Figura 16: Tercera serie propuesta por Braille

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

La cuarta serie se asigna a las vocales acentuadas y a la letra ñ, como se observa en la **ilustración 17**.

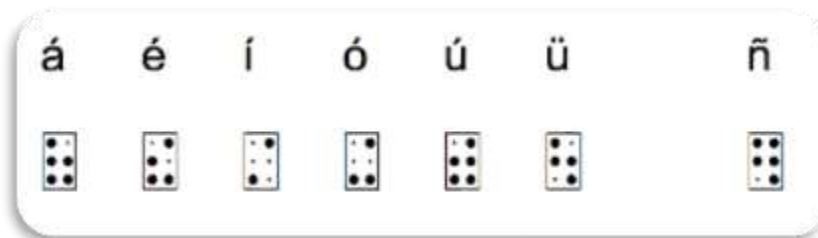
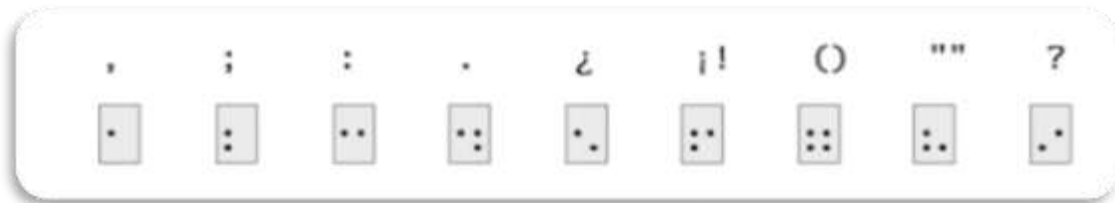


Figura 17: Vocales acentuadas en el sistema Braille

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

En la quinta serie se utilizan únicamente los puntos medios y bajos a los que se trasladan las mismas formas de la primera serie para de este modo generar los signos de puntuación, tal como se aprecia en la **ilustración 18**.



*Figura 18:* Quinta serie perteneciente a los signos de puntuación

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

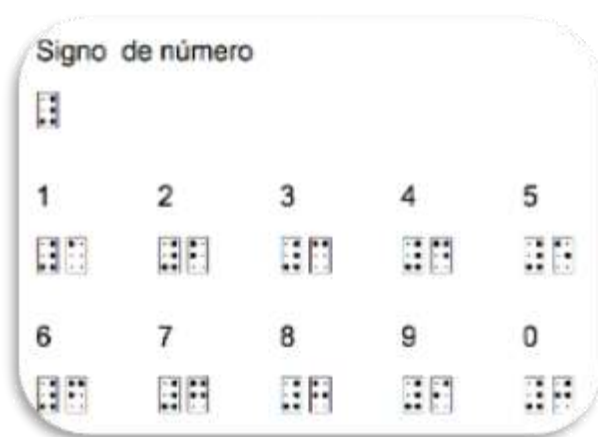
En cuanto las mayúsculas Braille decide generar un nuevo código que indique que la letra que se va a escribir a continuación es una mayúscula para ello se marcan los puntos 4 y 6 como se muestra en la **ilustración 19**, este signo se antepone a la letra.



*Figura 19:* Explicación uso del signo mayúsculo

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

De igual modo cuando se trata de los números se genera un nuevo signo el que indicará que se avecina un número, los dígitos del 0 al 9 se representan con los mismos signos de la primera serie sin embargo estos se diferencian gracias al signo número como se evidencia en la **ilustración 20**.



*Figura 20:* Signo número en el sistema Braille

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

Es importante resaltar que debido a que no todas las letras se utilizan en todos los idiomas, es decir por ejemplo la letra “ï” que es propia del francés no se utiliza en el castellano es por esta razón que toma el signo de la ñ en castellano, esto permite apreciar que algunos signos toman el lugar de otros dependiendo del idioma que se esté manejando, en la **ilustración 21** se evidencian las variaciones de signos en los idiomas castellano, catalán, gallego y euskera (Comisión Braille Española, 2013).



*Figura 21:* Diferentes combinaciones dependiendo del idioma

Fuente: (Comisión Braille Española, 2013).

#### **4.1.2 Se realizó una capacitación en la escuela taller para ciegos referentes a la estructura del código braille y los métodos de lectura de este**

- Métodos de enseñanza del sistema Braille en la Escuela Taller para Ciegos

La enseñanza del Braille en la Escuela Taller para Ciegos de Bucaramanga inicia según el programa propuesto por el profesor encargado (*Henry Sierra*). Como primera etapa se realiza una valoración de la capacidad motriz de los asistentes con el fin de revelar en esta sus capacidades de precisión al ubicar pequeños cilindros en una plantilla agujereada como se puede apreciar en la **ilustración 22** dependiendo del resultado de ésta prueba, se determina la capacidad motriz, para luego continuar con el siguiente paso o en refuerzo de la motricidad.



*Figura 22:* Aprendizaje Pre- Braille.

El método de enseñanza en el proceso de lectoescritura del Braille se basa en el método silábico, el cual consiste en iniciar con el aprendizaje de las cinco vocales, posterior a eso introducir consonantes de tal manera que se formen silabas, de este modo configurar palabras y oraciones. (Sierra, 2018)

En la **ilustración 23**, se evidencia el proceso de aprendizaje grupal pre-braille a cargo del profesor Henry Sierra.



Figura 23: Clases grupales Pre – Braille.

Posteriormente el profesor entrega a los alumnos matrices Braille en tamaño macro, en ella deben ubicar piezas en cada uno de los agujeros que corresponden a los seis puntos de la matriz, esto es denominado *pre – Braille* y consiste básicamente en guiar al aprendiz a un aprestamiento del sistema, es decir que este conozca a través de la percepción táctil la estructura y su distribución espacial de la matriz Braille.

Cuando el alumno es capaz de identificar a la perfección la ubicación de cada uno de los puntos de la matriz, se enfoca el aprestamiento a la configuración de los caracteres tanto para lectura como su reflejo o en su lugar la escritura, de tal modo que se realiza un aprendizaje paralelo, lo que ayuda al invidente a desarrollar habilidades pertinentes para poner en práctica el sistema Braille; después de que el alumno de la escuela domine todo lo anterior mencionado, el profesor va reduciendo paulatina la matriz macro, hasta llegar al tamaño de la regleta convencional utilizada para la escritura del Braille.

Esta etapa del proceso es crucial para lograr el objetivo de un buen aprendizaje del sistema pues de los conocimientos aquí obtenidos dependerá el desempeño en la escritura y lectura del Braille (Sierra, 2018)

Con la regleta los alumnos deben realizar planas de algunas palabras dictadas por el profesor, y posteriormente leerlas, de este modo practicar su lectura y escritura, este proceso de enseñanza y aprendizaje varía dependiendo de las capacidades de cada persona, aunque no puede generalizarse y estimarse un tiempo específico, (Sierra, 2018) manifiesta que en promedio este proceso abarca alrededor de dos a dos años y medio para que el invidente tenga los conocimientos y habilidades suficientes que le permitan lograr dominar el sistema Braille en su totalidad, y sólo ahí en ese instante puede decirse que finaliza dicho proceso.

Sin embargo al finalizar se requiere de una práctica constante del código Braille por esta razón se realizan jornadas de dictados en la escuela en las que el profesor encargado Henry Sierra, lee breves textos a sus estudiantes; de este modo se evalúa en ellos que tan favorable fue el aprendizaje. En la **ilustración 24**, se percibe la lectura Braille por parte del profesor Henry Sierra.

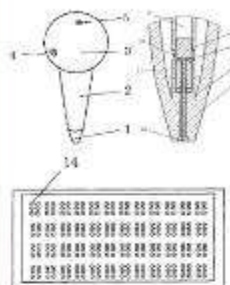
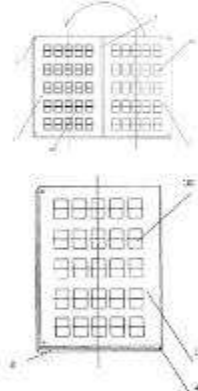
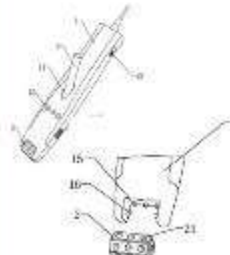


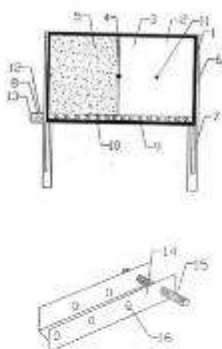
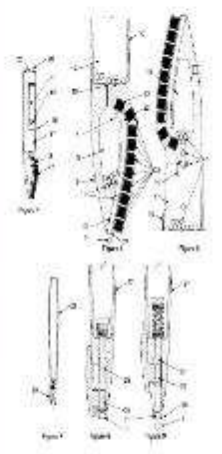
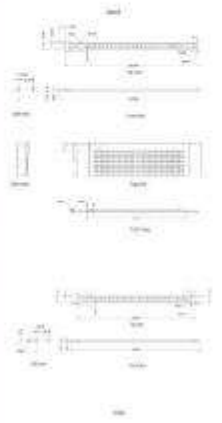
*Figura 24:* Dictado Braille.

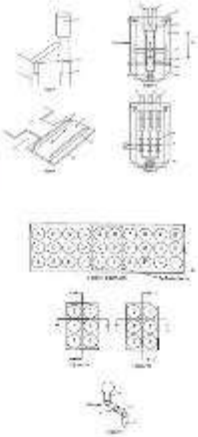

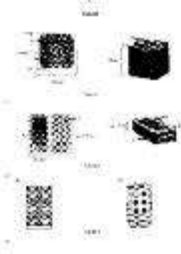

4.1.3 Se revisó el estado del arte por medio de las plataformas especializadas en la búsqueda de patentes y centros especializados en el aprendizaje de lectura y escritura referentes al código braille



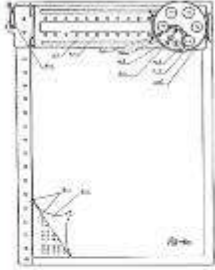
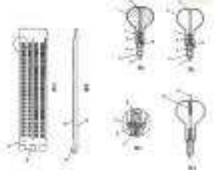
Tabla 4:


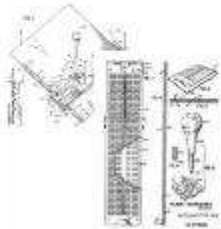
Patentes, fuentes Pantecope, Spacenet, Google Patents

Fuente	CPI (IPC)	Título	Autor	Resumen	Imagen	Fecha de Publicación
PANTECOPE	G09B 21/02	Braille Writer	Zhou Ziqing Ma Mixia	El escritor braille comprende un bolígrafo y tablero de escritura Braille, en el que el bolígrafo comprende un soporte de pluma y un dispositivo de almacenamiento de líquido para la escritura. El punto de la pluma está hecho de acero. El escritor braille utiliza el líquido de escritura para escribir el braille en la superficie frontal del papel en el mismo orden que el orden de lectura, por lo que es un instrumento de escritura muy conveniente.		02.06.2010
	G09B 21/02	Braille writer with bookworm-shaped ball slipway, and writing method thereof	Zhang Wenqing	El escritor comprende una placa de marco de agujero en la capa superior y una placa de en la capa inferior, papel para Braille y un lápiz de escritura. El papel de Braille se coloca entre la placa de marco cuadrada de la capa superior y la capa inferior. El escritor y el método de escritura proporcionados por la invención son convenientes y simples, y los usuarios pueden usar fácilmente el escritor, de modo que la eficiencia de la escritura se mejora mucho más de tres veces.		22.06.2011
	G09B 21/02	Braille pen	Tonglu County Pen Industry Association Hu Han	Bolígrafo Braille, incluye cuerpo, cilindro y barra de carga, este dispositivo calienta internamente un material que le da cuerpo a las escritura. Este bolígrafo braille escribe la orden de lectura con prontitud, y es muy conveniente. debido a su principio especial de escritura, este bolígrafo casi puede escribirse a mano sobre cualquier material.		01.03.2017

<p>SD43L1/04</p>	<p>Blackboard is used in blind person's teaching</p>	<p>Chen Shuxian</p>	<p>Uso de una pizarra en la enseñanza de las personas ciegas, incluyendo el marco, placa posterior, tablero de, el modelo de utilidad revela un blackboard que se utiliza en la enseñanza de las personas ciegas, dividido en dos, el pizarrón, puede ser lo suficientemente conveniente para que el maestro escriba el braille, darse cuenta de que el alumno ciego escribe en la pizarra. La enseñanza de la persona ciega ha sido muy útil para las cosas.</p>		<p>09.06.2017</p>
<p>G09B 21/02</p>	<p>Writing, Braille And Drawing Board For Blind Or Visually Impaired Persons</p>	<p>Javier Villar Cloquell,</p>	<p>La invención se refiere a una placa para personas ciegas, que hace que sea más fácil escribir, dibujar y aprender formas a través de elementos de alivio positivos que se pueden reutilizar. Al escribir o dibujar, es posible verificar lo que se ha hecho y corregir los errores detectados con la yema del dedo. Una vez que se termina la actividad, hay un medio para recolectar los elementos de alivio y almacenarlos en el contenedor del panel o la rejilla.</p>		<p>03.08.2012</p>
<p>B43K 31/00</p>	<p>An Efficient Writing Tool For Visually Impaired</p>	<p>Nediya Sachin Parambath Vimal Chandru Shantanu Bhattacharyya Satyaki Roy</p>	<p>Tablero de dibujo para ciegos o deficientes visuales. La pizarra incluye dos placas, una plantilla y un lápiz. La placa inferior tiene puntos elevados y la punta del lápiz tiene una depresión que ayuda a grabar los textos. Una plantilla de una sola columna que cubre una sola línea ayuda a exponer otra parte de la página que se puede leer sin sacar el papel.</p>		<p>09.03.2018</p>

	B41J 3/00B41J 3/01	Braille pen writer	Yin Courtney	La presente invención se refiere a un escritor de pluma Braille y más particularmente a un escritor mecánico de pluma Braille que puede escribir un carácter de símbolo de Braille de una vez.		12.07.2007
SPACENET	B42F1/00 G09B21/02	Lamina Adhesiva De Escritura Braille	Roquet Arboix Guillem	Esta invención, pues, tiene por objetivo una lámina adhesiva de escritura para personas invidentes, mediante la cual el usuario pueda componer la palabra que él desee en sistema braille y utilizar entonces dicha lámina adhesiva para engancharla en cualquier soporte, tal como papel, cartón u otro.		28/03/2016
	G09B21/00 G09B21/02	Dispositivo para lectura y / o escritura en braille, y método para lectura y / o escritura en braille	(Instituto federal de educación, ciencia y tecnología del ceará)	La presente invención describe un equipo óptico-mecánico de asistencia para discapacitados visuales que permite la lectura de documentos impresos o digitalizados utilizando una célula braille, así como la escritura de documentos. El dispositivo tiene además funciones de sintonización de voz para permitir la lectura sin dominio del sistema braille y de conferencia de carácter introducido para facilitar la utilización por deficientes visuales.		23/06/2015
	G09B 21/02	Nuevo Dispositivo Para Escritura Manual Braille.	Tonglu County Pen Industry Association Ilu Ilan	Nuevo dispositivo para escritura manual braille, del tipo que comprende una pieza base, una pieza guía y un punzón, que se caracteriza esencialmente porque la pieza base está constituida por una placa rectangular que comprende una serie de salientes esféricos dispuestos simétricamente en filas y columnas.		01/03/1990

	H41J 5/32 G09B 21/02	Tabla Para Escritura Braille	Quilen Myerston Silvia Elena	Tabla para escritura braille, caracterizada porque está constituida por un cuerpo base conformada por dos planchas, para la formación de los caracteres braille en una hoja inserta en ambas placas, las cuales están disponibles entre sí, presentando la placa horadada, aptos para su sucesivo encaje en una serie de orificios.		16/03/2001
	H41J 5/32 G09B 21/02	Dispositivo Para Escritura En Alfabeto Braille	Boatella Bravo Maria Dolores	Disñado para estar constituido por una carcasa de pequeñas dimensiones, con una ranura de entrada de papel y otra de salida, mientras que en su exterior, se dispone de una pluralidad de botones destinados a la escritura, espaciado e interlineado propio de este tipo de escritura. El dispositivo dispone de medios para adaptar el ancho de escritura al ancho de papel cuando este es superior al ancho de la carcasa.		01/02/2004
GOOGLE PATENTS	CN2246315Y	Lector Braille	Wu Ticzhong	Un nuevo tipo de máquina de escritura y lectura braille compuesta de una combinación de dispositivos mecánicos y electrónicos consta de un escritor y un lector. Tiene cuatro funciones: escritura, escucha, lectura, auto transcripción y traducción. La máquina de escribir Braille manual es fácil de agarrar y transportar, es especialmente adecuada para que los niños ciegos aprendan La máquina de escritura y lectura Braille eléctrica se puede utilizar como un dispositivo especial para personas ciegas para leer, escribir, investigar y componer música.		29/01/1997
	CN2935304Y	Dispositivos para escribir en Braille	Li Yinlong Liu Haixia	Herramienta de escritura a manual en braille, que incluye un bolígrafo braille y un tablero Braille. Se compone de una punta hueca y una compuerta hueca que se comunican entre sí. La herramienta de escritura manual braille es firme y duradera sin ninguna medida de protección especial y no está		06/06/2006

				restringida por el papel especial braille existente.		
US2565608A	Dispositivo de escribir Braille	Paul W Hoff	En dispositivos usados hasta ahora por la persiana para escribir en donde se forma un símbolo de Braille, tales símbolos, que están en forma de puntos estampados, se crean usualmente en el reverso del papel y se escriben o producen por dichos dispositivos desde el derecho hasta izquierda.		08/02/1946	
US2850812	Dispositivo de escribir Braille	Mannheimer Albert	En el sistema de escritura braille, las palabras y los símbolos aritméticos están formados como caracteres que comprenden varias combinaciones de un patrón básico de partes elevadas dispuestas en dos filas paralelas de tres unidades espaciadas cada una.		29/07/1955	

**4.2 Fase 2: diseño del dispositivo**

Al diseñar un dispositivo es necesario desglosar el resultado final que se espera obtener, de tal manera que se tengan en cuenta las variables que puedan presentarse en el proceso, para ello deben plantearse requerimientos y conceptos claves que ayuden a la solución de un problema de diseño. Por esta razón a continuación de presentan los pasos que se siguieron para la construcción y desarrollo del proyecto.

**4.2.1 Se establecieron requerimientos de diseño para la configuración del dispositivo**

Tabla 5:

*Requerimientos*

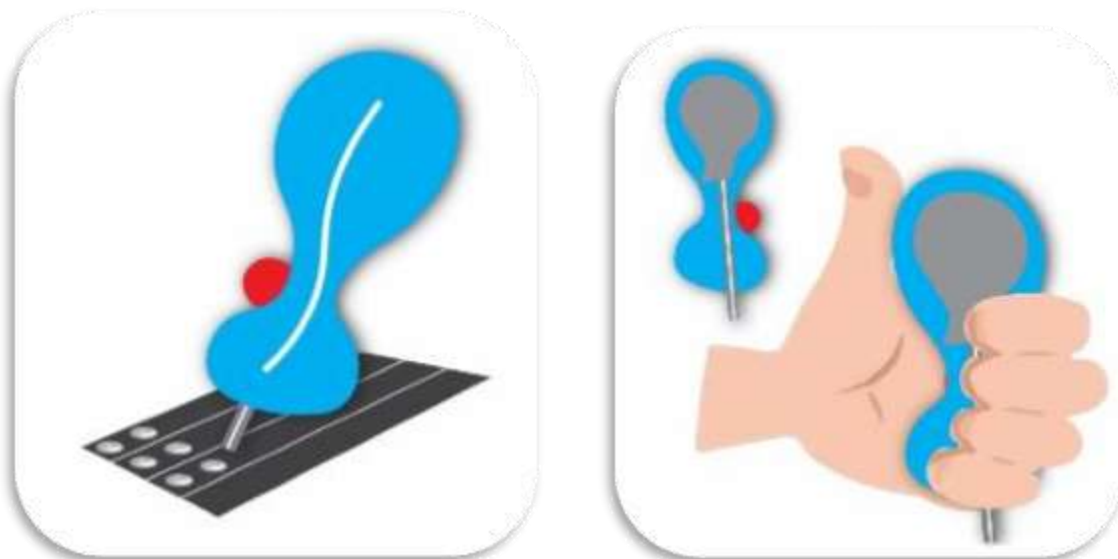
REQUERIMIENTOS	DETERMINACIONES
[Redacted content]	

	NÚMERO DE COMPONENTES	El dispositivo debe contener la parte correspondiente a la matriz y las piezas necesarias para logra el desplazamiento de esta	Tres componentes pertenecientes a punzón, dispositivo principal, y matriz.
ESTRUCTURALES	UNIÓN	El dispositivo presenta una configuración unificada de tal forma que las partes se complementen entre sí y el lenguaje de estas sea claro en el usuario	
	MODO DE PRODUCCIÓN	El dispositivo tiene una configuración que permite su producción en serie	producción en serie
	MATERIAS PRIMAS	El dispositivo se compone de materiales metálicos y poliméricos, metálicos para lograr el correcto marcado de los puntos y poliméricos para disminuir su peso	Bronce, Acrílico
	PROCESO PRODUCTIVO	La matriz se requiere un proceso que otorgue precisión	Cera perdida
TÉCNICO PRODUCTIVOS	COSTE DE PRODUCCIÓN	El dispositivo se construye en materiales económicos con el fin de lograr que sea asequible a la población vulnerable en condición de discapacidad visual	Materiales económicos

**4.2.2 Se realizó una lluvia de ideas acorde a los requerimientos planteados previamente**

De acuerdo a los requerimientos planteados, se realizó una lluvia de ideas donde conceptualmente se otorgaba solución a la problemática planteada anteriormente. A continuación se muestran algunas ideas que fueron consideradas a ser evaluadas para el debido desarrollo del proyecto.

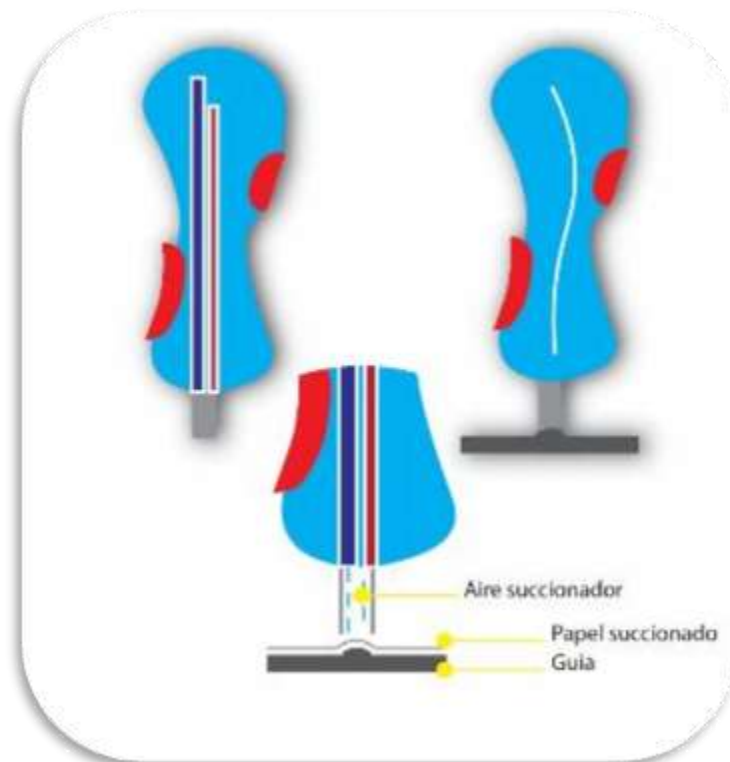
- Lápiz que suministra material estampador



*Figura 25:* Lápiz estampador.

En la **ilustración 25**, se percibe una idea inicial de un lápiz que suministra material estampador sobre el papel especial braille, este boceto ayuda a entender que al ir escribiendo se presiona un botón, el cual a través de mecanismos internos ayuda a bajar un material el cual quedará estampado, el orden de estampado de este material lo otorgará la persona o usuario invidente el cual lo esté utilizando, es importante resaltar que aunque se proporciona una solución momentánea, el usuario aún deberá estar dependiente de la regleta puesto que necesitará orden al escribir y una guía para esto.

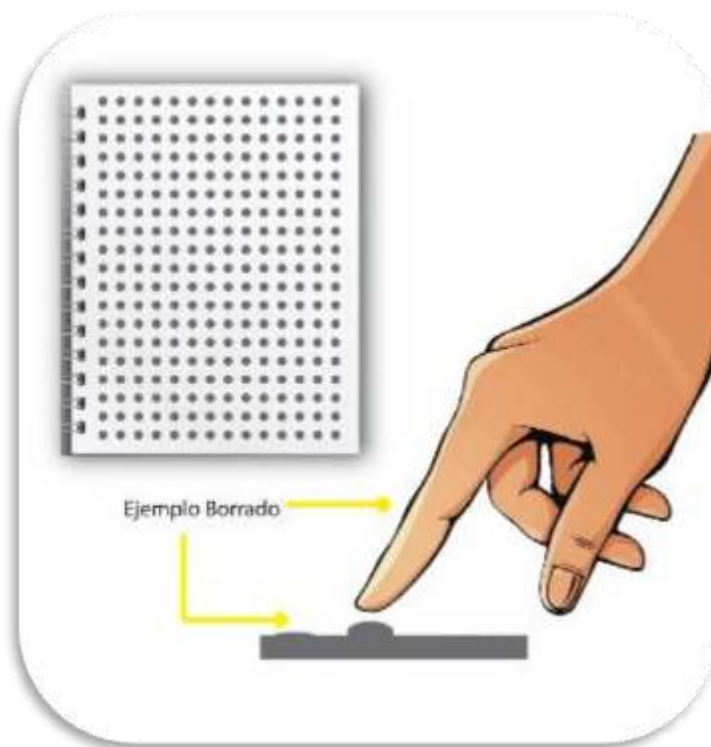
- **Lápiz Succionador**



*Figura 26:* Lápiz succionador,

Planteamiento de un lápiz el cual a través de succión deje impreso un relieve en el papel, para esto se considera un motor interno que proporcione energía para generar la succión con la fuerza necesaria, este principio surge del funcionamiento de la aspiradora, sin embargo para llevar a cabo esta idea, los costos de elaboración serían elevados por los componentes necesarios para su construcción, esto teniendo en cuenta que será herramienta destinada para la escuela taller para Ciegos, donde sus asistentes son de escasos recursos.

- Cuaderno Braille



*Figura 27:* Cuaderno Braille

Se considera la elaboración de un cuaderno con estampados de puntos conformados por medio de filas y columnas, este cuaderno tendría en todas sus páginas este estampado y el método de escritura partiría del concepto de borrado por medio de los dedos o un dispositivo diseñado posteriormente, esto quiere decir que si la persona quiere escribir una letra cualquiera, en lugar de estampar el código que la compone, estaría borrando los códigos que no la componen, una acción inversa a la actual.

- Cecógrafo con seis puntas

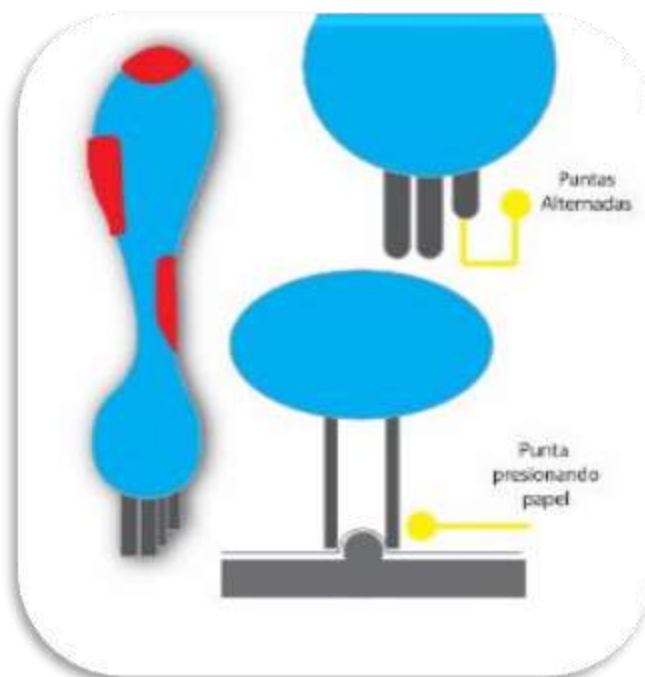


Figura 28: Cecógrafo múltiple

En la **ilustración 28**, se evidencia el boceto de un cecógrafo múltiple, el cual parte del mecanismo de los lapiceros con múltiples puntas, este dispositivo funcionaría por medio de una serie de botones correspondiente cada uno a un punto respectivo de la matriz generadora y un botón extra de liberación. Para el funcionamiento debería ubicarse cada dedo de la mano en un botón correspondiente y dos dedos tendrían el control de varios botones, el invidente presionaría los botones según el código que quiera generar y las puntas saldrían dejando estampado el código que se requiere.

**4.2.3 Se propusieron conceptos referentes a la percepción y métodos de escritura del código braille** Con el fin de establecer y definir la mejor manera de escribir Braille, se propusieron algunos conceptos pertinentes para alcanzar el objetivo de generar caracteres que brinden al invidente una excelente percepción táctil a la hora de desarrollar la lectura, es decir que los puntos de la matriz generadora al ser plasmados queden totalmente definidos de tal forma que no causen confusiones en el lector.

Los conceptos propuestos se enfocaron en dos fases la primera de ellas denominada Fase 1, estuvo dirigida a la percepción táctil de los usuarios, y una denominada Fase 2 orientada a los métodos de escritura del Braille.

La Fase 1 a su vez se dividió en dos etapas, una que establece distintos tipos de marcado de puntos y diferentes tamaños de estos, otra que consiste en presentar diferentes formas de puntos, cabe recalcar que la primera de estas determina la segunda.

La Fase 2 igualmente se compone de dos partes fundamentales, una busca establecer que método de escritura funciona correctamente evaluando el punzonado tradicional comparándolo con un punzonado inverso, en pro de la tesis planteada en este proyecto que determina que la lectura y la escritura del sistema Braille se realicen en el mismo sentido. Y otra que busca definir qué forma de punto estampa de una manera más clara el papel.

En la **tabla 6** se ilustra las fases de desarrollo de los conceptos.

Tabla 6:

*Conceptos*

Desarrollo de conceptos			
Fase 1- Percepción		Fase 2- Métodos de escritura	
Tipos de marcado y tamaño puntos	Forma de puntos	Punzonado o punzanado inverso	Forma de puntos con mejor estampado

Dichos conceptos se definirán a continuación para de ese modo establecer los parámetros de evaluación de cada uno de ellos.

- **Definición de los conceptos enfocados al proyecto**
- **Perforación:** Se plantea una hipótesis partiendo de las habilidades de percepción táctiles que poseen las personas en condición de discapacidad visual del grupo de estudio de la escuela taller, la cual cuestiona la posibilidad de que la lectura de los caracteres Braille se realice mediante la apreciación de pequeños orificios dispuestos en las posiciones de los puntos correspondientes al código que se quiera representar.
- **Relieve con aporte de material en este caso tinta:** Partiendo de la posibilidad de marcar los puntos de la matriz de una manera diferente a la tradicional, se propone estampar gotas de tinta del tamaño de los puntos del signo generador y en la misma ubicación de estos.
- **Cecografía:** Se define como “*Escritura y modo de escribir en relieve para ser leída a través del tacto*” siendo este el método de escritura tradicional empleado por las personas en condición de discapacidad visual, este consiste en generar relieves en el sentido de

izquierda a derecha para posteriormente leerlos de derecha a izquierda mediante punzonado. Por tanto, el concepto que aquí se propone es generar dichos relieves de forma inversa de tal manera que no sea necesario dar vuelta al papel para apreciar los signos generados previamente. (Diccionario de la lengua española, 2018)

- Cecógrafo: Para el desarrollo de los conceptos referentes a los tipos de escritura Braille, se estableció que el término alusivo al denominado punzón, en este proyecto sería designado como “cecógrafo”.
- Punto: *“Señal de dimensiones pequeñas, ordinariamente circular, que, por contraste de color o de relieve, es perceptible en una superficie.”* teniendo en cuenta esta definición se plantea la posibilidad de cambiar la forma tradicional del punto, siendo esta circular, se propone emplear formas cuadradas y cónicas para generar relieves. (Real Academia Española, 2017)
- Tamaño: *“Volumen o dimensión de una cosa”* al referirse al tamaño de los puntos del signo generador se propone aumentar el tamaño de estos, con el fin de establecer si es viable la percepción de caracteres de mayores dimensiones o si por otro lado es pertinente seguir empleando el actual. (Diccionario de la lengua española, 2018)
- Escribir borrando: Al proponer este concepto, se busca determinar qué tan efectivo resulta a partir de una matriz que presente los seis puntos del signo generador, sea posible borrar los que no se necesiten para escribir un carácter, es decir bajar el relieve de los puntos sobrantes en la letra o signo que se requiera plasmar

**4.2.4 Se plantearon alternativas de solución al problema de diseño propuesto en el proyecto, realizando pruebas en la escuela taller para ciegos, con el fin de reconocer que conceptos eran apropiados para el desarrollo del proyecto** Teniendo en cuenta los conceptos propuestos es necesario establecer alternativas que permitan evaluarlos de tal manera que guíen y condicionen las decisiones que se tomen para contribuir en el desarrollo del proyecto, por tal motivo se plantean las siguientes pruebas enfocadas a la selección de un concepto dominante.

Partiendo de lo establecido previamente en cada una de las Fases propuestas para la evaluación, se explica en detalle lo planteado en la Fase 1 dirigida a la capacidad de percepción de las personas en condición de discapacidad visual situadas en la Escuela Taller para Ciegos.

Al hablar de percepción en esta Fase, se hace referencia a la realización de pruebas de lectura, en dónde el usuario a probar tenga la capacidad de diferenciar con claridad cada uno de los caracteres y pueda leer con fluidez lo propuesto en la prueba.

La Fase 1 consta de dos partes enfocadas como se mencionó anteriormente a evaluar por medio de la percepción táctil de los usuarios la posibilidad de aumentar el tamaño del signo generador tradicional y proponer nuevos tipos de escritura del Braille; para ello se propuso crear una plantilla (**ilustración 29, Anexo A**), en la que se plasmara una oración que contuviera el mayor número de letras posibles del alfabeto con el fin de lograr evaluar en el usuario la capacidad de leer casi todos los caracteres del código Braille.



Figura 29: Tamaño Braille.

La oración propuesta contiene todas las letras del alfabeto y corresponde a: “*el veloz murcielago hindu comia feliz cardillo y kiwi*” se propuso sin tildes y sin mayúsculas con el fin de no generar confusión en el usuario, de igual manera se manejaron los siguientes tamaños de letras como se muestra en la **ilustración 30, (Anexo A)**.



Figura 30: Diferentes tamaños de Braille.

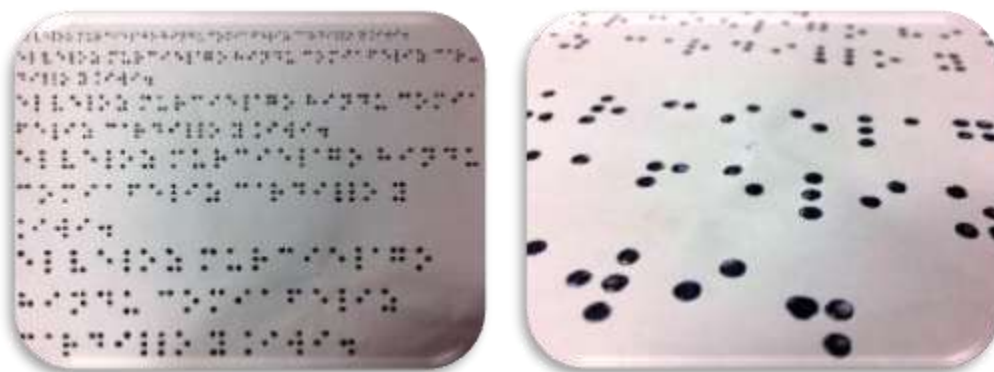
Igualmente se propusieron diferentes tipos de marcado de puntos con el fin de definir de una manera clara cuál de estos es el mejor para desarrollar a lo largo del proyecto. Estos fueron:

- Perforado



*Figura 31:* Perforado.

- Relieve con aporte de material en este caso tinta



*Figura 32:* Relieve con tinta.

- Cecografía



*Figura 33: Cecografía.*

Para lograr la efectividad de la prueba se diseñó un protocolo de evaluación donde se establece el orden y parámetros que se deben tener en cuenta para obtener resultados contundentes que aporten al desarrollo asertivo del proyecto. Cabe recalcar que la prueba fue realizada en la Escuela Taller para Ciegos de la ciudad de Bucaramanga.

Para desarrollar la prueba es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se describirán a continuación:

1. El primer paso consiste en establecer un grupo de 5 personas invidentes para trabajar y ser encuestados, a los que se les contará la finalidad de ésta, y se les hablará sobre en qué consiste el proyecto.
2. Cada persona es llamada individualmente para la realización de la prueba
3. Se presenta el material de trabajo conformado por tres plantillas con la oración “*el veloz murcielago hindu comia feliz cardillo y kiwi*” sin tildes ni comas, escritas en tamaños 20, 30, 40, 50 y 60 en Braille en tres presentaciones:

- Perforaciones
  - Relieves
  - Relieves en tinta
4. Después que la persona se familiarice con el material de trabajo, se inicia la entrevista, **(Anexo A)**.
  5. La primera pregunta a realizar es para lograr determinar si el usuario es capaz de leer braille si la respuesta es sí, se continúa una entrevista en la que se preguntará por una letra específica, luego por una palabra y en última instancia por toda la oración. Sin embargo si la respuesta es no, no habrá problema en la realización de la prueba pues se abordará únicamente con la intención de establecer que tan bien se percibe la escritura.
  6. Después de realizar las preguntas descritas anteriormente, se prosigue a determinar el tamaño máximo de escritura del Braille sin que se complique la lectura de este.
  7. Al finalizar, se preguntan sugerencias en cuanto a la realización del proyecto.
  8. Durante todo el desarrollo de la prueba se harán registros de video para almacenar de una mejor manera la información.

Al finalizar la prueba se obtuvieron las siguientes conclusiones: en primer lugar respecto a la percepción por parte de los miembros del grupo de trabajo de la plantilla con perforaciones como se aprecia en la **ilustración 34**, las personas manifestaron que pese a que si pueden percibirse las perforaciones se requiere una mayor concentración y palpar más de una vez y detenidamente cada código para lograr descifrar que dice en cada uno de ellos.



*Figura 34:* Percepción perforado.

Por otro lado al enfrentarse a la plantilla marcada con tinta como se aprecia en la **ilustración 35**, manifestaron que en comparación a la plantilla perforada la percepción en esta era mayor, sin embargo se presentaba la misma dificultad en lo relacionado a la efectividad de esa forma de escritura, es decir debían tener una concentración extra para percibir cada uno de los grupos de puntos de los caracteres.



*Figura 35:* Percepción tinta.

Para terminar esta parte de percepción en esta prueba se concluyó que la plantilla con cecografía era la ideal en cuanto a la correcta percepción de los caracteres que se perciben en la **ilustración 36** puesto que en esta los miembros manifestaron que era bastante clara la representación de cada

letra, y que de igual manera al percibir de forma clara los caracteres la lectura se agilizaba, y daba seguridad en el reconocimiento de cada código, por tanto se evitaban de este modo las confusiones de signos.



*Figura 36:* Percepción relieves.

De igual manera en esta prueba se buscaba determinar qué tamaño de puntos se percibía de una mejor manera con el fin de aumentar el signo generador tradicional, el resultado que aquí se obtuvo fue que el tamaño ideal de letras Braille para su reconocimiento inmediato estaba en un rango entre los 20 y 30 puntos, sin embargo manifestaron que es recomendable que sea más próximo a los 30 puntos o en su defecto igual a 30 puntos sería lo ideal, puesto que si es más pequeño que 20 el reconocimiento de los caracteres se dificulta por ser un tamaño pequeño, y mayor a 30 la lectura y percepción de códigos se dificulta debido a que sería más grande sea el tamaño del carácter. Para un mayor tamaño se debe hacer un mayor barrido en el papel para discriminarlo táctilmente.

El tamaño del punto determina el tamaño de la letra en la matriz, lo que a su vez es condicionada con el área táctil de la yema de los dedos y se pueda percibir en una sola acción.

- **Percepción de formas en relieve**

En la prueba uno de la fase uno se concluyó que el concepto de cecografía es el que presenta mayor percepción táctil y claridad para la lectura del Braille en personas invidentes o con discapacidad visual, una vez claro esto, se prosigue con la prueba número dos de la fase evaluación de conceptos.

Para el desarrollo de la prueba dos de la fase uno se elaboraron bocetos previos la **ilustración 37** donde se plasmaron ideas previas de las diferentes formas que podría tener el relieve del estampado Braille.



*Figura 37: Bocetos formas*

En la prueba número dos se buscaba que el usuario a través del tacto percibiera el relieve más claro y agradable para leer. El párrafo seleccionado para realizar esta prueba fue “*el veloz murcielago hindu comia feliz cardillo y kiwi*” sin tildes ni comas, escrito tamaño 28 puntos, tamaño seleccionado en la prueba anterior la **ilustración 38 (anexo B)** se puede observar la hoja de pruebas donde se encuentran las tres formas (cuadradas, cónica y circular), estas formas se lograron mediante punzones especiales los cuales tenían este tipo de punta la **ilustración 39**.



*Figura 38:* Plantilla con tres formas de códigos Braille.



*Figura 39:* Punzones con varias formas.

Los pasos que se desarrollaron para llevar a cabo la prueba fueron los que se describen continuación.

1. El primer paso para realizar la prueba consiste en establecer un grupo de 5 personas invidentes para trabajar y ser encuestados, aclarando la finalidad del proyecto.
2. Cada persona es llamada individualmente para la realización de la prueba
3. Se presenta el material de trabajo conformado por tres oraciones escritas cada una con una forma diferente del punzón, las cuales corresponden a:
  - Circular

- Cónico
  - Cuadrado
4. Después de que la persona se familiarice con el material de trabajo, se inicia la entrevista.
  5. Se evalúa de uno a diez el conocimiento de la persona sobre la lectura Braille por medio de la siguiente pregunta: ¿De 1 a 10, siendo 1 muy bajo y 10 muy bueno, que conocimientos tiene del Braille?
  6. Se realiza una segunda pregunta en donde el usuario debe seleccionar la opción que se le facilita más leer.
  7. Al finalizar, se preguntan sugerencias en cuanto a la realización del proyecto.
  8. Durante todo el desarrollo de la prueba se harán registros de video para almacenar de una mejor manera la información.

Luego que los usuarios realizaran la lectura de cada párrafo se realizó una breve entrevista (**anexo B**) en donde se concluye que la forma redonda es agradable al tacto pero no es lo suficientemente pronunciada para un lenguaje claro, la forma cuadrada confunde al usuario y esta no se presta para un cecografiado con mayor relieve. Por otro lado la forma cónica es la que presenta mayor claridad en la lectura, sin embargo esta forma presenta relieves muy pronunciado los cuales se tornan molestos en el momento de realizar la lectura, se sugiere trabajar el tamaño del cono en cuanto a altura y acabado de la punta para reducir la agresividad del cecografiado y así mismo agilizar la lectura. En la **ilustración 40** se evidencia el proceso de lectura Braille por parte del profesor H.



*Figura 40:* Lectura de la prueba forma.

Tabla 7:

*Puntos borrados y marcados*

<b>LETRA</b>	<b>Letra en Braille</b>	<b>Puntos marcados</b>	<b>Puntos libres</b>
A	A	1	5
B	B	2	4
C	C	2	4
D	D	3	3
E	E	2	4
F	F	3	3
G	G	2	4
H	H	3	3
I	I	2	4
J	J	3	3
K	K	2	4
L	L	3	3
M	M	3	3
N	N	4	2
O	O	3	3
P	P	4	2
Q	Q	5	1

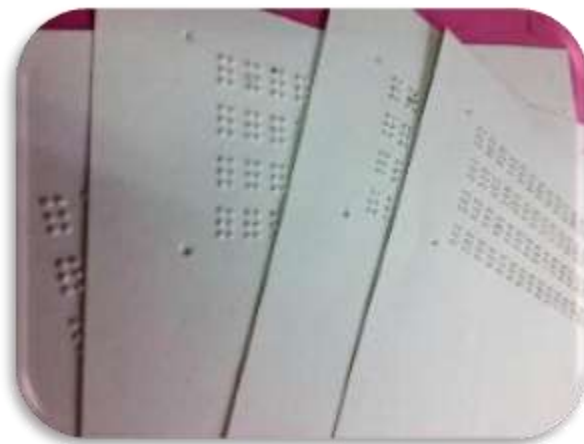
LETRA	Letra en Braille	Puntos marcados	Puntos libres
R	R	4	2
S	S	3	3
T	T	4	2
U	U	3	3
V	V	4	2
W	W	4	2
X	X	4	2
Y	Y	5	1
Z	Z	4	2
TOTAL		82	74

Partiendo de esto se diseñó una prueba en la que cada una de las personas del grupo de trabajo establecido en la escuela taller para ciegos, debía escribir la palabra determinada en cada uno de los cuatro renglones propuestos.

Las palabras propuestas se eligieron con el fin de utilizar la mayor cantidad de letras del alfabeto en cada una de ellas sin tener en cuenta tildes, estas fueron las siguientes:

- Murciélago
- Ginecología
- Computadora
- Zoológico

El material de prueba que se propuso fueron hojas bond de 115gr, debido a ser este el papel convencional para la escritura del Braille, en él se plasmaron cuatro renglones con los seis puntos del signo generador marcados como se aprecia en la **ilustración 41**.



*Figura 41:* Escritura en Braille.

El procedimiento de la prueba consistió en separar a cada uno de los 5 miembros del grupo de trabajo de la Escuela, e individualmente entregar a ellos el material de prueba, posteriormente se realizó una entrevista (**anexo C**), en la que se preguntó la experiencia al realizar la prueba.

El protocolo de la prueba se adjunta a continuación.

Perfil del usuario de prueba:

Se requiere de personas que tengan conocimiento amplio en la escritura y lectura del sistema Braille, de igual manera para obtener resultados más precisos dados por la experiencia se realiza la prueba a adultos.

Para desarrollar la prueba es necesario seguir una serie de pasos, los cuales se describirán a continuación:

1. El primer paso para realizar la prueba consiste en establecer un grupo de 5 personas invidentes para trabajar y ser encuestados, a los que se les contará la finalidad de esta, y se les hablará sobre en qué consiste el proyecto.
2. Cada persona es llamada individualmente para la realización de la prueba

3. Se presenta el material de trabajo conformado por una plantilla donde aparecen marcados en relieves los seis puntos de cada matriz, se realizan cuatro filas con esas indicaciones.
4. Después de que la persona se familiarice con el material de trabajo, se inicia la prueba
5. Seguido a esto se le pregunta al usuario de prueba de que manera corrige al momento de la escritura algún error que se le presente.
6. La primera orden a ejecutar por parte del usuario de prueba es solicitarle que escriba la palabras, “murciélago”, “ginecología”, “zoológico” y “computadora” borrando puntos
7. Posteriormente se realiza una entrevista, formulando unas preguntas descritas a continuación, con el fin de determinar especificaciones y dificultades que este localice en el método de “*escribir borrando*”

Al realizar la actividad de escribir el ser humano desarrolla un recuerdo de lo que esté escribiendo, con esto al leer ratifica la memorización de lo escrito anteriormente. Es por esto que al seleccionar la forma cónica como forma apta para la lectura, se debió realizar una siguiente prueba correspondiente a la fase número dos en donde se evaluó la lectura de las tres formas luego de realizar la respectiva escritura. (BBC, 2016)

De esta prueba se concluye que no es recomendable desarrollar el concepto de “escribir borrando”, los resultados obtenidos por medio de la entrevista fueron que los usuarios no lograron desarrollar con éxito la prueba debido a la dificultad de borrar punto por punto, manifestaron que al equivocarse ellos “rellenaban toda la casilla de la matriz generando un espacio” o de igual manera borraban toda la casilla y sobrescribían en el error, quedo establecido que toma aproximadamente el doble del tiempo que puede tardar una persona en condición de discapacidad visual de escribir generando relieves inversos. Se destaca la idea de proponer el concepto, más sin embargo no se recomienda continuar con su ejecución.

- **Relieve inverso**

En el desarrollo de la Fase 2, con el fin de establecer el método más viable de escritura del Braille en pro de lo planteado en el proyecto, se propuso realizar en paralelo una prueba basada en la comparación de la escritura actual la cual es realizada en sentido inverso a la lectura, es decir de derecha a izquierda con una regleta metálica Braille y el punzón convencional mostrados en la **ilustración 42 y 43**. En la **ilustración 44** se aprecia el diseño de una nueva regleta propuesta donde los puntos del signo generador de cada matriz se encontraban inversos, en lugar de estar cóncavos, se presentan en forma de relieve, lo que permite que al marcar cada código del Braille se plasmen en un solo paso, en el sentido de la lectura, acompañada de un cecógrafo, como se evidencia en la **ilustración 45**.



*Figura 42:* Regleta convencional



*Figura 43:* Punzón convencional



*Figura 44:* Regleta diseñada. Autores



*Figura 45:* Punzón utilizado. Autores

Para el desarrollo de esta prueba y la validación de este concepto se trabajó con el grupo de estudio de la Escuela Taller para Ciegos, a cada miembro se le entregaron las dos regletas y se les indicó escribir la misma oración en cada una de ellas, se planteó la elección de una frase que tuviera la mayor cantidad de letras del alfabeto con el fin de determinar de una manera clara la diferencia entre los dos tipos de escritura propuestos.

La manera en que se planteó la evaluación de la prueba fue la siguiente, se dispuso una hoja de papel bond de 115gr, para cada uno de los casos, en ella debían escribir por los dos métodos propuestos los cuales fueron definidos como:

- Cecografía regular: Este hace referencia al método tradicional de la escritura del Braille en el que se desarrolla la escritura en sentido inverso a la lectura.

- Cecografía inversa: Este término hace referencia a lo planteado como nuevo concepto en esta etapa de la Fase 2, que indica que la escritura se realice en el mismo sentido de la lectura.

En cada uno de los casos debía ajustarse el papel en medio de la regleta, empezar a escribir la frase que se seleccionó para esta evaluación, teniendo en cuenta lo mencionado previamente que consistía en que esta contuviera el mayor número de letras posibles del alfabeto, fue *“la cigüeña tocaba el saxofón detrás del palenque de paja”*, de igual manera se indicó al miembro del grupo de trabajo, que era irrelevante si al escribir dicha frase marcaba las tildes y el apóstrofe, puesto que la intención es evaluar la diferencia en los métodos de escritura y de este modo seleccionar un concepto.

El paso a seguir en el desarrollo de dicha prueba fue realizar una entrevista, (**anexo D**), con el fin de determinar que método de escritura prefería el grupo de estudio.

Esta prueba fue considerada como el punto de partida para establecer que método de escritura prevalecía en cuanto a efectividad al desarrollar la actividad. Lo que se concluyó es que al proponer la cecografía inversa permitía a los invidentes olvidar la configuración de cada carácter correspondiente a la escritura, y sólo enfocarse en los de la lectura, por tanto no era necesario pensar en el reflejo de cada letra, puesto que al escribirlas por este método se hacían en la forma en que se leen, por otro lado de igual manera manifestaron que el marcado de los puntos por medio de este método tenía el mismo resultado o incluso mejor en cuanto a percepción en comparación al método tradicional de escritura.

En la **ilustración 46 y 47**, se percibe la comparación de los caracteres realizados por cada una de las regletas y se aprecia que los marcados por cecografía inversa presentan un mejor resultado,

por tanto se decide que es este el método que se seguirá implementando en la evaluación del resto de conceptos.



*Figura 46:* Escritura regleta tradicional.



*Figura 47:* Escritura regleta diseñada. Autores

- **Escritura inversa, diferentes formas**

Para el desarrollo de la prueba se diseñó una regleta Braille a través de prototipado rápido utilizando el software de modelado CAD Solidworks **ilustración 48**, ésta regleta cuenta con 15 columnas y 3 filas correspondiente a cada forma, las dimensiones son de 12,50 x 4 x 0,3 centímetros.

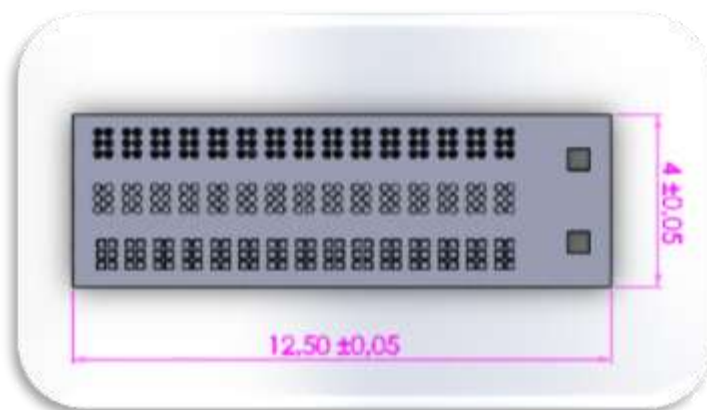


Figura 48: Medidas de regleta en software solidworks.



Figura 49: Medidas preliminares matriz Braille.

En la regleta impresa que se muestra en la **ilustración 49** se puede observar las formas cuadradas, redondas y cónicas sucesivamente.

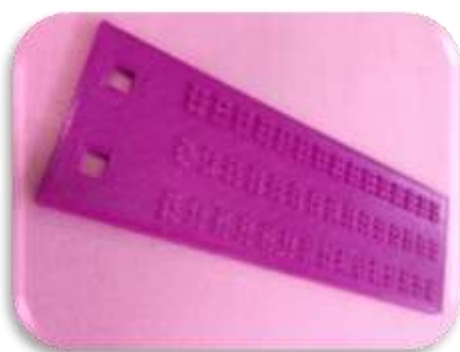


Figura 50: Regleta impresa tridimensionalmente con tres formas distintas.

Seguido de esto se diseñó una guía para poder realizar la escritura **ilustración 51**.



*Figura 51:* Regleta con tapa. Autores

Para que la escritura se pudiera realizar a través de esta regleta se realizaron bocetos previos correspondientes al punzón a utilizar, se contempló que el punzón debía ser hueco en su interior permitiendo el repujado. En la **ilustración 52** se muestra las ideas antes de diseñar un primer cecógrafo para realizar la prueba.



*Figura 52:* Ideas para el cecógrafo.

Luego se realizó una evaluación de escritura con los tres conceptos correspondientes a los cilindros de los cecógrafos, de allí por medio de la observación del relieve inverso, se seleccionó el cilindro adecuado para el uso del cecógrafo, en la **ilustración 53** se observa el modelado CAD correspondiente al cilindro cónico y el cilindro correspondiente al hueco.



*Figura 53:* Modelado CAD cilindros.

Al realizar el proceso de escritura se evidencia los relieves óptimos para una lectura fluida **ilustración 54** es por esta razón que el cilindro seleccionado es el hueco.



*Figura 54:* Relieve cilindro hueco y relieve cilindro cónico.

Con base en esta evaluación se diseñaron cecógrafos previos a las pruebas a realizar, los cuales se muestran a continuación.



*Figura 55: cecógrafo 1 diseñado.*



*Figura 56: cecógrafo 2 diseñado.*

Para realizar la prueba se introdujo el papel en la regleta **ilustración 57** y se selló para evitar el desplazamientos de las contrapartes, seguidamente se le entregó al usuario donde este proseguía a escribir mediante dos cecógrafos con puntas huecas cilíndricamente **ilustración 55 y 56** diseñados previamente para esta prueba.



*Figura 57:* Regleta antes de escritura.

Al llevar a cabo la prueba se establecieron una serie de pasos los cuales son:

1. Se establece un grupo de dos personas expertas en Braille, a las cuales se les explicará la finalidad de la prueba.
2. Se procede a la identificación de las nuevas regletas pre-diseñadas con el fin de realizar un reconocimiento táctil, las cuales poseen tres tipos de formas correspondientes al sistema Braille (cuadrado, circular, cónico)
3. Se procede a la identificación del nuevo punzón hueco pre-diseñado con el fin de realizar un reconocimiento táctil.
4. Se le indica a los expertos que escriban una palabra con el punzón y regleta otorgados
5. Se procede al análisis táctil por parte de los expertos.
6. Realización de encuesta.
7. Al finalizar, se preguntan sugerencias en cuanto a la realización del proyecto.
8. Durante todo el desarrollo de la prueba se harán registros de video para almacenar de una mejor manera la información.

En la **ilustración 58** se evidencia el proceso de escritura por parte del profesor Henry Sierra Saba, profesional experto y capacitado en Braille.



*Figura 58:* Proceso de escritura.

Seguidamente que los usuarios realizaran la prueba se realizó una entrevista **anexo D**.

En esta prueba se concluyó que la forma con la cual la escritura era más continua y fluida era la forma cónica, además de dejar un relieve claro para realizar la lectura. Respecto a las formas cuadradas y redondas estas no quedaban marcadas con suficiente claridad para realizar la lectura fluida, además el papel tendía a perforarse.

### **4,3 Construcción y validación del dispositivo**

Con base en los requerimientos anteriormente planteados y las pruebas realizadas en las fases correspondientes se procede a realizar la construcción de un dispositivo como resultado de las conclusiones arrojadas.

**4.3.1 Se construyó el dispositivo teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las pruebas realizadas previamente** Al determinar los resultados de las pruebas de los conceptos propuestos y evaluados, se obtuvieron resultados resumidos a continuación:

- Forma de escritura cecografía inversa

- Forma cónica de los puntos
- Tamaño de los puntos del signo generador de la matriz correspondiente a 30pts

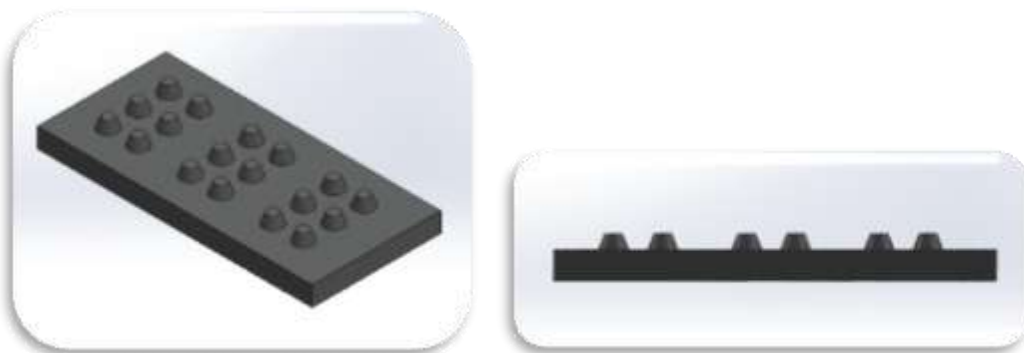
De igual manera en esta etapa se planteó la opción de reducir el tamaño de la matriz a tres celdas, esta cantidad es plateada inicialmente para evaluar la escritura con múltiples matrices, de dicha evaluación con el grupo de trabajo se reformara la opción de utilizar más celdas o reducirlas a una sola.

Por tanto conjugando todos los conceptos seleccionados en las pruebas previas, se propusieron alternativas de solución al problema planteado de realizar la lectura y la escritura en el mismo sentido, agregándole a estas alternativas la posibilidad de solucionar otro problema que se presenta en la escritura del Braille actual, el cual consiste en la imposibilidad de leer inmediatamente lo que se va escribiendo, es importante recalcar en este punto que cada alternativa fue evolucionando a medida que se detectaban problemas en la realización de las pruebas realizadas pertinentemente en la Escuela Taller para Ciegos.

Con la intención de generar los mejores acabos en cuanto a los códigos Braille, es decir que al marcar los puntos del signo generador estos brindarán precisión en cuanto a la percepción, de tal manera que se evitaran confusiones, se decidió manejar la altura y la forma de los puntos de acuerdo a los resultados arrojados en la etapa de evaluación de conceptos.

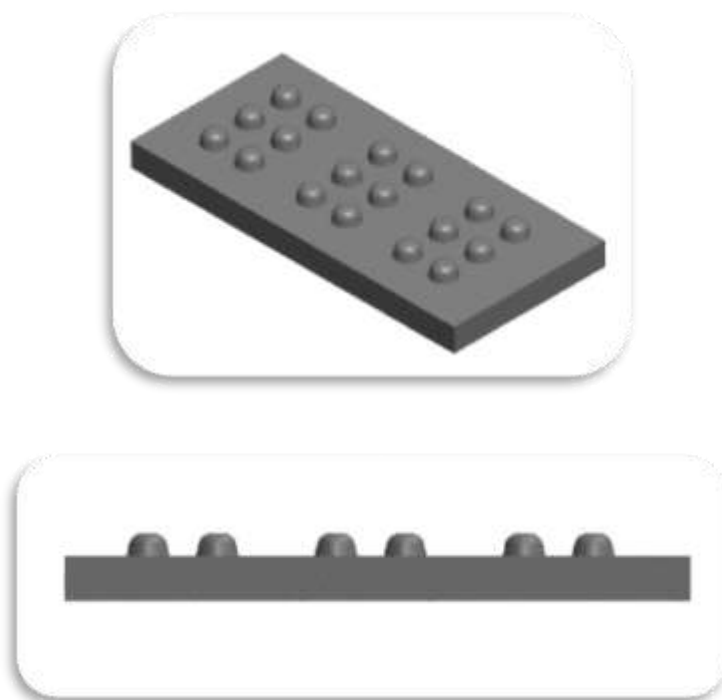
Para la evaluación de las formas y alturas, se definió escribir la misma palabra en todas las matrices con el objetivo de evitar el sesgo en los resultados.

Por tanto se estableció que la primera forma a evaluar era la forma cónica troncada en su punta con una altura de 1 mm, esta altura debido a que es la estándar en la escritura Braille tradicional, este modelo se puede apreciar en la **ilustración 59**.



*Figura 59:* Formas conos truncados.

En simultaneo se propuso de igual manera una forma cónica con la diferencia de un redondeo en la punta y con la misma altura de 1mm como se aprecia en la **ilustración 60**, esto con el fin de establecer una comparación en el marcado de los puntos en las dos matrices, y definir de este modo la forma viable para el desarrollo del proyecto.



*Figura 60:* Formas conos redondos.

Sin embargo al imprimir un modelo en resina y realizar una prueba de escritura en las dos matrices, se determinó que pese a que la altura perforaba el papel, la forma cónica truncada, dificultaba la percepción de los puntos y perforaba con mayor intensidad que la otra, en la **ilustración 61** se observa el resultado de dicha prueba

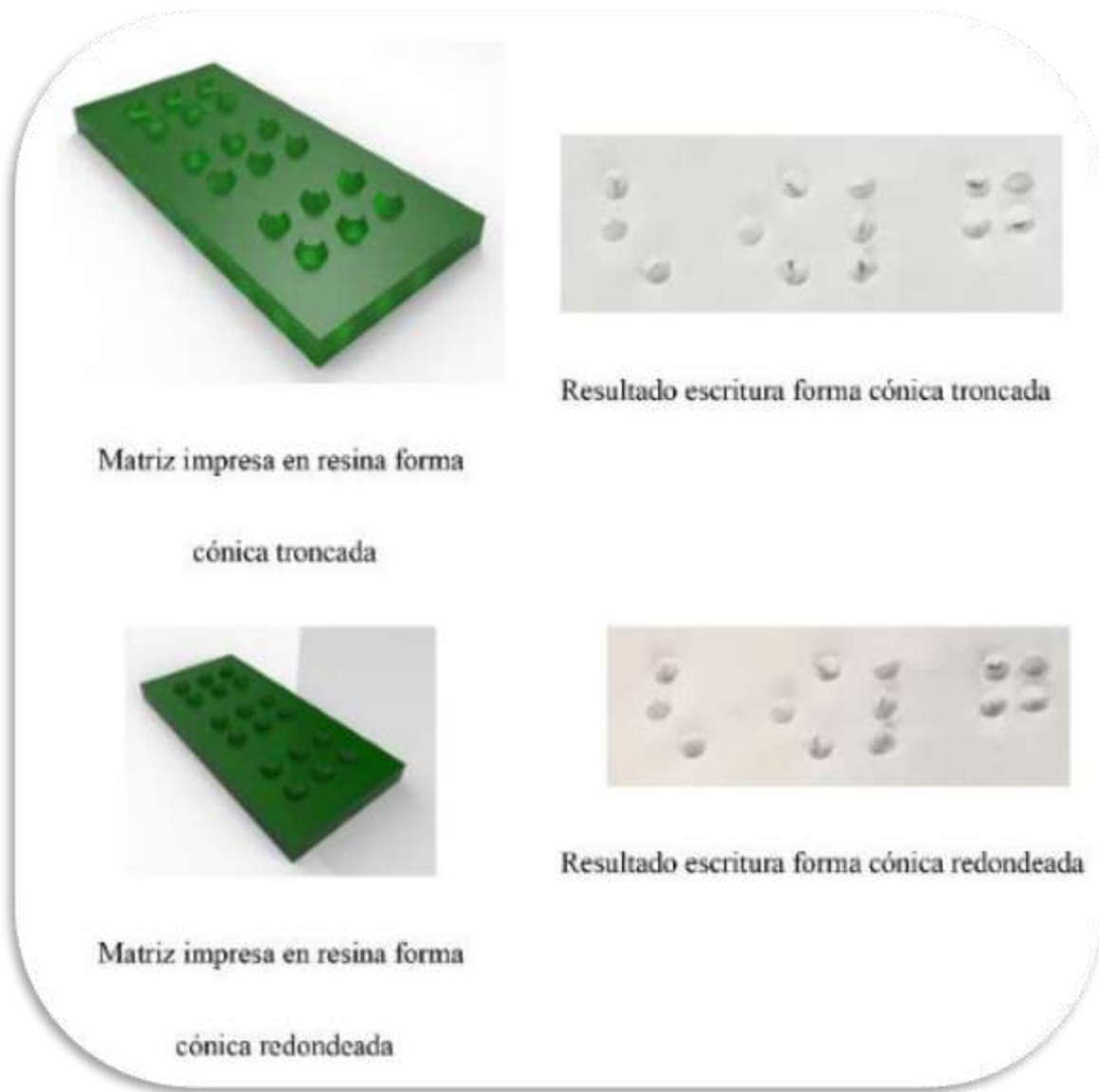
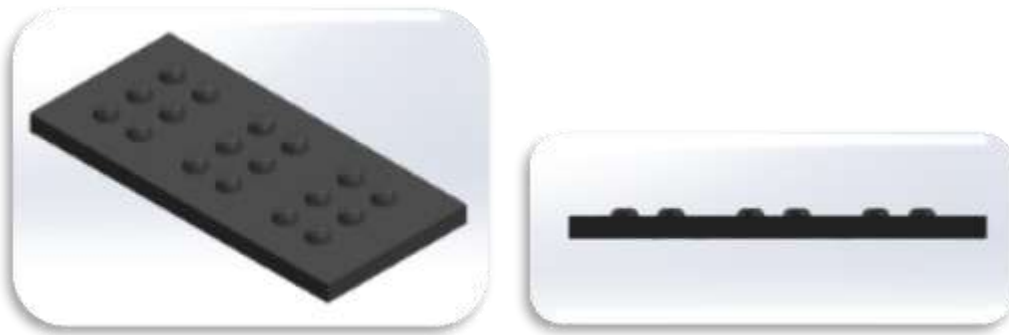


Figura 61: Resultados prueba.

Debido a esto se decidió seguir evolucionando la forma cónica redondeada, pero disminuyendo su altura a la mitad, como se evidencia en la **ilustración 62** con el fin de comprobar si era ésta la indicada en el marcado de los puntos.



*Figura 62:* Formas redonda, menos altura.

Los puntos generados por esta última matriz efectivamente se perciben con claridad, por consiguiente se concluyó que la forma ideal de los puntos del signo generador correspondía a la configuración cónica con punta redondeada y altura de 0,5mm; de acuerdo a esto se continuó en el desarrollo del proyecto con esta matriz. Los resultados son plasmados en la **ilustración 63**.



Matriz impresa en resina forma  
cónica redondeada 0,5mm

Resultado escritura forma cónica redondeada  
0.5mm

*Figura 63:* Resultado prueba.

- **Cecógrafo**

Para realizar la escritura del código Braille se requiere de un instrumento que permita marcar los relieves de una manera clara y precisa, de este modo no entorpecer la lectura posterior del código. Por esta razón se ha dispuesto en la escritura del Braille tradicional, un punzón que genera relieves con ayuda de una matriz que posee el signo generador; sin embargo en este proyecto se dispuso trabajar con lo que se denominó cecógrafo, el cual no sólo tenía como función marcar correctamente los puntos, si no también brindar al usuario una experiencia de uso favorecedora que otorgara factores ergonómicos y antropométricos al realizar el agarre y la manipulación del punzón, con el fin de crear en el usuario sensaciones de comodidad y confort al desarrollar la tarea.

Inicialmente fue preciso determinar qué tipo de agarre era adecuado para manipular el cecógrafo y cuales dedos de la mano se involucraban en esta acción , en la **ilustración 64** se presentan los tipos de agarre que se pueden realizar con las manos, de igual manera en la clasificación que ahí se presenta se evidencia tres tipos de agarre principales, el primero denominado *agarre de contacto*, el segundo *agarre de coger* y un tercero, llamado *agarre de abarcar*, sin embargo en este caso en específico se evaluó únicamente el agarre de coger puesto que es el implicado en el agarre del cecógrafo, de igual, manera se determinó cuál de los tipos de agarres presentes era el adecuado para la manipulación.

El tipo de agarre seleccionado fue el de 3 dedos, debido a la explicación entregada por el profesor Henry Sierra Saba de la Escuela Taller para ciegos, que manifestaba que la forma ideal para sostener el cecógrafo es sujetando este con los dedos pulgar, índice y medio, y brindar un apoyo a la mano con los dedos anular, y meñique. (Sierra, 2018)



Figura 64: Tipos de agarres

Fuente: (Soto, 2009)

Posteriormente se plantearon alternativas de cecógrafos teniendo en cuenta tres conceptos que se evaluaron con el grupo de trabajo de la Escuela Taller para Ciegos, los cuales se describen a continuación:

- Interfaz: este concepto hace referencia al leguaje que contiene el cecógrafo el cual brinda la usuario las herramientas necesarias para deducir al tocarlo y en un sólo paso como es la forma de agarre propuesta en el diseño de éste
- Adaptabilidad: Se evaluó en qué medida el cecógrafo propuesto se adaptaba a la mano del usuario
- Ergonomía: Con este concepto se evaluó y determino la comodidad que generaba en el usuario cada cecógrafo en el momento de la manipulación de este.
- Ventaja mecánica: Hacer referencia a la fuerza ejercida al realizar la actividad.
- Facilidad de uso: Este concepto hace referencia a realizar un esfuerzo mínimo en la secuencia de uso.

Para la aplicación de las encuestas, no se le ordenó al grupo de trabajo realizar escritura alguna con estos cecógrafos, puesto que únicamente se estaba evaluando el agarre del mango y la forma.

El proceso que se llevó a cabo para realizar las encuestas consistió en entregar cada cecógrafo al grupo de trabajo y analizar el agarre que ellos efectuaban sobre este, para luego hacer preguntas enfocadas a los conceptos planteados con el fin de determinar cuál de todos los cecógrafos propuestos era viable desarrollar junto con el proyecto, las preguntas se presentan en el **anexo F**.

Tabla 8:

*Evaluación cecógrafos*

Alternativas	Fotografías	Concepto 1 Interfaz	Concepto 2 Adaptabilidad	Concepto 3 Ergonomía	Concepto 4 Ventaja Mecánica	Concepto 5 Facilidad de Uso	Total
cecógrafo 1		1	2	2	1	2	8
cecógrafo 2		2	2	2	2	3	11
cecógrafo 3		2	2	3	2	3	12
cecógrafo 4		3	3	3	4	3	16
cecógrafo 5		3	2	2	3	3	13
cecógrafo 6		3	3	3	3	4	16
cecógrafo 7		4	5	4	4	4	21
cecógrafo 8		3	3	4	4	4	18
cecógrafo 9		1	1	2	2	3	9

Al tabular los resultados se obtuvo que el cecógrafo el cual cumplía con el mayor porcentaje los conceptos planteados fuera el representado en la **ilustración 65** por tanto se determinara que este sería el cecógrafo a emplear en el desarrollo del proyecto.



*Figura 65:* Diseño cecógrafo seleccionado.

Posterior a evaluar el cecógrafo propuesto en la Escuela Taller para Ciegos se logró determinar, que la forma ergonómica y el peso liviano definido por el material en el que se propuso para la construcción del modelo funcional facilita la tarea de escribir por tiempos prolongados, además el tipo de agarre para el que estuvo diseñado otorga una ventaja mecánica a las acciones repetitivas de la muñeca al cecografiar cada uno de los caracteres del código, lo que implica que se eviten enfermedades y patologías que pudieran desarrollarse a largo plazo en las personas usuarias del sistema Braille.

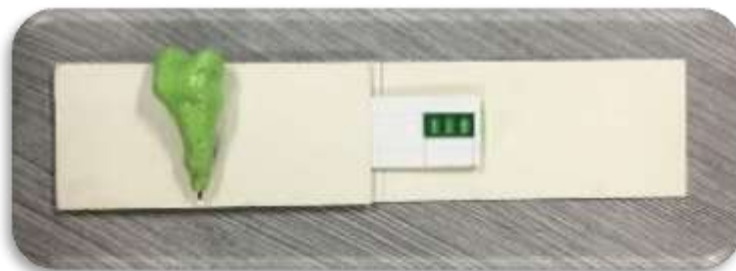
De igual manera la punta dispuesta, configurada por un cilindro hueco permite un estampado claro y preciso de los puntos del signo generador, de este modo se obtiene una escritura limpia y certera fácil de percibir táctilmente en la lectura de ellos.

Para la fabricación final del cecógrafo se planteó un modelado 3D para determinar las características puntuales de cada una de sus partes; el modelado puede visualizarse en la **ilustración 66**.



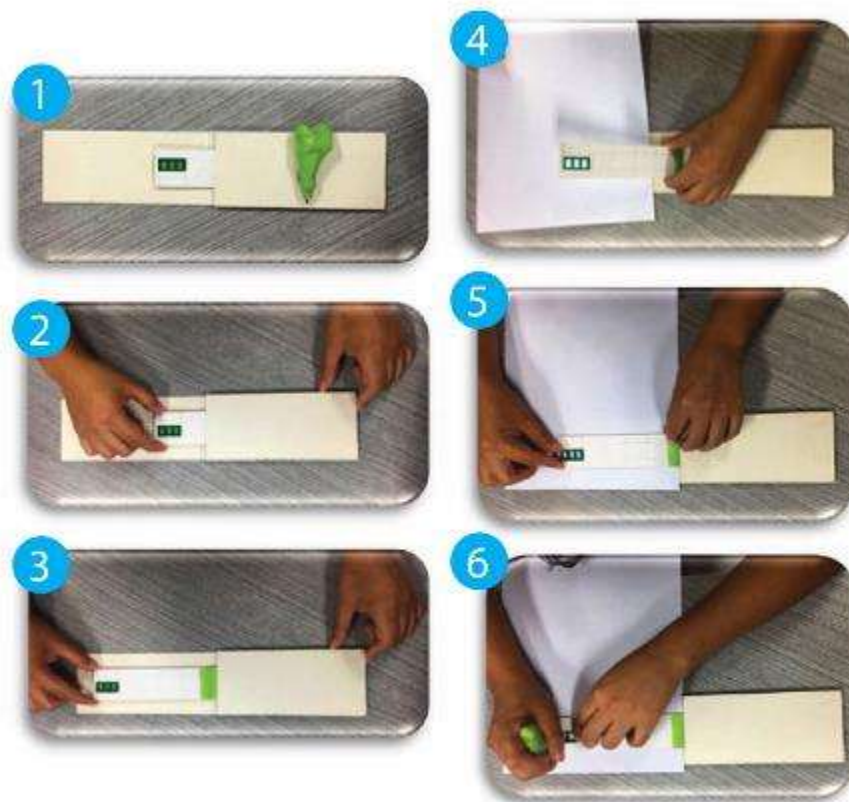
*Figura 66:* Cecógrafo diseñado. Autores

Al seleccionar el cecógrafo que cumpliera mejor con la tarea de escritura, se formuló una alternativa inicial, de modo que la persona ajustará una hoja de papel y escribirá palabras al azar con el fin de no sesgar su interacción con el dispositivo y darle libertad al invidente de manipulación de éste.



*Figura 67:* Cecógrafo seleccionado y dispositivo.

La primera propuesta corresponde a un dispositivo similar a una regleta Braille conformada por dos piezas y tres casillas, dichas piezas se unen por medio de un tipo de bisagra que determina el tamaño del papel, la hoja de papel se ajusta en medio de estas piezas, y el objetivo de esta propuesta radica en que por medio de un riel escondido como se muestra en la **ilustración 68**, la regleta permite el desplazamiento simultáneo de la matriz superior e inferior, además recorre el papel de tal manera que la persona invidente que escribe pueda leer inmediatamente lo que escribe, en esta alternativa se pretendió evaluar únicamente este punto, es decir que tan factible resultaría desplazar el conjunto de matrices a lo largo de la hoja



*Figura 68:* Secuencia de uso, alternativa 1.

Según (Sierra, 2018), después de realizar las pruebas se concluyó que la propuesta era viable para los miembros del grupo de trabajo de la Escuela Taller para Ciegos, esta alternativa generó en ellos expectativa al romper el paradigma ya establecido para la escritura y lectura del Braille, brindándoles la oportunidad de centrarse en una sola configuración de los caracteres, sumado a esto manifiestan que la opción de leer inmediatamente después de escribir, les proporciona la posibilidad de reducir errores en su escritura.

Posterior a esta evaluación se identificó que el riel propuesto generaba interferencia en la ubicación de la hoja de papel, por tanto se propuso un nuevo concepto en el que estuviera oculto el riel, para que de este modo al desplazar la matriz no se presentará dificultad en el movimiento de ésta, se construyó el siguiente modelado CAD **ilustración 69** y modelo **ilustración 70**, el cual fue evaluado teniendo en cuenta la ubicación y el descanso de la hoja de papel, proporcionándole una superficie de apoyo de mayor tamaño para de esa manera lograr una escritura fluida



*Figura 69:* Modelado CAD.



*Figura 70:* Modelo construido, alternativa 2.

Sin embargo se vio la necesidad de seguir evolucionando la alternativa de tal modo que se pudiera generar un paso que permitiera que al desplazar la regleta esta se moviera siempre con la misma distancia a lo largo de la hoja, esto se con el fin de lograr una escritura fluida y certera, por eso se propuso un riel en el que la regleta compuesta de igual manera por dos piezas, unidas por medio de una bisagra y con una matriz de tres casillas, la cual se desplazaría a lo largo de un riel dispuesto con un pasó que permitiría la escritura de un renglón completo donde los caracteres se distanciaban siempre en igual medida, como se aprecia en la **ilustración 71** de modelado CAD, en la **ilustración 72** correspondiente al modelo construido, de igual manera la ubicación de la hoja se modificó de tal modo que permitiera que la hoja quedara ajustada en un extremo del dispositivo con el fin de evitar errores con el movimiento no controlado del papel.



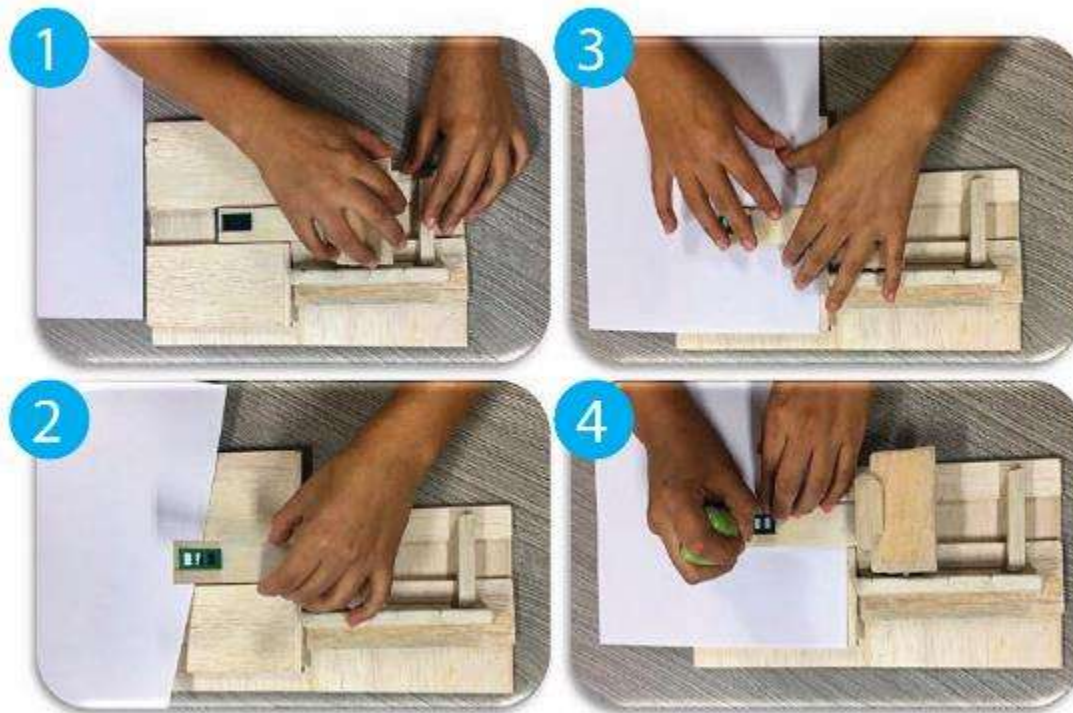
*Figura 71:* Modelado CAD, alternativa 3.



*Figura 72:* Modelo construido, alternativa 3.

El modo de uso de este dispositivo se planteó de la siguiente forma: la hoja de papel va ajustada en la parte derecha de este, justo en medio de las dos piezas unidas por una bisagra oculta, va la hoja de papel, el paso está diseñado para ser activado por medio de un movimiento de la muñeca de tal forma que se estableció una saliente compuesta por una pieza adicional que se ajusta a la

forma de la mano y facilita la activación del paso, en la siguiente grupo de imágenes se explicará cómo fue propuesta la secuencia de uso.



*Figura 73:* Secuencia de uso alternativa 3.

De igual manera para establecer que los puntos generados en la matriz se marcaran de una forma clara y contundente se propuso la elaboración en detalle de las matrices, en un material metálico, al requerirse de una precisión y un nivel de detalle bastante alto se optó por seleccionar procesos de joyería para la construcción de esta, por tanto se vio factible utilizar la cera perdida, a partir de una impresión en resina como se observa en la siguiente secuencia de imágenes.



Figura 74: Impresión en resina.



Figura 75: Obtención de moldes para fundición mediante cera perdida.



Figura 76: Resultado en bronce de la fundición. Autores

Al evaluar esta alternativa en la Escuela Taller para Ciegos, se concluyó que la pieza que genera el movimiento del pasó se encuentra muy alejada de la matriz, y como al escribir en Braille, se

utilizan el dedo índice de la mano que no sujeta el cecógrafo como guía, esa distancia interfiere con la escritura puesto que la postura de la mano no es favorable y presenta molestias en la persona que la ejecuta, en la **ilustración 77**, se evidencian las diferentes posiciones.



*Figura 77:* Usuario usando, modelo diseñado, alternativa 3.

Por otro lado, el paso propuesto, pese a que cumple su tarea a cabalidad presenta fricción, por tanto vuelve discontinuo el proceso de escritura.

En este punto del proceso de diseño y posterior a la observación de los movimientos de la muñeca en el momento de la escritura, se propuso que la pieza que guiaría el paso se activará con el movimiento natural de la mano de tal forma que asemeje los movimientos que realiza una persona que escribe con tinta, es decir con esta propuesta se reduce la brecha de la discapacidad acercando el método de escritura al método convencional de las personas videntes, por tanto se propuso un modelo funcional, compuesto una matriz de una sola celda y que se desplaza en simultáneo con su contraparte superior, de tal manera que después de escribir un código, se desplace con la fuerza proporcionada por la muñeca.

La matriz única se modeló en un programa CAD, (solidworks) **ilustración 78**, con el fin de imprimirla en resina, de igual manera por medio del proceso de cera pérdida generar un molde en resina **ilustración 79**, para su producción en detalle.

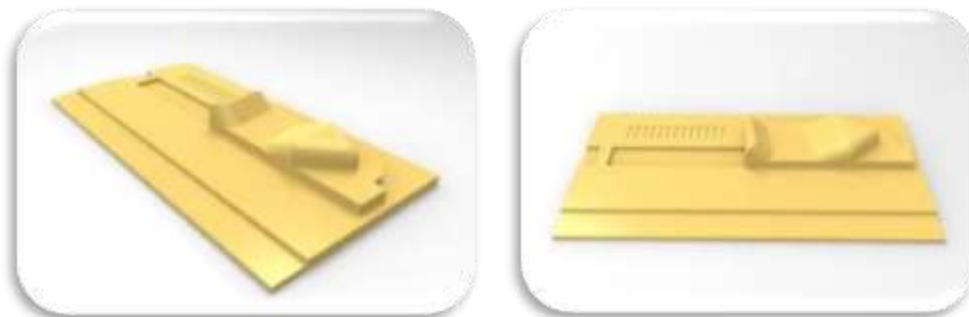


*Figura 78:* Impresión en resina.



*Figura 79:* Resultado en bronce.

Para determinar la postura de la muñeca y la posición exacta donde debe ubicarse la matriz para que no genere molestias e incomodidades en el usuario, se propuso la alternativa número cuatro **ilustración 80**, con el objetivo de realizar pruebas de funcionalidad en la Escuela Taller para Ciegos.



*Figura 80:* Modelado CAD, alternativa 4.

Al construir el modelo, se llevó a la Escuela Taller para Ciegos donde los miembros del grupo de trabajo interactuaron con ella indicaron en qué lugar se debía ubicar la matriz, de igual modo se propuso aquí al asemejar la escritura del Braille con la escritura con tinta, en las imágenes presentadas a continuación se observa el modelo funcional y la ubicación de la mano respecto a la posición de la matriz.



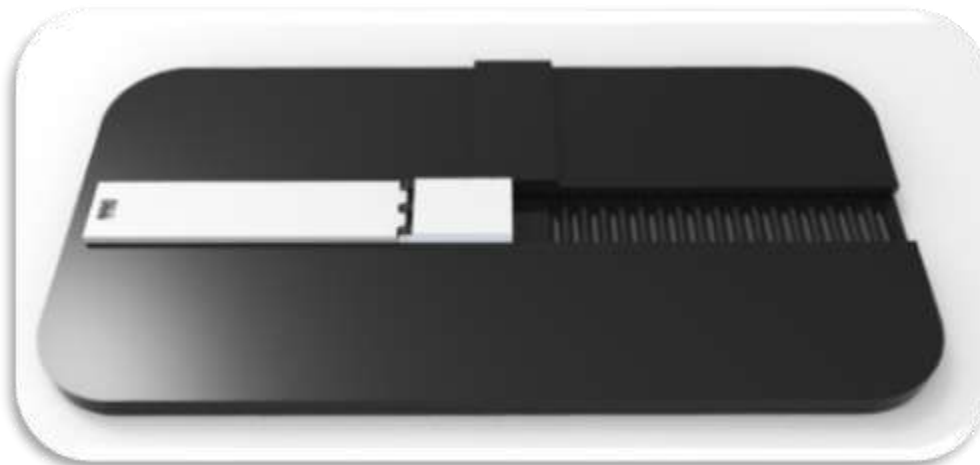
Figura 81: Modelo construido, alternativa 3.



Figura 82: Implementación alternativa 3.

Sin embargo, al validar el modelo se determinó que la pieza diseñada para accionar el movimiento de la matriz a lo largo del riel, entorpecía la acción de escritura de los caracteres Braille, debido a que su ubicación interfería con la ubicación del papel, por tanto, se propuso eliminar dicha superficie de apoyo, y en lugar de ella establecer un método de movimiento de la matriz sin necesidad de piezas extras que entorpecieran el trabajo.

A consecuencia de la observación del problema encontrado, se diseñó un modelo descrito a continuación y visualizado en la **ilustración 83**, el cual fue implementado en la escuela taller para ciegos y constituido por dos pizas unidas por medio de una articulación establecida por la elasticidad del material del que está compuesta, dicha articulación a manera de pinza, sustituyó la bisagra propuesta previamente, ya que ésta no proporcionaba seguridad de precisión al abrir y cerrar las piezas, pues se desplazaban y se desalineaban en el momento de ubicar el papel que estaba dispuesto en medio de ellas.



*Figura 83:* Diseño alternativa final.

Además, el dispositivo contaba con un riel y un paso determinado por un mecanismo de cremallera el cual permitía que la matriz ubicada en el extremo de cada una de las piezas antes descritas se desplazase a lo largo del papel la misma distancia en todas las ocasiones, permitiendo así una escritura fluida y certera de los caracteres del código Braille.

Teniendo en cuenta el inconveniente presentado anteriormente relacionado con la obstaculización en el papel, se diseñó un dispositivo que al igual que la anterior propuesta sólo tuviese una celda, con el objetivo de lograr que al avanzar la matriz a lo largo del riel que recorría la hoja, fuera posible leer cada letra inmediatamente después de ser escrita, pero con la diferencia de establecer un modo de movimiento que no interfiriera con la escritura, el cual consistía en accionar el riel por medio del dedo índice; como se constata en la **ilustración 84** esto debido a que las personas en condición de discapacidad visual utilizan este dedo para guiarse posicionándolo en la parte superior de la matriz, lo que permitía que con esa ubicación fuera sencillo, o en su defecto activar el movimiento con la punta del punzón, tal como se demuestra en la **ilustración 85**.



*Figura 84:* Accionamiento del riel con ayuda del dedo índice.

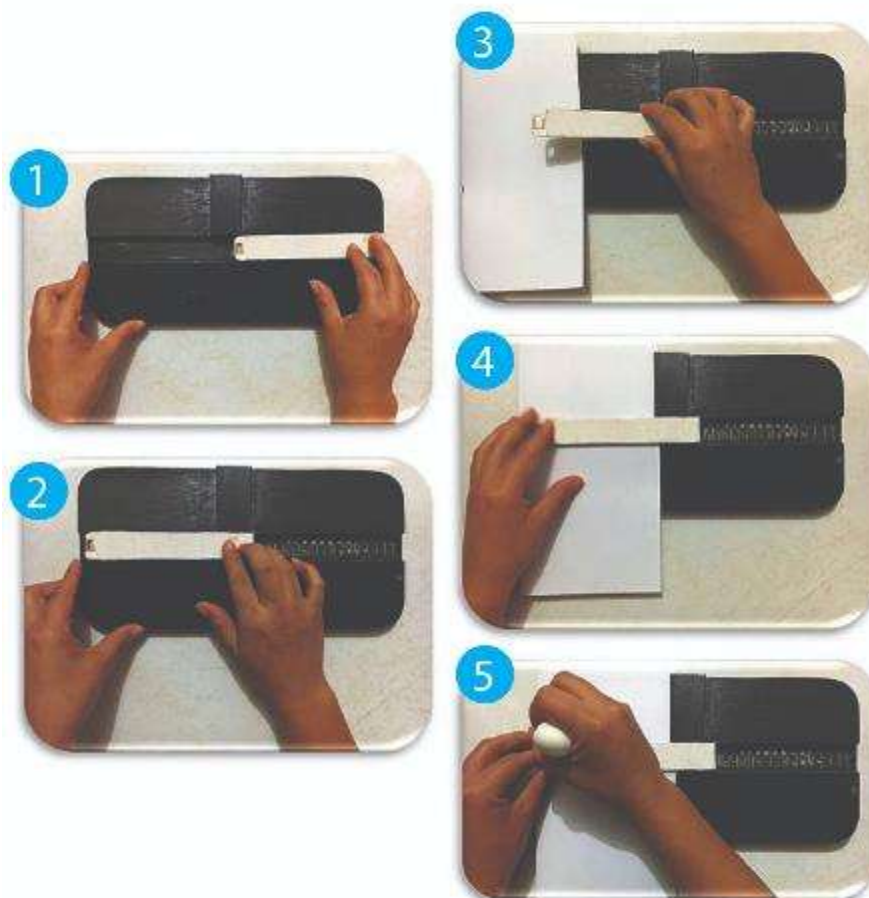


*Figura 85:* Accionamiento del riel con ayuda del punzón.

En cuanto a la posición del papel se dispuso una ranura en dónde pudiese fijarse, y de este modo evitar imprecisiones en el orden de los renglones escritos, de igual manera el accionamiento relativo a cambiar de una línea a otra se estableció de forma manual, de tal modo que al terminar una línea de escritura, la persona con discapacidad visual, por medio del tacto pudiera guiarse para determinar en donde finalizó, desplazar el papel y empezar inmediatamente la escritura de una nueva línea sin sobrescribir encima de lo ya plasmado.

La secuencia de uso establecida para el funcionamiento del dispositivo se propuso de tal manera que la hoja fuera ajustada en medio de las piezas que contenían la matriz y por medio de un movimiento del riel y con ayuda del cecógrafo se obtuviera la escritura letra por letra y la lectura

de cada una de ellas en el mismo momento, esta secuencia antes descrita se observa en la **ilustración 86**.

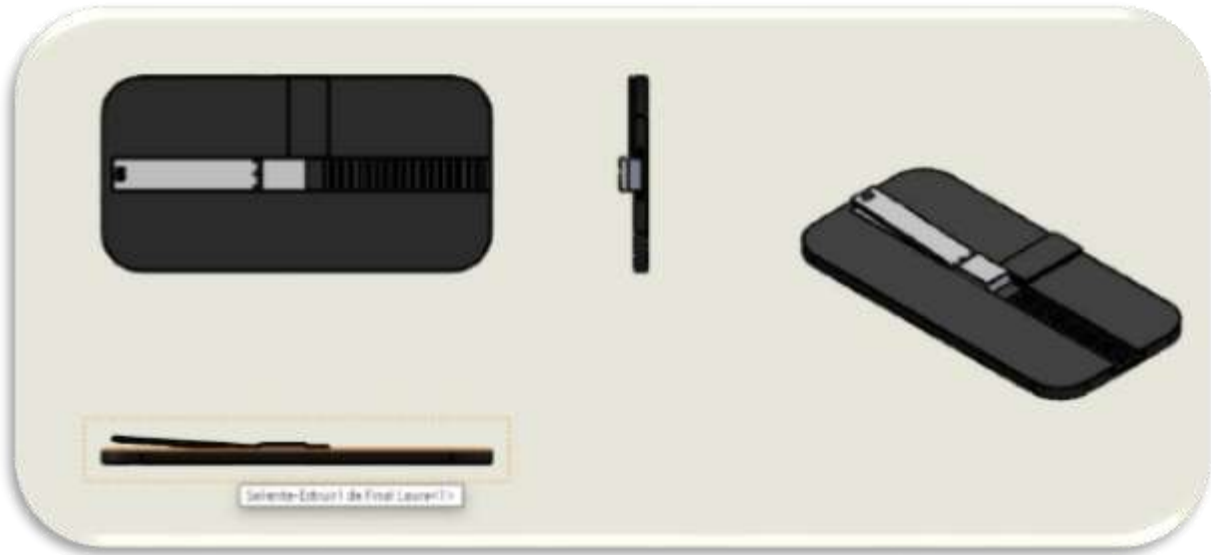


*Figura 86:* Diagrama de uso, alternativa final.

Para la construcción del modelo funcional final, se propusieron materiales resistentes con superficies lisas que disminuyeran la fricción, por lo tanto se eligió trabajar con láminas de acrílico de 4 mm para la estructura que soporta el riel y la matriz generadora que fue fabricada en bronce por medio del proceso de inyección del metal en cera perdida.

Las propiedades del material facilitan el movimiento del mecanismo y permiten que se desarrolle con fluidez y seguridad.

En la **ilustración 87** se establecen vistas del modelo funcional, con el objetivo de visualizar características y detalles del dispositivo propuesto



*Figura 87:* Vistas modelo funcional.

**4.3.2 Se validó dispositivo final y se puso en práctica teniendo en cuenta factores de funcionalidad, ergonomía e interfaz con usuarios de la Escuela Taller para ciegos** La validación de este dispositivo se llevó a cabo en la escuela taller para ciegos, donde el grupo de trabajo interactuó con él para lograr inicialmente un reconocimiento formal de este, y posterior a ello asimilar la propuesta de uso y realizar escritos.

Los factores de interfaz del usuario con el dispositivo fueron claros y asimilados por el grupo de trabajo, donde desarrollaron la actividad según el diseño plateado. En la **ilustración 88**, se observa el proceso de escritura del usuario con ayuda del cecógrafo y dispositivo diseñado.



*Figura 88:* Reconocimiento formal del dispositivo.

Los resultados observacionales arrojaron de manera satisfactoria conclusiones afines a la solución del problema de diseño planteado en este proyecto, puesto que se consiguió que la escritura y la lectura se realizará en el mismo sentido, de igual manera se resolvió la imposibilidad que se presentaba en la regleta tradicional de leer lo que se escribía, ya que gracias al desplazamiento de la matriz a lo largo del papel, puede leerse inmediatamente después de escribir, esto quedó registrado en las tomas fotográficas realizadas durante la aplicación de la validación del dispositivo y se plasman a continuación **ilustración 89**.



*Figura 89:* Secuencia de escritura durante validación.

La validación ergonómica se llevó a cabo previamente en la selección del cecógrafo consignado en el capítulo 5.2.4 y 5.3.1 en dónde se seleccionaron conceptos y se realizaron alternativas seguidas de pruebas de validación correspondientes al cecógrafo diseñado.

Sin embargo se diseñó un formulario con dos opciones de respuesta donde 1 correspondía a *NO* y 2 a *SI*, de tal modo que al generar preguntas dicotómicas descritas a continuación, se obtuvieran resultados en cada uno de los parámetros planteados, correspondientes a factores ergonómicos, funcionales y de interfaz.

Tabla 9:

*Evaluación*

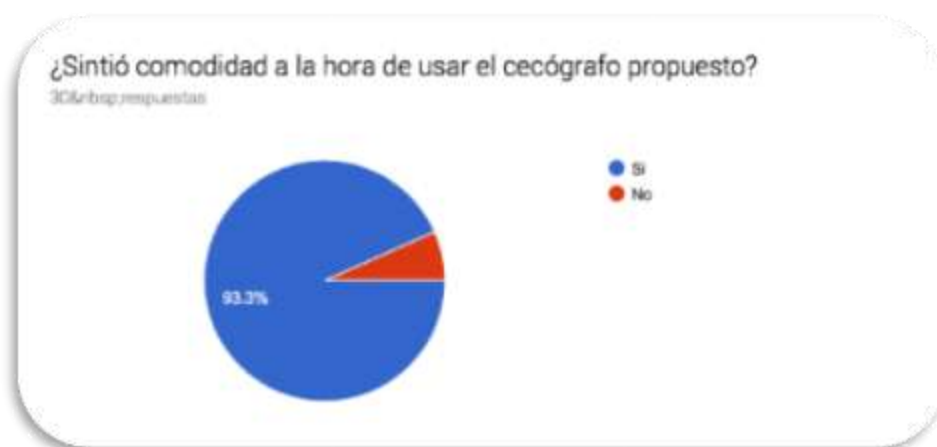
Factor	Pregunta	Usuario				
		1	2	3	4	5
Ergonómico	¿Sintió comodidad a la hora de usar el cecógrafo propuesto?					
	¿Pudo manipular de manera fácil el cecógrafo propuesto?					
	En caso de escribir por jornadas prolongadas; ¿El peso del cecógrafo propuesto le pareció el adecuado?					
	¿La ventaja mecánica proporcionada por el tipo de agarre dispuesto para la aprensión del cecógrafo, le permitió reducir la fuerza necesaria para el estampado de cada punto?					
Funcional	¿Fue fácil lograr el cambio de una letra a otra?					
	¿Fue certero el cambio de una letra a otra, es decir siempre pudo controlar el paso y acertó en desplazar exactamente la misma posición cada vez que así lo quiso?					
	¿Pudo percibir de manera clara cada uno de los puntos estampados?					
Interfaz	¿Determinó en qué lugar y de qué manera debía ubicarse el papel?					
	¿Determinó de manera cómo debía activarse el mecanismo del riel para lograr el paso de una letra a otra?					
	¿Determinó rápidamente de qué manera debía ser el agarre del punzón?					

Para el desarrollo del formulario diseñado, fue fundamental reunir personas con conocimientos previos sobre Braille, para ellos se contó con el grupo de trabajo de la Escuela Taller para Ciegos

y algunos familiares de los asistentes a esta escuela, para un total de 30 personas invidentes y videntes encuestadas. Los resultados de esta información se encuentran en el **anexo G**.

La encuesta se llevó a cabo por medio de la plataforma “google formularios”, en donde se formulaba cada una de las preguntas dictadas con la ayuda de un lector para su mayor comprensión. A continuación se muestran los resultados de las encuestas en porcentajes.

- **Ergonómicos**



*Figura 90:* Ergonómica 1.

La **gráfica 1** demuestra que la propuesta de configuración del cecógrafo genera comodidad en los usuarios durante el desarrollo de la tarea, esta particularidad representa una experiencia amena para la persona en condición de discapacidad visual

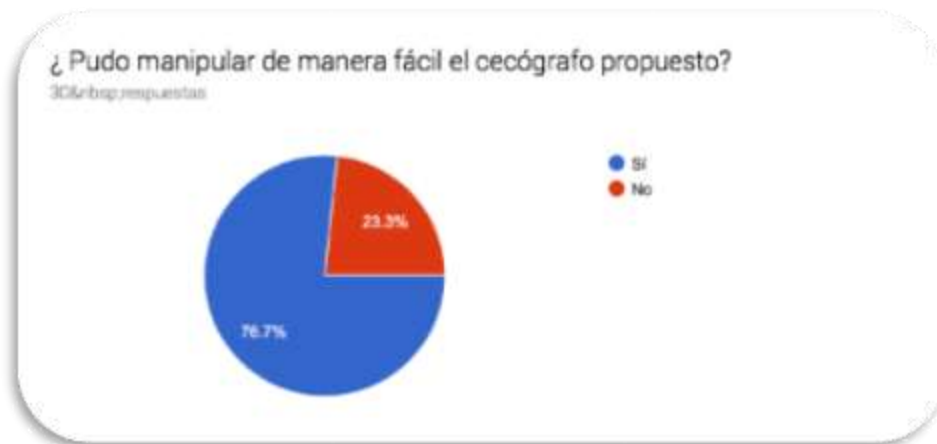


Figura 91 Ergonómica 2.

La manipulación del cecógrafo facilita el desarrollo exitoso de la tarea, por tanto al determinar los resultados de la validación y encontrar el porcentaje descrito en la **gráfica 2**, puede afirmarse que la propuesta de diseño del cecógrafo simplifica la aprensión de este y favorece el proceso de escritura del sistema Braille

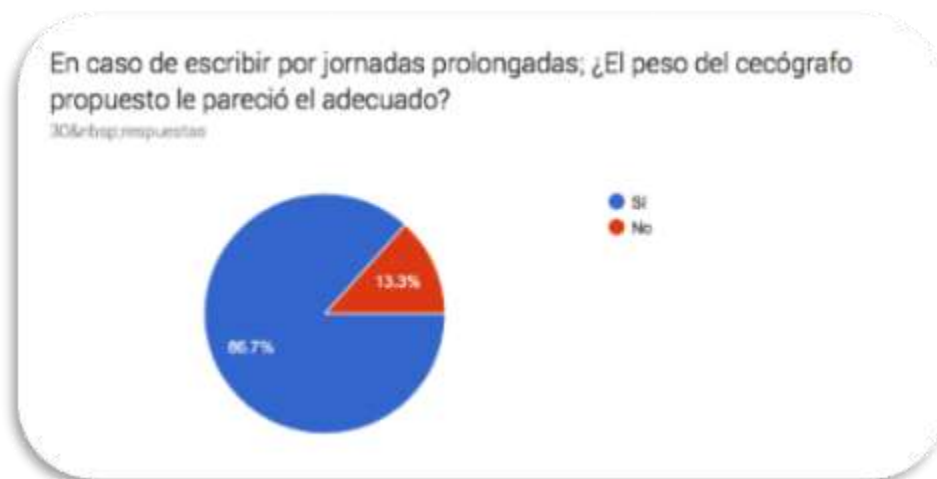


Figura 92: Ergonómica 3.

En la **gráfica 3**, se plasman los resultados de porcentaje que evidencian que los usuarios perciben liviano el cecógrafo, y no representa en ellos molestía alguna si deben enfrentarse a largas jornadas de escritura.



*Figura 93:* Ergonómica 4. Autores

La configuración del cecógrafo permite que la aprensión de este, represente una ventaja mecánica en la realización de la tarea, en la **gráfica 4**, se visualiza el porcentaje que explica que los usuarios del código pueden reducir la fuerza ejercida en el marcado de cada uno de los puntos evitando así futuras repercusiones negativas en su salud.

- Funcionales

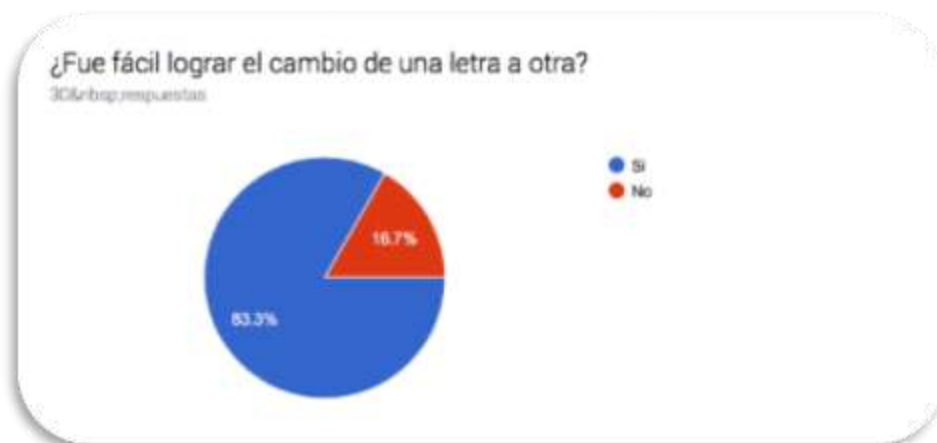


Figura 94: Funcional 1.

El diseño del riel y el paso por medio del mecanismo de cremallera propuesto, refleja en la **gráfica 5**, la facilidad de realizar el cambio de una letra a otra expresado por los usuarios encuestados.

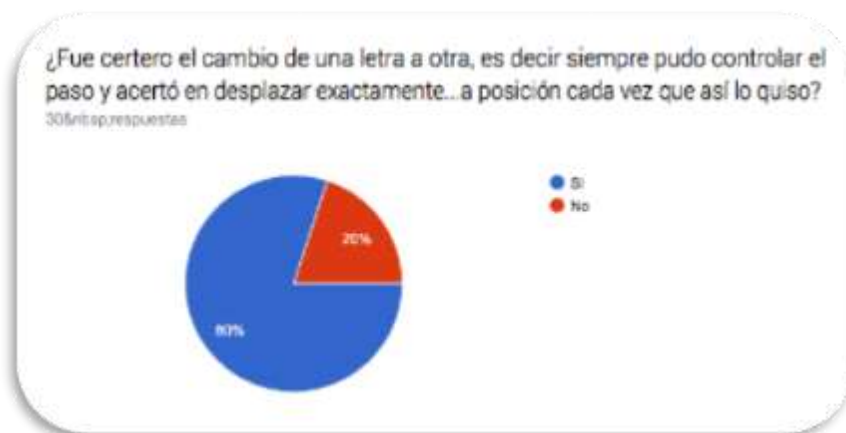


Figura 95: Funcional 2.

El mecanismo de cremallera diseñado para el avance de la matriz en el dispositivo, es certero y se evidencia en la **gráfica 6**, es decir permite que el usuario controle fácilmente el desplazamiento de la matriz a lo largo de la hoja, lo que permite que se guarde siempre la misma distancia entre letra y letra, y entre palabra y palabra.



Figura 96: Funcional 3.

La altura y forma de los puntos de la matriz, permiten que el cecografiado se realice de una manera clara y no genere interferencias ni confusiones en su percepción, esto queda registrado en la **gráfica 7**, donde el alto porcentaje de favorable apreciación de los caracteres generados, evidencia que las decisiones previas basadas en la investigación e indagación, fueron acertadas.

- Interfaz

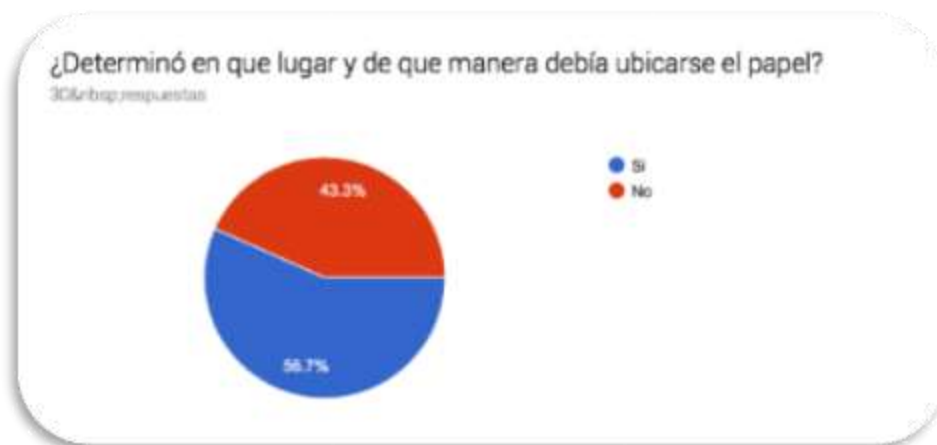
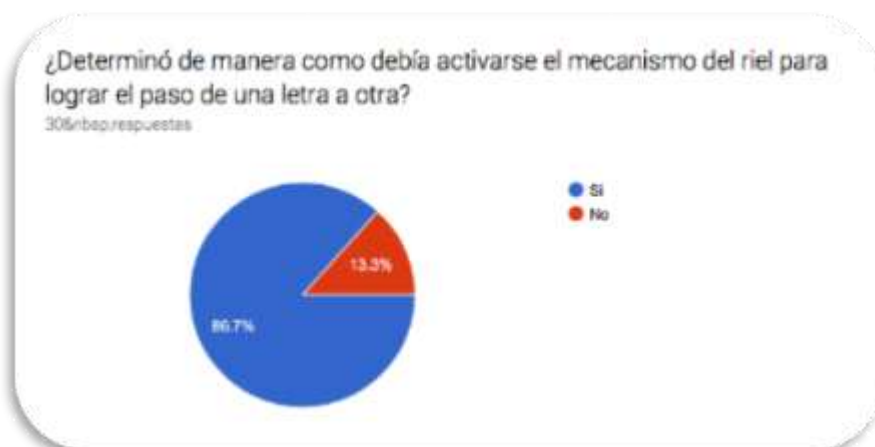


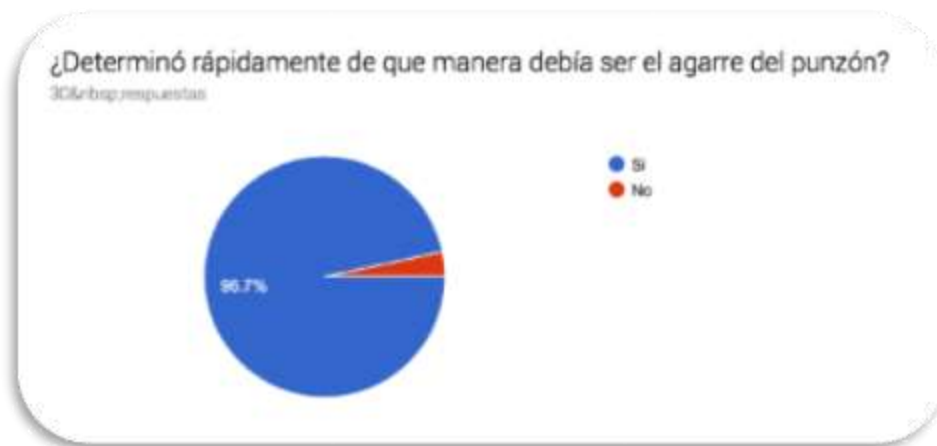
Figura 97: Interfaz 1.

En este punto se obtuvo como resultado, un porcentaje descrito en la **gráfica 8** evidencia que la ubicación del papel en algunos casos genera confusiones en el usuario, sin embargo al cuestionarlos manifestaron que aunque es claro el lenguaje de uso, podría reforzarse con iconos braille que representen la ubicación del papel, y el cambio de un renglón a otro.



Gráfica 1: Interfaz 2.

Teniendo en cuenta que la posición del dedo índice se ubica sobre el signo generador con el fin de guiarse por medio de este en la escritura de los caracteres, los usuarios evidenciaron lo propuesto en el diseño del dispositivo referente al accionamiento del mecanismo por medio de este dedo, este porcentaje resultante se plasma en la **gráfica 9**.



Gráfica 2: Interfaz 3.

La configuración del cecógrafo, y los principios ergonómicos y antropométricos dispuestos en su construcción y diseño representan un lenguaje claro de agarre en los usuarios en condición de discapacidad visual en la **gráfica 10**, se registra el porcentaje resultante referente a este interrogante y permite visualizar que se acertó en la propuesta del cecógrafo.

## 5. Conclusiones

En el desarrollo de este proyecto se plantearon alternativas de solución al problema presente en el método de lectoescritura actual del sistema Braille, puesto que este implica que las personas en condición de discapacidad visual realicen un doble proceso de aprendizaje debido a que la escritura se realiza en un sentido inverso al de la lectura.

Partiendo de esto, se estableció un contacto directo con la Escuela Taller para Ciegos que es la única entidad del área metropolitana de Bucaramanga enfocada en la enseñanza de este sistema; ahí se organizó un grupo de trabajo compuesto por miembros videntes e invidentes, con el objetivo de realizar pruebas de validación de conceptos y de modelos funcionales.

A lo largo del desarrollo del proyecto se fueron detectando aspectos puntuales que agrupados componían en sí, todo el problema planteado, por tanto fue necesario enfocarse en cada uno de ellos para encontrar una solución global y plantear un dispositivo que resolviera el problema.

Fue indispensable identificar qué factores actuaban en el proceso de lectoescritura del sistema Braille, de modo que se trabajó en cada uno de ellos, iniciando por la forma de los puntos del signo generador, pasando por su altura, tamaño y configuración, hasta culminar con la forma ergonómica propuesta para el cecógrafo, la cual facilita el aprestamiento y manipulación de este; su peso reduce la molestia de una escritura prolongada y la ventaja mecánica que aporta su configuración evita el riesgo de enfermedades a largo plazo por la constante repetición de movimientos y posturas a los que se somete la muñeca durante la realización de la tarea.

De igual manera se definieron conceptos técnicos, tales como cecógrafo referido a la herramienta diseñada para el estampado inverso de los puntos, y el de cecografía inversa referente al proceso de escritura que se realiza en el mismo en el sentido de la lectura del Braille.

Después de todo el proceso de investigación y observación que se llevó a cabo, se logró la construcción de un dispositivo que no sólo permite que la escritura y la lectura del Braille se realicen en el mismo sentido, si no también le otorgó la posibilidad a las personas en condición de discapacidad visual usuarios del sistema, que pudiesen leer cada uno de los códigos plasmados inmediatamente después de escribirlos, y agregado a ello se propuso una manera de desplazar la matriz generadora de modo similar a la escritura que se realiza en tinta, de tal modo que la escritura del Braille pueda realizarse de una manera continua y fluida.

El proyecto de investigación concluye con un artefacto que permite escribir manualmente el código Braille, en el mismo sentido en el que se lee. Se evidencian varias innovaciones:

- Matriz inferior y superior que se desplazan simultáneamente
- Estampado inverso de puntos en relieve mediante un cecógrafo ergonómico
- Cecógrafo ergonómico con ventaja mecánica
- Una sola matriz que se desplaza horizontalmente en la hoja, mediante un paso que determina la separación entre caracteres, Esto permite leer inmediatamente el carácter estampado y si es necesario corregir el error.
- Formas cónicas de la matriz inferior que permiten un estampado de alta resolución.
- Remate cilíndrico del cecógrafo

## **6. Recomendaciones**

Se recomienda implementar este dispositivo no sólo en la Escuela Taller para ciegos, si no a nivel regional, nacional y global, puesto que gracias a que el código Braille en todo el mundo guarda las mismas características de escritura, es pertinente incentivar su uso para de esta manera reducir el proceso de aprendizaje del código y establecer un único sistema en el que no sea necesario memorizar los caracteres y su reflejo, esperando que las actividades y el tiempo para la aprendizaje de la lectura y escritura del sistema Braille se reduzcan en un 50 %.

Se recomienda a la Escuela Taller para Ciegos de Bucaramanga, gestionar la evolución de la propuesta y concluir con el dimensionamiento, materiales y procesos de manufactura para producción en serie.

### Referencias Bibliográficas

- Abraldes, J. (07 de 10 de 2014). *Blog personal*. Recuperado el 02 de 11 de 2017, de Blog personal: [http://joseabraldes.blogspot.com.co/2014/10/recuerdos-inolvidables-de-armando\\_2.html#comment-form](http://joseabraldes.blogspot.com.co/2014/10/recuerdos-inolvidables-de-armando_2.html#comment-form)
- Alfonso Cétares, C. C. (2005). *Universidad Javeriana*. Recuperado el 21 de 10 de 2017, de Universidad Javeriana: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis85.pdf>
- Angulo, J. M. (04 de 05 de 2014). *Agrega educación*. Recuperado el 26 de 09 de 2017, de Agrega educación: [http://agrega.educacion.es/repositorio/22052014/28/es\\_2014052212\\_9151631/la\\_mquina\\_perkins\\_definicion\\_elementos\\_y\\_funcionamiento.html](http://agrega.educacion.es/repositorio/22052014/28/es_2014052212_9151631/la_mquina_perkins_definicion_elementos_y_funcionamiento.html)
- Assistive Technology Australia. (2012). *aust*. Recuperado el 02 de 11 de 2017, de aust: <https://at-aust.org/items/2885>
- Bastos, M. (02 de 11 de 2017). Licenciada Pedagógica. (L. Guevara, Entrevistador)
- BBC. (31 de Enero de 2016). *BBC Mundo*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de BBC Mundo: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160125\\_escribir\\_a\\_mano\\_cerebro\\_finde\\_dv#orb-banner](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160125_escribir_a_mano_cerebro_finde_dv#orb-banner)
- Colombiave. (02 de 11 de 2017). Colombia Ve. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Comisión Braille Española. (23 de 12 de 2013). *Once*. Recuperado el 27 de 09 de 2017, de Once: <http://www.once.es/new/servicios-especializados-en-discapacidad-visual/braille/documentos/DOCUMENTO%20TECNICO%20B2%20SIGNOGRAFIA%20BASICA%20>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (04 de 06 de 2010). *DANE*. Recuperado el 23 de 09 de 2017, de DANE: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/inform\\_estad.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/inform_estad.pdf)
- Diccionario de la lengua española. (2018). *Word Reference*. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de Word Reference: <http://www.wordreference.com/definicion/cecograf%C3%ADa>

Etaci. (12 de 05 de 2015). *Escuela Taller para Ciegos*. Recuperado el 17 de 10 de 2017, de Escuela Taller para Ciegos: <https://etaci2017.wixsite.com/misitio/galeria>

Guevara, E. (1998). *Sistema Braille Tutorial Para Aprendizaje de Lectura*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

International Council for Education of People with Visual Impairment. (01 de 2009). *Icevi*. Recuperado el 02 de 11 de 2017, de Icevi: <http://icevi.org/pdf/educador-jan-2009-spanish.pdf>

Nación. (22 de 05 de 2017). *El Tiempo*. Recuperado el 24 de 09 de 2017, de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/poblacion-en-condicion-de-discapacidad-y-sus-necesidades-en-colombia-90880>

Once. (2017). *Centro de investigación, desarrollo y aplicación tiflotécnica*. Recuperado el 10 de 11 de 2017, de Centro de investigación, desarrollo y aplicación tiflotécnica: <http://cidat.once.es/home.cfm?excepcion=52&idproducto=729&idseccion=02>

Real Academia Española. (2017). *RAE*. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de RAE: <http://dle.rae.es/?id=UjqH8h6>

Sayago, M., & Guevara, L. (Diciembre de 2017). Diseño y construcción de un dispositivo que permita simplificar la tarea de escribir en Braille enfocado a usuarios con conocimientos previos sobre los métodos de enseñanza para la lectoescritura en este sistema. *MODO*. Bucaramanga, Santander, Colombia.

Sierra, H. (Enero de 2018). Aprendizaje Braille. (L. Guevara, & M. Sayago, Entrevistadores)

Soto, G. (01 de Agosto de 2009). <https://es.slideshare.net/gusoto/hapticidad>. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <https://es.slideshare.net/gusoto/hapticidad>: <https://es.slideshare.net/gusoto/hapticidad>



## Apéndices

### Apéndice A, de encuesta realizada.

#### Encuesta N° 1

1. ¿Es capaz de leer en Braille?  
Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
2. De las opciones presentadas, ¿en cuál percibe de manera clara la letra indicada por el encuestador?
3. De las opciones presentadas, ¿en cuál percibe de manera clara la palabra indicada por el encuestador?
4. De las opciones presentadas, ¿en cuál percibe de manera clara la toda la oración? Indique que dice.
5. ¿Cuál tamaño de letra considera apropiado para percibir de manera correcta y clara la escritura del Braille?

## Apéndice B Encuesta realizada:

### Encuesta N° 2

A continuación se realizará una prueba de lectura Braille donde el usuario debe evaluar tres formas diferentes del punzón (redondo, cónico, cuadrado) seleccionando la forma que percibe con mayor facilidad.

Esta prueba está diseñada en miras de desarrollar el proyecto de grado titulado: *DISPOSITIVO PARA LA ESCRITURA MANUAL DEL SISTEMA BRAILLE EN EL MISMO SENTIDO EN EL QUE SE LEE.*

1. ¿De 1 a 10, siendo 1 muy bajo y 10 muy bueno, que conocimientos tiene del Braille?
2. De las opciones presentadas, ¿Cuál forma percibe de manera clara la letra indicada por el encuestador?
  - a) Redondo
  - b) Cónico
  - c) Cuadrado

¿Por qué?

**Apéndice C, encuesta realizada:**

**Encuesta N° 3**

1. ¿Considera pertinente la implementación de este método de escritura del Braille?
2. ¿Qué dificultades presentó a lo largo de la realización de la prueba?
3. ¿Qué sugerencias puede plantear en cuando al tema del método de escritura Braille, de escribir borrando?
4. ¿La diferencia de tiempo que le toma la escritura del Braille marcando puntos en comparación con la de borrado de los mismos, le parece similar?

**Apéndice D, encuesta realizada:**

**Encuesta N° 4**

1. ¿Tuvo dificultad para escribir por medio de lo que se ha denominado cecografía inversa?
2. ¿Después de probar los dos métodos, cual prefiere?
3. ¿Evidencia alguna ventaja al escribir por medio de cecografía inversa?
4. ¿Cree pertinente convertir el método de cecografía inversa como la forma de escritura regular del Braille?

**Apéndice E, encuesta realizada:****Encuesta N° 5**

A continuación se realizará una prueba de escritura y lectura Braille donde el usuario debe evaluar las tres formas diferentes del sistema Braille en una regleta pre-diseñada junto con un punzón, seleccionando la forma más definida y clara en la percepción táctil.

Esta prueba está diseñada en miras de desarrollar el proyecto de grado titulado: *DISPOSITIVO PARA LA ESCRITURA MANUAL DEL SISTEMA BRAILLE EN EL MISMO SENTIDO EN EL QUE SE LEE.*

1. ¿Qué forma es más agradable al tacto antes de la escritura?
2. ¿Cómo se siente al usar el punzón?
3. Durante la escritura ¿qué forma le fue más agradable al escribir?
4. Después de escribir ¿Cuál forma se percibe mejor al tacto?
  - a) Redondo
  - b) Cónico
  - c) Cuadrado

¿Por qué?

**Apéndice F, encuesta realizada:**

**Encuesta N° 6**

De 1 a 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta, responda:

1. ¿Al utilizar el cecógrafo comprendió el agarre adecuado para el cual fue diseñado? (Al final de la prueba se le indica a la persona como estaba diseñado)
2. ¿Qué tan cómodo resultó el agarre del cecógrafo?
3. ¿Cómo percibió ergonómicamente la comodidad del cecógrafo luego de usarlo?

