

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINI

**“DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA
LA ENSEÑANZA DEL LENGUAJE BRAILLE EN EL ESTADO DE
CAMPECHE”**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

**EGRESADO:
EDUARDO EMMANUEL ARENAS INTERIAN**

**ASESORES:
DRA. YAQUELINE PECH HUH
DR. JOSE LUIS LIRA TURRIZA**

Calkiní, Campeche, México 2024



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche **07/03/2025**
P/03/25/615

INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. EDUARDO EMMANUEL ARENAS INTERIAN 7251
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES.
PRESENTE

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director DRA. YAQUELINE PECH HUH, y el co-director DR. JOSE LUIS LIRA TURRIZA, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: "**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA ENSEÑANZA DEL LENGUAJE BRAILLE EN EL ESTADO DE CAMPECHE**".

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría, Fortaleza de Nuestra Cultura®

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINI
"DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES"
CLAVE: 04MSU0013P
CALKINI, CAMPECHE, MEXICO.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 996-8134870,
e-mail: se_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



DEDICATORIAS

A mis asesores, la Dra. Yaqueline, el Dr. José Luis y al Dr. José Manuel:

Sus orientaciones han sido una guía luminosa en el arduo camino de la carrera académica. A la Dra. Yaqueline Pech, gracias por su paciencia y por compartir su vasto conocimiento, siempre dispuesta a responder mis dudas y a ofrecerme su apoyo incondicional. Al Dr. José Luis Lira, por su crítica constructiva y su incansable búsqueda de la excelencia, que me ha motivado a superarme en cada paso del proceso. Al Dr. José Manuel Lira, por su constante ánimo y por enseñarme a ver más allá de los detalles, enfocándome en el panorama general y la importancia de cada componente de este trabajo. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para la realización de esta tesis.

A mi familia:

Con profunda gratitud y amor, dedico este trabajo a mi familia, que ha sido mi roca y mi fuente inagotable de apoyo a lo largo de esta travesía académica. A mis padres, cuya dedicación y sacrificio han sido la base sobre la cual he construido mis sueños. Gracias por su amor incondicional, por enseñarme el valor de la perseverancia y el esfuerzo, y por estar siempre a mi lado en cada paso del camino. Su fe en mí me ha dado la fuerza para superar los desafíos y alcanzar este logro.

A mis hermanos, por su comprensión y aliento constante. sus palabras de ánimo y apoyo inquebrantable me han brindado la motivación necesaria para seguir adelante. Gracias por estar ahí para celebrar mis victorias y para levantarme en los momentos de dificultad. Su compañía y cariño han sido esenciales para mi bienestar emocional y mental durante este proceso.

A mi mejor amiga Ana Cristina

Gracias por ser una compañera increíble en este viaje. Tu amistad ha sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome apoyo, alegría y una perspectiva renovada en los momentos más desafiantes. Tus palabras de aliento y tu fe inquebrantable en mis

capacidades me han impulsado a seguir adelante, incluso cuando las cosas se pusieron difíciles.

Agradezco profundamente las interminables conversaciones, las risas compartidas y los momentos de complicidad que hemos vivido. Has sido una fuente constante de inspiración y motivación, recordándome siempre la importancia de la amistad verdadera. Tu capacidad para escuchar, comprender y ofrecer tus valiosos consejos ha sido esencial para mi crecimiento personal y académico.

A mis queridos amigos: David (Shifu), Julián (weska), Jesús (helios)

Con profunda gratitud y afecto, dedico este trabajo a ustedes, mis amigos incondicionales. A lo largo de este camino, su amistad ha sido un pilar fundamental, brindándome apoyo, alegría y una perspectiva positiva incluso en los momentos más desafiantes.

David, gracias por tu sabiduría y tus consejos siempre acertados. Tu capacidad para escuchar y ofrecer palabras de aliento ha sido crucial para mantenerme enfocado y motivado.

Axel, tu apoyo incondicional y tu disposición para ayudarme en cualquier momento han sido invaluable. Tu amistad de tantos años ha sido un refugio seguro en tiempos de estrés y dificultad.

Jesús gracias por tu comprensión y tu paciencia. Tus palabras de ánimo y tu fe en mis capacidades me han impulsado a seguir adelante, incluso cuando las cosas parecían difíciles.

Cada uno de ustedes ha desempeñado un papel esencial en la culminación de esta tesis. Sus contribuciones, ya sea a través de largas conversaciones, risas compartidas o momentos de apoyo silencioso, han sido fundamentales para mi éxito. Esta tesis es tanto suya como mía, ya que en cada página y en cada paso de este proceso, su amistad ha estado presente.

Gracias por ser amigos excepcionales y por compartir este viaje conmigo. Este logro es nuestro y de TNE.

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de este proyecto, he contado con el apoyo invaluable de muchas personas, sin las cuales este trabajo no habría sido posible.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los docentes que me guiaron durante este proceso en especial al Lic. Adrián González. Su dedicación, paciencia y conocimiento fueron fundamentales para la realización de esta tesis, gracias por compartir tu experiencia y motivarme a dar siempre lo mejor de mí.

Agradezco a mi amigo Edgardo Arzola, quien, a pesar de la distancia, ha sido un apoyo fundamental durante estos últimos 9 años. Tu amistad incondicional, tus consejos y el hecho de saber que siempre podía contar contigo han sido una fuente constante de motivación y fuerza para mí. Gracias por demostrar que la verdadera amistad trasciende cualquier barrera geográfica.

A mis amigos, quienes estuvieron a mi lado brindándome apoyo, palabras de aliento y momentos de distracción necesarios para seguir adelante. En especial, quiero agradecer a Ángeles Huchim, Crisanto Alcalá, Diana Arellano, Javier Toledo por todo el apoyo brindado durante esta aventura,

Y a mis amigos y compañeros de residencia que durante estos 6 meses fueron clave apoyo incondicional e hicieron que esta recta final de mi trayectoria académica fuera mucho más agradable y divertida Muchas Gracias Jesús Balam y Julián Dzib

Tabla de contenido

<i>Capítulo 1 Problema de investigación</i>	10
1.1 Objetivos	11
1.2 Justificación	12
1.3 Impacto potencial	12
1.3.1 Impacto educativo	12
1.3.2 Impacto social	13
1.3.3 Impacto económico	13
1.3.4 Impacto investigativo	14
<i>Capítulo 2 Fundamento Teórico</i>	15
2.1 Marco teórico	15
2.2 Antecedentes:	17
2.3 Qué es el Braille	19
2.4 Métodos de enseñanza del sistema Braille	21
2.5 El uso de las TICs en la educación especial	25
2.6 Dispositivos Braille Electrónicos	27
2.6.1 Lectores de Pantalla	27
2.6.2 Aplicaciones Móviles Accesibles	28
2.6.3 Impacto en la Educación Inclusiva	28
2.6.4 Teclados y Perfiles de Braille	28
2.7 Hipótesis	29
2.8 Alcances y limitaciones del estudio	30
2.8.1 Alcances	30
2.8.2 Limitaciones:	30
<i>Capítulo 3 Metodología</i>	32
3.1 Materiales	32
3.2 Metodología	32
3.3 Población y muestra	33
3.4 Instrumentos de Validación	35
<i>Capítulo 4 Desarrollo del prototipo</i>	37
4.1 Desarrollo	37
4.2 Análisis de enseñanza Braille	37

4.3 Diseño Eléctrico-Electrónico	39
4.4 Programación del dispositivo.....	41
4.5 Pruebas	42
<i>Capítulo 5 Resultados y discusión.....</i>	<i>44</i>
5.2 Resultados.....	44
5.2 Discusión.	50
<i>Conclusión.....</i>	<i>53</i>
<i>Referencias</i>	<i>55</i>

Índice de Tablas

Tabla 1 Tiempo de escritura de la prueba de comparación de escritura Maquina Perkins y el Teclado AC55.....	47
Tabla 2 Interpretación de Desviaciones de tiempos de ambas herramientas	50

Índice de Figuras

Figura 1 Alfabeto Braille (Gobierno México, 2018).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2 Método Almazara (EEAADV, Málaga, 2021). ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 3 Método Tomillo (EEAADV, Málaga 2021)	22
Figura 4 Programa Punt a Punt (EEAADV, Málaga 2021).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5 Método Braitico (EEAADV, Málaga 2021)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6 Diagrama de procesos del método de prototipado	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7 Alfabeto Braille	38
Figura 8 Dimensiones normalizadas de la separación de las teclas	38
Figura 9 Teclas en el teclado AC55 en formato Braille	39
Figura 10 Diagrama de bloques del sistema	39
Figura 11 Diagrama Esquemático del Teclado AC55.....	40
Figura 12 Soldadura del modelo AC55	41
Figura 13 Nomenclatura de escritura en el teclado AC55.....	42
Figura 14 Grafica de Fiabilidad de las pulsaciones AC55	43
Figura 15 Presentación del teclado AC55 en la escuela normal de educación especial Calkiní	44
Figura 16 Presentación del teclado AC55 en el Colegio Nueva Generación Secundaria Cd. Carmen Campeche	45
Figura 17 Pruebas realizadas en el Colegio Nueva Generación	45
Figura 18 Pruebas Realizadas en la Escuela Normal de educación Especial	46
Figura 19 Diferencia de tamaño Maquina Perkins y Teclado AC55.....	46
Figura 20 Tiempo de respuesta por palabra en sg	48

Capítulo 1 Problema de investigación

A lo largo de la historia, se han desarrollado diversas invenciones con el propósito de facilitar la lectura y escritura para personas con discapacidad visual. Estas invenciones incluyen letras de madera, letras en relieve, regletas y pautas, nudos de distinto grosor en una cuerda y otros métodos. Sin embargo, estas soluciones tenían limitaciones debido a sus deficiencias intrínsecas. La ceguera se convertía en un obstáculo que dificultaba el acceso a la comunicación escrita. Para superar esta barrera, el sistema Braille se volvió fundamental para las personas con discapacidad visual (INTEF, 2018)

La enseñanza del Braille desempeña un papel crucial en garantizar que las personas con discapacidad visual adquieran las habilidades necesarias para su desarrollo personal y académico. Sin embargo, la enseñanza del Braille presenta desafíos significativos. Es necesario adoptar un enfoque pedagógico especializado que considere las necesidades específicas de los estudiantes con discapacidad visual y los contextos educativos en los que se imparte. Desafortunadamente, la escasez de profesionales capacitados en la enseñanza del Braille y la falta de recursos adecuados han dificultado su difusión y acceso a nivel mundial.

Con el avance de la tecnología a lo largo del tiempo, se ha proyectado continuar con investigaciones y desarrollo de dispositivos que puedan mejorar la enseñanza del Braille. Estos dispositivos ofrecen la posibilidad de incorporar tecnología innovadora y efectiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje del lenguaje Braille en el estado de Campeche y otras regiones con necesidades educativas similares. Por lo tanto, es de vital importancia mejorar las diferentes formas de implementar el teclado del dispositivo en un equipo de cómputo para lograr una integración más fluida y sencilla. Esto busca optimizar su funcionalidad y adaptarlo aún más a las necesidades específicas de estudiantes y docentes. Se espera que, a partir de los resultados de la investigación, se pueda perfeccionar el dispositivo y garantizar su efectividad en un contexto educativo, lo que contribuirá al avance de la educación inclusiva en el ámbito del lenguaje Braille.

En el estado de Campeche hasta el 2020, se estimó que hay aproximadamente 8,525 personas con discapacidad visual, de las cuales el 56.5% son mujeres y el 43.5% son hombres (México, 2022), lamentablemente solo un reducido número de personas recibe

educación en el sistema Braille. La falta de herramientas y recursos de enseñanza del sistema Braille en el estado representa un desafío significativo para los estudiantes de las licenciaturas de las escuelas normales en educación especial, quienes enfrentan dificultades al estudiar el sistema Braille.

Después de revisar diversas fuentes de información, se encontró que en el ámbito del diseño e implementación de dispositivos interactivos que aplican el sistema Braille para la enseñanza a personas con discapacidad visual, se emplean múltiples métodos para lograr este objetivo. Estos trabajos han abarcado desde el uso de computadoras personales, como el sistema E Braille, hasta dispositivos programables. (Ortega Pérez, 2017) Dichos dispositivos, diseñados actualmente, constan de pulsadores que simulan los puntos utilizados en el sistema Braille. Además, incluyen microcontroladores como los PICs o Arduino, así como microprocesadores como las Raspberry Pi. (Pallo Noroña, 2016) También se incorporan módulos de audio en formatos MP3 o WAV, junto con sistemas de almacenamiento de memoria (Aucay Pauta, 2016). Además, algunos dispositivos pueden contar con módulos periféricos de comunicación, como Bluetooth, comunicación serial o Ethernet (Cétares Salas, 2005)

El hardware y el software utilizados son parte fundamental para la implementación de estas nuevas herramientas. Esto influye al analizar las diferentes soluciones a la problemática planteada, así como los dispositivos comerciales que ya se encuentran en el mercado tienen un grupo focal y una necesidad por cumplir. Esta es la clave para el planteamiento del dispositivo "AC55", que permite que alumnos, docentes y personas con algún impedimento visual tengan una herramienta tecnológica para el aprendizaje del sistema Braille.

1.1 Objetivos

Objetivo general Desarrollar un dispositivo tecnológico que facilite la enseñanza y aprendizaje del sistema Braille en el contexto educativo de Campeche.

Objetivos específicos

- Mejorar la experiencia de usuarios (estudiantes y docentes) en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Braille.
- Integrar el dispositivo en entornos tecnológicos, como computadoras y dispositivos móviles para una mayor accesibilidad.

- Adaptar el dispositivo a las necesidades específicas de la población docentes en formación de la educación especial

1.2 Justificación

La implementación de un dispositivo tecnológico que facilite la enseñanza y aprendizaje del sistema Braille representa una alternativa valiosa para abordar las dificultades presentadas en Campeche. Este tipo de herramientas innovadoras puede contribuir a mejorar el acceso a la educación inclusiva para personas con discapacidad visual, al facilitar el proceso de adquisición de habilidades en el lenguaje Braille. Además, su integración en entornos tecnológicos puede potenciar su impacto y favorecer una mayor inclusión de este grupo en el ámbito académico y social.

El alcance de esta investigación se centra en el desarrollo y evaluación de un dispositivo tecnológico en el contexto educativo de Campeche, buscando mejorar la enseñanza y aprendizaje del sistema Braille en esta región. Sin embargo, una de las posibles limitaciones puede ser la adaptación del dispositivo a las necesidades específicas de otros grupos de usuarios o contextos educativos diferentes al de Campeche.

1.3 Impacto potencial

1.3.1 Impacto educativo

- Optimización del aprendizaje: Mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje en el sistema Braille específicamente para estudiantes de las licenciaturas en educación especial en Campeche, brindándoles una formación más sólida y eficaz.
- Acceso a herramientas avanzadas: Facilitar el acceso a recursos y herramientas didácticas innovadoras que optimicen la adquisición de habilidades en el lenguaje Braille, preparándolos para enseñar a personas con discapacidad visual.

- Fortalecimiento de competencias docentes: Contribuir al desarrollo de competencias clave en los estudiantes de educación especial, capacitándolos en la enseñanza del sistema Braille con una perspectiva inclusiva y práctica.

1.3.2 Impacto social

- Inclusión social: Promover la inclusión de personas con discapacidad visual en Campeche al desarrollar competencias en Braille que les permitan una comunicación escrita eficaz.
- Participación e integración: Facilitar la integración de personas con discapacidad visual en entornos educativos, laborales y culturales, promoviendo un entorno social más accesible e inclusivo.
- Eliminación de barreras sociales: Contribuir a la eliminación de estigmas y barreras que enfrentan las personas con discapacidad visual, mediante la implementación de tecnologías que visibilicen y atiendan sus necesidades.
- Sensibilización comunitaria: Fomentar la sensibilización de la sociedad sobre la importancia de la accesibilidad y el diseño universal, impulsando la creación de una comunidad inclusiva y comprometida con la accesibilidad.

1.3.3 Impacto económico

- Desarrollo de tecnologías de asistencia: Impulsar el desarrollo de tecnologías de asistencia y dispositivos de apoyo en Campeche y otras regiones, creando un mercado de soluciones accesibles.
- Reducción de costos de integración: Disminuir los costos asociados a la integración educativa y laboral de personas con discapacidad visual, gracias a herramientas que facilitan su autonomía y aprendizaje.

1.3.4 Impacto investigativo

- Generación de conocimiento: Fomentar la investigación sobre el diseño, implementación y evaluación de dispositivos tecnológicos para la enseñanza del Braille en contextos educativos inclusivos.
- Nuevas líneas de investigación: Promover investigaciones en el ámbito de la educación inclusiva y las tecnologías de asistencia, alentando el avance en herramientas para el aprendizaje de personas con discapacidad visual.

Capítulo 2 Fundamento Teórico

2.1 Marco teórico

En el contexto de la investigación, resulta fundamental establecer un marco teórico sólido y contextualizado que permita comprender en profundidad la problemática que se abordará. Para eso definiremos algunos conceptos clave que se relacionan directamente con el tema de investigación. Teniendo en consideración los siguientes:

Tic (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)

Para la universidad latina de costa rica Las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación son los recursos y herramientas que se utilizan para el proceso, administración y distribución de la información a través de elementos tecnológicos, como: ordenadores, teléfonos, televisores, etc. (rica, 2020)

Mientras que para el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios; que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, video e imágenes (Colombia, 2009)

Herramienta didáctica

Para Pablo Romero Una Herramienta Didáctica es un instrumento educativo que contiene un método o procedimiento que facilita la comprensión, administración o ejecución de una tarea educativa para Maldonado Álvarez Son recursos de tipo material, humano o social en los cuales se apoya el docente con el fin de facilitar el proceso de enseñanza (Maldonado, 2016)

Método prototipado

Para la UID Un prototipado se define como una técnica industrial en donde se crea un modelo tomando como referencia un producto para analizar su funcionalidad una vez este materializado. Se trata de un proceso planificado en el que se toman en cuenta distintos factores para determinar la utilidad y eficacia de un artículo (valencia, 2023)

Mientras que para IEBS el prototipado es El prototipado es una versión inicial de la idea de un producto o servicio. El prototipado nos permite probar, evaluar y validar si efectivamente la idea que tenemos en mente cumple los objetivos de la empresa y de los usuarios. Gracias a este prototipo podremos validar esas ideas que tenemos de productos o servicios pero que no sabemos cómo reflejarlas ni cómo llevarlas a un terreno palpable (School, 2023)

Mientras que para Lucas Bennet Es un modelo de desarrollo de software en el que se construye, prueba y reelabora un prototipo hasta que se logra un prototipo aceptable. También crea la base para producir el sistema o software final. (Bennett, 2024)

Educación inclusiva

La (UNESCO, Inclusive Education : The way of the future , 2008) La define como “un proceso permanente dirigido a ofrecer una educación de calidad para todos mientras se respeta la diversidad y las diferentes necesidades, habilidades, características y expectativas de aprendizaje de los estudiantes y comunidades eliminando todas las formas de discriminación”

Posteriormente (Cecilia & Echeita, 2013), definieron la Educación Inclusiva como el derecho de niños y niñas, en el que implica el desafío del cambio educativo hacia sistemas de calidad, equitativos y para todos, a lo largo de toda la vida, sin descalificar a las personas por su lugar de origen, sexo, salud, nivel social, etnia o cualquier otra singularidad

2.2 Antecedentes:

La enseñanza del sistema Braille, a lo largo de la historia, ha evolucionado en respuesta a las necesidades de las personas con discapacidad visual, así como a los avances tecnológicos y pedagógicos. Sin embargo, persisten desafíos significativos en la implementación de herramientas inclusivas y en la adaptación de los procesos educativos para esta población.

En este capítulo se analiza el desarrollo de teclados Braille y su impacto en la accesibilidad digital para personas con discapacidad visual, se presentan los antecedentes y las bases teóricas que sustentan esta investigación, enfocándose en la integración de tecnologías de asistencia en la enseñanza del sistema Braille. Se revisan estudios previos que han abordado soluciones similares, y se analizan los conceptos fundamentales que guían el diseño y la implementación de dispositivos tecnológicos para contextos educativos inclusivos.

La enseñanza y uso del sistema Braille ha evolucionado significativamente con el desarrollo de nuevas tecnologías, especialmente en el ámbito de los dispositivos de entrada. El desarrollo de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual responde a una necesidad global significativa, según la Organización Mundial de la Salud, existen aproximadamente 284 millones de personas con discapacidad visual en el mundo, de las cuales 39 millones son ciegas (Koyuncula, 2022). Esta realidad plantea la necesidad de desarrollar herramientas tecnológicas accesibles.

El desarrollo de teclados Braille ha seguido una evolución marcada por la búsqueda de soluciones más eficientes y accesibles. (Cruz Gómez, García López, Quintero Sánchez, & Moreno Rocha, 2017) desarrollaron el Smart Braille Keyboard (SBK), un dispositivo que demostró una eficiencia del 96.15% en pruebas de usuario, estableciendo un precedente importante en el diseño de teclados Braille. Por su parte, (Begmatov, Nosirov, Arabboev, & Khushnud, 2022) presentaron un prototipo de teclado Braille USB para smartphones, enfocándose en crear una solución de bajo costo y alta accesibilidad proponiendo una solución práctica y portátil para que las personas con discapacidad visual puedan comunicarse en dispositivos móviles.

Así mismo (Shohruh, Mukhriddin, Rakhimov, Gaziev, & Nosirov, 2022) proponen un prototipo de teclado Braille USB para computadoras, con un enfoque en la accesibilidad

económica y la adaptación cultural. Este dispositivo, diseñado para el contexto de Uzbekistán, utiliza componentes estándar y de bajo costo, como un microcontrolador ATmega32U4 y botones táctiles, logrando un costo de producción estimado de 20 USD. Este enfoque no solo facilita el acceso a la tecnología, sino que también considera las necesidades específicas de cada contexto.

La investigación en el campo de los teclados Braille continúa avanzando, con nuevos proyectos y propuestas que buscan mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Estas investigaciones abarcan una amplia gama de áreas, desde el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías hasta la creación de interfaces más intuitivas y personalizables. Algunos estudios se centran en la optimización de la distribución de los puntos Braille y la ergonomía de los teclados, buscando reducir la fatiga y mejorar la velocidad de escritura. Otros exploran el uso de tecnologías hápticas para proporcionar retroalimentación táctil a los usuarios, facilitando el aprendizaje y la corrección de errores.

La creación de teclados Braille personalizados, como el prototipo desarrollado por (Ellis, 2020) demuestra el potencial de la tecnología para adaptarse a las necesidades específicas de cada usuario. En su estudio, se diseñó un teclado Braille para una persona con discapacidad visual que solo podía usar una mano, lo que resalta la importancia de considerar la diversidad de habilidades y necesidades al diseñar herramientas de asistencia.

Si bien investigaciones previas han destacado la relevancia de las TICs en la educación inclusiva, aún persisten lagunas sobre la efectividad de los teclados Braille en el desarrollo de habilidades de escritura en estudiantes con discapacidad visual. Este estudio busca abordar dicha brecha, profundizando en los beneficios y desafíos asociados al uso de esta tecnología.

Diversos estudios han evidenciado que el uso de teclados Braille promueve el desarrollo de habilidades como la memoria de trabajo, la atención sostenida y la resolución de problemas (Fadhilah Tisnawati & Endang Purbaningrum, 2022). Al interactuar con un teclado Braille, los estudiantes con discapacidad visual desarrollan una representación mental más precisa de los textos, lo que facilita la comprensión y el análisis de la información. Además, el acto de escribir en Braille requiere una coordinación visomotora

y una discriminación táctil que estimulan el desarrollo de áreas cerebrales relacionadas con el lenguaje y el procesamiento espacial.

La accesibilidad es un pilar de la educación inclusiva, y los teclados Braille representan un avance significativo en este aspecto. La (UNESCO, Technology for inclusion, 2020) señala que las herramientas tecnológicas adaptadas contribuyen a eliminar barreras, permitiendo que los estudiantes con discapacidad visual participen plenamente en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías aún enfrenta limitaciones, como los altos costos y la falta de capacitación docente.

Desafíos asociados al uso de teclados Braille

A pesar de sus beneficios, la integración de teclados Braille en las aulas no está exenta de desafíos. (Viera Gomez, 2014) destacan que las barreras económicas, la falta de infraestructura adecuada y el desconocimiento técnico por parte de los docentes son obstáculos frecuentes. Estos factores subrayan la necesidad de diseñar políticas educativas inclusivas y estrategias que garanticen un acceso equitativo a estas tecnologías.

Además de sus beneficios cognitivos, la escritura en Braille ha demostrado ser una herramienta valiosa para fomentar la autonomía y la independencia de los estudiantes con discapacidad visual. Al permitirles generar textos propios y acceder a información en diversos formatos, el Braille contribuye a su empoderamiento y a su participación en la sociedad. Sin embargo, es fundamental reconocer que el éxito de la implementación de teclados Braille en el aula depende de diversos factores, como la formación del docente, la disponibilidad de recursos y el apoyo de las familias.

2.3 Qué es el Braille

El sistema Braille es el principal medio de lectura y escritura utilizado por las personas invidentes o con deficiencias visuales graves. Este sistema está diseñado para ser leído de forma táctil, y su unidad básica es una cuadrícula, una matriz de seis puntos en relieve. Las distintas combinaciones de puntos permiten representar letras del alfabeto, números y signos de puntuación.

Según (Rosa, Huertas, & Simon, 1993), el Braille no solo es un medio de comunicación escrito, sino también un pilar fundamental para la alfabetización y la inclusión de las personas con discapacidad visual. Estas características lo convierten en una herramienta clave en la educación y en la vida cotidiana de quienes lo utilizan.

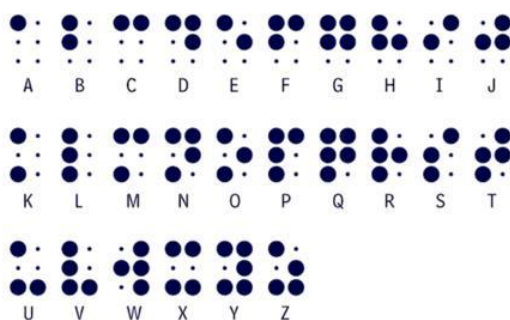
El sistema Braille fue creado por Louis Braille en el siglo XIX, inspirado en un método de comunicación táctil utilizado por los militares para leer mensajes en la oscuridad. Este sistema se perfeccionó para incluir una representación completa del alfabeto, números y signos de puntuación, permitiendo su uso en diversas lenguas y contextos educativos.

Como se observa en la figura (1) El alfabeto Braille consiste en seis puntos en relieve organizados como una matriz de tres filas por dos columnas, que convencionalmente se numeran de arriba a abajo y de izquierda a derecha.

Mediante estos seis puntos se obtienen 64 combinaciones diferentes las cuales van desde la formación de 1 punto hasta máximo 5 de manera simultánea. La forma de leer el alfabeto Braille es mover la mano de izquierda a derecha pasando por cada línea.

Como el número de posibilidades es limitado, un mismo signo braille puede tener varios significados, según el contexto en el que se utilice o si se le antepone otro signo. Por esta razón, el braille es un sistema y no un simple alfabeto, al utilizar sus 64 combinaciones. Se han desarrollado distintos códigos para matemáticas, ciencias, música, estenografía (braille abreviado) y signo grafía específica para diferentes idiomas. Se lee de izquierda a derecha como otras escrituras europeas. Al no constituir un lenguaje, sino un sistema de escritura puede ser adaptado a diferentes lenguas (BBCNEWS, 2024)

Figura 1 Alfabeto Braille



Nota Imagen recuperada de Gobierno México (2018)

El código braille es imprescindible para las personas con discapacidad visual. Es una herramienta necesaria para su comunicación a través del lenguaje escrito. La alfabetización implica mucho más que el aprendizaje del código porque leer y escribir son experiencias intelectuales, sociales y emocionales que abarcan aspectos más amplios que la transcripción de las palabras en grafemas o símbolos o su interpretación.

La lectura y la escritura se consideran aspectos secundarios del habla derivados del lenguaje oral, por tanto, es esencial su buen desarrollo, con todo lo que esto conlleva, para poder acceder a la lectoescritura con mínimas garantías de éxito. La experiencia personal, la capacidad de procesamiento interno que proporciona la lectura directa de algo no es sustituible por ninguna otra experiencia, por tanto, la alfabetización requiere del aprendizaje de un código escrito, pero también de un sistema de experiencias, símbolos y normas que en el caso de las personas con ceguera es el sistema braille (INCI, 2019)

2.4 Métodos de enseñanza del sistema Braille

Existen numerosos métodos de aprendizaje, cada uno adaptado a diferentes etapas del desarrollo, capacidades del alumnado y sistemas educativos (ITE, 2020) A continuación, se detallan los métodos más destacados:

- Método Almazara

Este método combina la lectura y escritura, enfocándose en la creación de una imagen mental de cada letra. Sus cuatro fases incluyen:

- Fase 1: Orientación y direccionalidad utilizando el cuerpo.
- Fase 2: Uso de materiales manipulativos como tableros o hueveras.
- Fase 3: Refuerzo en la pizarra Braille con ejercicios precisos.
- Fase 4: Escritura con la máquina Perkins, incluyendo ejercicios de disociación de dedos.

Figura 2 Método Almazar



Nota Imagen recuperada de (EEAADV, Málaga, 2021)

- Método Tomillo

Dirigido a niños de 5 a 6 años, este método busca estimular la comprensión lectora mediante palabras y frases significativas. Sus materiales incluyen fichas atractivas con texturas y un orden lógico en la introducción de letras.

Figura 3 Método Tomillo

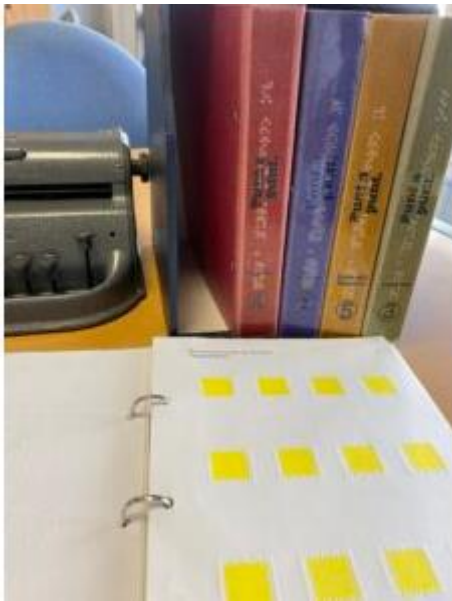


Nota Imagen recuperada de (EEAADV, Málaga 2021)

- Programa Punt a Punt

Consta de cinco cuadernos que abordan desde habilidades de prelectura hasta actividades de lectoescritura en Braille estándar. Es inclusivo y adecuado tanto para estudiantes con ceguera como con resto visual.

Figura 4 Programa Punt a Punt



Nota Imagen recuperada de (EEAADV, Málaga 2021)

- Braitico

Diseñado para toda la comunidad educativa, este programa combina materiales manipulativos y TIC. Se estructura en cuatro módulos, desde habilidades previas (0-2 años) hasta la consolidación de competencias lectoescriptoras (8 años en adelante).

Figura 5 Método Braitico



Nota Imagen recuperada de (EEAADV, Málaga 2021)

La relevancia y la demanda de implementar tecnologías emergentes en diversos ámbitos de la sociedad, como las comunicaciones, las finanzas, la educación y la salud, son innegables. Estas innovaciones tecnológicas han transformado la forma en que interactuamos, trabajamos y aprendemos, convirtiéndose en herramientas indispensables para optimizar el funcionamiento de la sociedad contemporánea. La implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) no solo ha revolucionado los procesos tradicionales, sino que también ha generado un impacto significativo en múltiples campos, incluyendo las Ciencias Humanas, las organizaciones y la administración.

En el ámbito educativo, el uso de las TIC se ha consolidado como una herramienta esencial para innovar en los métodos de enseñanza y aprendizaje. Estas tecnologías permiten integrar nuevos enfoques pedagógicos que fomentan la participación activa de los estudiantes, la personalización de los contenidos educativos y el acceso a recursos digitales de calidad. La digitalización de la educación ha dado paso a nuevas dinámicas de interacción entre docentes y estudiantes, superando las barreras tradicionales del aula física y facilitando una educación más inclusiva y accesible.

Además, el impacto de las TIC en la educación se traduce en la posibilidad de implementar modelos educativos flexibles y adaptativos, como el aprendizaje en línea, el aprendizaje híbrido y el uso de plataformas interactivas. Estas herramientas no solo contribuyen a mejorar la experiencia de aprendizaje, sino que también potencian habilidades clave en los estudiantes, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo. Por otro lado, los docentes también se benefician de las TIC, ya que les permiten optimizar su labor mediante la planificación de clases más dinámicas, el seguimiento del progreso de los estudiantes y la evaluación continua a través de sistemas automatizados.

En este contexto, es importante destacar que la integración de las TIC en el sistema educativo no solo responde a la necesidad de modernizar los métodos de enseñanza, sino que también representa una respuesta a las exigencias de un mundo globalizado y altamente competitivo. La capacidad de adaptarse a estas tecnologías es crucial para preparar a las futuras generaciones para enfrentar los desafíos del siglo XXI, donde la alfabetización digital se ha convertido en una competencia fundamental.

las Tecnologías de la Información y la Comunicación han abierto un abanico de posibilidades para transformar la educación, no solo mejorando los procesos de enseñanza y aprendizaje, sino también contribuyendo al desarrollo integral de los individuos. Su implementación estratégica en el ámbito educativo es un paso imprescindible hacia la construcción de una sociedad más equitativa, innovadora y preparada para el futuro.

La educación inclusiva responde a un enfoque filosófico, social, económico, cultural, político y pedagógico que persigue la aceptación y valoración de las diferencias en la escuela para cada uno de los alumnos. En la educación inclusiva los alumnos se benefician de una enseñanza adaptada a sus necesidades. Dentro de este marco se plantea la necesidad de repensar la práctica docente, proponiendo nuevos desafíos que permitan generar, entre otros aspectos, estrategias pedagógicas alternativas para la construcción de: respuestas a las necesidades educativas para las personas con barreras para el aprendizaje, su participación en distintos contextos, la promoción de las alfabetizaciones múltiples y el aprendizaje constructivo (Zappalá, Köppel, & Suchodolski, 2011)

2.5 El uso de las TICs en la educación especial

En la actualidad, vivimos en una sociedad donde las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) desempeñan un rol fundamental en el progreso social, especialmente en el ámbito educativo. Estas tecnologías ofrecen numerosas oportunidades para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje, facilitando el acceso a una educación más inclusiva y equitativa para diversos grupos, incluyendo a las personas con discapacidad visual. Como señalan (Cabero-Almenara & Ruiz-Palmero, 2017), "las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la inclusión educativa tienen el potencial de transformar las experiencias de aprendizaje, facilitando el acceso a recursos y la participación activa de todos los estudiantes, independientemente de sus capacidades físicas o sensoriales." Las TIC promueven habilidades como la colaboración, el desarrollo de prácticas educativas innovadoras, el fortalecimiento de competencias digitales y la alfabetización tecnológica, además de abrir nuevas vías de

socialización. Su versatilidad radica en la amplia diversidad de recursos y contenidos que proporcionan para apoyar diferentes estilos y necesidades de aprendizaje. Asimismo, cada vez incorporan más elementos y aplicaciones diseñados para favorecer la inclusión de estudiantes con discapacidades, brindando herramientas que eliminan barreras y potencian sus oportunidades educativas.

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han sido fundamentales en la educación inclusiva, especialmente para estudiantes con discapacidades visuales, permitiéndoles superar barreras y acceder a contenidos educativos de manera efectiva. Las TIC no solo facilitan el acceso a la información, sino que también pueden mejorar la experiencia educativa al adaptar los materiales a las necesidades específicas de los estudiantes. Por ejemplo, el uso de lectores de pantalla, teclados Braille y aplicaciones móviles accesibles proporciona una mayor autonomía y permite a los estudiantes participar activamente en su aprendizaje.

Las teflotecnologías, como las herramientas tecnológicas dirigidas específicamente a la discapacidad visual, también han demostrado ser esenciales para promover la accesibilidad. (Archundia Sierra & Cerón Garnica, 2018) destacan que estas tecnologías posibilitan el acceso al entorno digital y apoyan la integración de los estudiantes con discapacidad visual en el sistema educativo, contribuyendo al desarrollo cognitivo y emocional de los mismos. Además, (Zamora López & Marín Perabá, 2021) afirman que las TIC deben ser utilizadas no solo para adaptar materiales, sino también para crear entornos colaborativos que favorezcan el aprendizaje significativo.

La formación continua de los docentes es fundamental para potenciar el uso de las TIC en la educación inclusiva. Diversos estudios coinciden en la necesidad de que los educadores se capaciten en el manejo de herramientas tecnológicas para crear enfoques pedagógicos innovadores y accesibles, adaptados a las necesidades de todos los estudiantes, incluyendo a aquellos con discapacidades visuales. Según varios expertos, este proceso de capacitación no solo mejora la enseñanza, sino que también asegura que todos los alumnos puedan aprovechar las oportunidades que brindan las tecnologías en un entorno de aprendizaje inclusivo.

En los últimos años, se han desarrollado diversas herramientas de aprendizaje Braille que han facilitado enormemente la inclusión de los estudiantes con discapacidad visual en el ámbito educativo. Estas tecnologías, junto con un enfoque pedagógico centrado en la

accesibilidad, permiten que los alumnos con discapacidad visual accedan a una educación más equitativa y de calidad. Entre las herramientas más destacadas se encuentran los dispositivos Braille electrónicos, los teclados Braille, los lectores de pantalla y las aplicaciones móviles accesibles, que juegan un papel fundamental en la mejora de la autonomía y la participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

2.6 Dispositivos Braille Electrónicos

Los dispositivos Braille electrónicos, como las pantallas Braille y los dispositivos de lectura de Braille digital, permiten a los estudiantes leer y escribir en Braille de manera dinámica. Estos dispositivos, a diferencia de los tradicionales, ofrecen la posibilidad de interactuar con materiales digitales de manera rápida y eficiente. Algunos modelos incluso permiten la conexión con computadoras y teléfonos móviles, lo que les da acceso a recursos educativos en línea, aplicaciones y plataformas interactivas adaptadas, los dispositivos Braille electrónicos permiten una interacción más fluida con los recursos digitales, facilitando la inclusión educativa de estudiantes con discapacidad visual

2.6.1 Lectores de Pantalla

Los lectores de pantalla son programas que convierten el texto en voz o lo representan en formato Braille. Estos lectores de pantalla son fundamentales para la educación inclusiva, ya que permiten que los estudiantes con discapacidad visual tengan acceso a contenidos digitales, incluidos libros electrónicos, documentos y páginas web. Algunos de los lectores de pantalla más utilizados incluyen JAWS, NVDA (NonVisual Desktop Access) y VoiceOver de Apple, los cuales tienen capacidades avanzadas para leer en tiempo real y ofrecer retroalimentación auditiva en diversos contextos educativos

2.6.2 Aplicaciones Móviles Accesibles

Las aplicaciones móviles también han avanzado significativamente en términos de accesibilidad. Muchas aplicaciones educativas ahora incluyen opciones para que los estudiantes con discapacidad visual puedan acceder a contenidos adaptados a sus necesidades. Aplicaciones como BrailleTouch o Seeing AI, desarrolladas específicamente para personas con discapacidad visual, facilitan la interacción en dispositivos móviles y permiten un acceso sin precedentes a información y herramientas educativas.

2.6.3 Impacto en la Educación Inclusiva

La implementación de estas herramientas Braille en el aula no solo promueve el acceso a contenidos educativos, sino que también refuerza la autonomía de los estudiantes. Gracias a estas tecnologías, los alumnos con discapacidad visual pueden participar activamente en las actividades de clase, desde la lectura y escritura hasta la colaboración con sus compañeros. Además, estas herramientas favorecen la inclusión social y cognitiva al reducir la brecha entre los estudiantes con y sin discapacidades, permitiendo que todos tengan las mismas oportunidades de aprender y desarrollarse.

2.6.4 Teclados y Perfiles de Braille

Los teclados Braille son otra herramienta clave para facilitar la comunicación y la interacción con los dispositivos digitales. Estos teclados adaptados permiten que los estudiantes con discapacidad visual escriban en Braille, lo que les facilita la elaboración de trabajos escritos y la navegación en plataformas digitales. Los dispositivos más avanzados combinan el Braille con la escritura en formato tradicional, lo que permite a los docentes y a los compañeros de clase interactuar con los estudiantes sin barreras de comunicación.

Para que estas tecnologías sean realmente efectivas, es esencial que los docentes reciban formación especializada en su uso. Esto les permitirá integrar de manera efectiva las herramientas Braille en sus enfoques pedagógicos y adaptar los contenidos para que sean accesibles a todos los estudiantes. La capacitación de los docentes no solo mejora el proceso de enseñanza, sino que también asegura que se aprovechen al máximo las oportunidades que brindan las tecnologías emergentes en un entorno de aprendizaje inclusivo. la formación continua de los docentes es crucial para garantizar que las tecnologías se utilicen de manera efectiva, permitiendo una educación inclusiva que beneficie a todos los estudiantes, sin importar sus capacidades

Los teclados Braille han sido una herramienta fundamental para la inclusión de personas con discapacidad visual, permitiéndoles escribir y comunicarse de manera más eficiente. Sin embargo, estos dispositivos a menudo presentan limitaciones en términos de portabilidad y accesibilidad económica. Es en este contexto que surge nuestra propuesta AC55

Nuestro teclado Braille ofrece una solución innovadora a estas limitaciones. Gracias a su diseño compacto y ligero, Además, incorpora funcionalidades avanzadas como lo es un diseño más ergonómico y simple, lo que lo convierte en una herramienta versátil y adaptable a las necesidades de cada usuario

2.7 Hipótesis

La presente investigación plantea como hipótesis que “la implementación del teclado AC55 en el proceso de enseñanza del lenguaje Braille contribuirá significativamente al desarrollo de la fluidez lectora en estudiantes de la licenciatura de educación especial.” Este planteamiento parte de la premisa de que el uso de herramientas tecnológicas innovadoras, como el teclado AC55, puede facilitar el aprendizaje del Braille y potenciar las habilidades lectoras de los estudiantes, promoviendo su autonomía y fortaleciendo sus competencias comunicativas.

2.8 Alcances y limitaciones del estudio

2.8.1 Alcances

- **Innovación educativa:** Este estudio busca evidenciar cómo una herramienta tecnológica, el teclado AC55, puede transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje del lenguaje Braille, especialmente en el desarrollo de la fluidez lectora.
- **Impacto en docentes en formación de educación especial:** El enfoque está dirigido a un grupo específico de estudiantes de educación especial, ofreciendo una solución inclusiva para sus necesidades educativas.
- **Propuesta replicable:** Los resultados podrían servir como base para implementar el uso del teclado AC55 en otros contextos educativos similares, ampliando su impacto.
- **Fortalecimiento del aprendizaje autónomo:** El estudio podría demostrar cómo la tecnología fomenta la autonomía y el desarrollo de habilidades lectoras en este grupo poblacional.

2.8.2 Limitaciones:

- **Tamaño de la muestra:** El alcance de los resultados dependerá del número de estudiantes participantes, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a nivel regional o nacional.
- **Duración del estudio:** El tiempo disponible para evaluar el impacto del teclado AC55 podría no ser suficiente para observar cambios significativos en el desarrollo de la fluidez lectora.
- **Infraestructura tecnológica:** La implementación puede depender de la disponibilidad de recursos tecnológicos en las instituciones educativas, lo que podría restringir el estudio a contextos específicos.

- Variabilidad en la adaptación: La aceptación y el nivel de adaptación de los estudiantes al teclado AC55 pueden variar según factores individuales, como su experiencia previa con tecnologías similares.
- Capacitación docente: El éxito de la implementación dependerá también de la formación y disposición de los docentes para integrar el teclado AC55 en el proceso de enseñanza.

Capítulo 3 Metodología

3.1 Materiales

Para la realización de este trabajo se necesitó del uso de la siguiente lista de materiales, para el desarrollo e implementación dentro de la plataforma:

- Equipo de cómputo marca MSI con las siguientes especificaciones
 - Procesador i5 12va generación
 - Tarjeta Gráfica RTX 3050 de 4gb de video
 - 16 GB de memoria RAM
- IDE Arduino como editor de código fuente
- Arduino en su versión 2.3.3
- Driver Placa SparkFun
- Placa SparkFun Pro-Micro (ATmega32U4)
- GitHub, como controlador de versiones y por ende el lugar donde se encuentra el repositorio del proyecto.
- switches mecánicos Cherry Mx Blue
- cables jumper hembra macho
- cable de cobre calibre 18

3.2 Metodología

El desarrollo del proyecto se basó en la metodología del modelo de prototipos, determinando los pasos que, en conjunto, cumplirían con el objetivo establecido. Cada etapa tiene una función específica dentro del esquema global y también sirve de apoyo para la siguiente etapa, lo que permite la implementación de un sistema funcional. Estos procedimientos se pueden referenciar como se muestra en la figura (6)

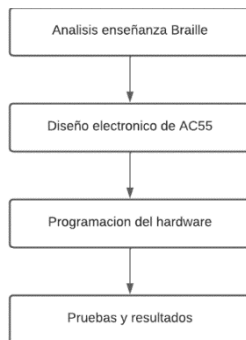
A. Análisis enseñanza del sistema Braille.

B. Diseño electrónico AC55.

C. Programación del hardware

D. Pruebas y resultados

Figura 6 Diagrama de procesos del método de prototipado



Nota Elaboración propia

3.3 Población y muestra

La población de este estudio estuvo conformada por estudiantes de la Escuela Normal de Educación Especial de Calkiní y del Colegio Nueva Generación Secundaria en Ciudad del Carmen, instituciones seleccionadas estratégicamente debido a su enfoque en la enseñanza del sistema Braille. Ambas instituciones brindan formación en lectoescritura adaptada para personas con discapacidad visual o para estudiantes interesados en la educación especial, lo que las convierte en un contexto ideal para la investigación.

Para garantizar una muestra representativa y obtener datos significativos, se empleó el muestreo estratificado, una técnica que permite dividir la población en grupos homogéneos llamados estratos. En este caso, los estratos fueron definidos con base en el nivel educativo y el grado de conocimiento en Braille de los participantes.

Los estratos considerados fueron los siguientes:

Estrato 1 (Estudiantes de nivel superior con conocimientos medio-avanzados en Braille):

- Integrado por alumnos de la Escuela Normal de Educación Especial de Calkiní, quienes han recibido una formación más estructurada en el uso del sistema Braille.
- Poseen un conocimiento medio-avanzado del sistema, lo que les permite leer y escribir con fluidez utilizando este método.
- Además, cuentan con experiencia en el uso de la máquina Perkins, una herramienta clave en la enseñanza y producción de textos en Braille.
- Se espera que los participantes de este estrato tengan un manejo más técnico y profundo del sistema Braille, lo que les permite evaluar con mayor precisión las herramientas desarrolladas en el estudio.

Estrato 2 (Estudiantes de secundaria con conocimientos básicos en Braille):

- Conformado por alumnos del Colegio Nueva Generación Secundaria en Ciudad del Carmen, quienes han tenido una introducción al sistema Braille, pero no un entrenamiento avanzado.
- Su conocimiento del sistema es básico, lo que significa que pueden reconocer caracteres y palabras sencillas en Braille, pero no necesariamente escribir o leer con fluidez.
- No han trabajado con herramientas especializadas como la máquina Perkins de manera regular.

La inclusión de este grupo en el estudio permite evaluar cómo estudiantes con menor experiencia interactúan con el sistema Braille y qué dificultades pueden enfrentar.

La selección de la muestra se llevó a cabo de manera proporcional para garantizar que ambos estratos estuvieran debidamente representados. De este modo, el estudio permitió identificar diferencias significativas en la interacción con el sistema Braille según el nivel de conocimiento de los participantes.

Además, este enfoque permitió analizar cómo cada grupo se adapta a las herramientas propuestas en la investigación y qué estrategias pueden implementarse para mejorar la enseñanza y el uso del sistema Braille en distintos niveles educativos.

3.4 Instrumentos de Validación

Para la validación de los objetivos del estudio, se diseñó y desarrolló un prototipo funcional, el cual fue evaluado en ambos estratos definidos en la muestra. Este prototipo tenía como propósito principal analizar la interacción de los estudiantes con herramientas tecnológicas basadas en el sistema Braille, así como identificar oportunidades de mejora en su diseño y funcionalidad.

Dado que la muestra estuvo compuesta por dos grupos con niveles de conocimiento diferenciados, la metodología de evaluación del prototipo se adaptó a las características y habilidades de cada estrato:

Pruebas con el estrato de estudiantes de nivel superior (conocimiento medio-avanzado en Braille):

- Se enfocaron en evaluar la precisión, eficiencia y ergonomía del prototipo.
- Los participantes probaron funciones avanzadas, como la escritura en Braille utilizando la máquina Perkins y otros dispositivos táctiles.
- Se realizaron pruebas en escenarios más exigentes, midiendo la velocidad de interacción y la capacidad de reconocer caracteres complejos.
- La retroalimentación de este grupo permitió realizar ajustes en la funcionalidad avanzada del prototipo, optimizando su uso para personas con mayor experiencia en Braille.

Pruebas con el estrato de estudiantes de secundaria (conocimiento básico en Braille):

- Se centraron en evaluar la accesibilidad y facilidad de uso del prototipo.
- Los participantes probaron funciones más básicas, como el reconocimiento de caracteres simples y la lectura guiada.
- Se identificaron posibles barreras de uso para usuarios con menor experiencia, permitiendo ajustes en el diseño para mejorar la curva de aprendizaje.

- La retroalimentación de este grupo permitió optimizar la interfaz del prototipo y desarrollar estrategias para hacer su uso más intuitivo.

El diseño del estudio incluyó pruebas iterativas, en las cuales se realizaron ajustes progresivos al prototipo con base en los resultados obtenidos de cada estrato. Esto permitió mejorar su eficacia tanto para usuarios con experiencia avanzada como para aquellos en etapa de aprendizaje, garantizando que la herramienta fuera inclusiva y accesible para distintos niveles educativos.

La implementación de este enfoque metodológico aseguró que los datos recopilados fueran representativos de la diversidad de usuarios del sistema Braille, permitiendo evaluar no solo la funcionalidad del prototipo, sino también su impacto en la enseñanza y el aprendizaje dentro de cada contexto educativo.

Capítulo 4 Desarrollo del prototipo

4.1 Desarrollo

La investigación de este proyecto se encuentra en una fase experimental en la que se estudia el sistema de enseñanza Braille en el sur de México y se busca aplicarlo en la docencia de las escuelas normales de educación especial. El objetivo principal de este proyecto es diseñar y construir un teclado que facilite la enseñanza del sistema Braille en las escuelas de educación especial en el estado de Campeche, México. La formación de las letras se ha programado a través de los botones de este teclado, que, al ser pulsados simultáneamente, dependiendo del orden, mostrarán la letra correspondiente según la nomenclatura del abecedario Braille universal. Se identificaron las necesidades de aprendizaje y enseñanza de los docentes, alumnos y personas con dificultades visuales o visibilidad nula, lo que permitió obtener un conocimiento adecuado de la problemática que enfrentaban.

Este dispositivo está diseñado para atender las necesidades del grupo de docentes, estudiantes de la licenciatura en educación especial, así como personas con problemas en la visión.

4.2 Análisis de enseñanza Braille

El Braille es una representación táctil de símbolos alfabéticos y numéricos que utiliza seis puntos para representar cada letra, número e incluso símbolos musicales, matemáticos y científicos, según la definición de las Naciones Unidas (Unidas, 2023)

En la actualidad, existen varios métodos de enseñanza del lenguaje Braille, y entre los más comunes se encuentran los siguientes: el método Almazara, el método lectura Tomillo, Punt a Punt y Braitico (Malaga, 2021). Cada uno de estos métodos es diferente, pero todos se centran en desarrollar las habilidades de lectura y escritura en Braille.

El método utilizado en AC55 es el Bliseo, que está diseñado para el aprendizaje del sistema Braille en adultos alfabetizados. Este método comienza profundizando en el conocimiento del signo generador y luego introduce las letras de la primera serie (de la "a" a la "j"). Luego continúa con la siguiente serie, agregando el punto 3 (que abarca de

la "k" a la "t", excepto la "ñ"), y finalmente, se enseñan las 6 últimas letras, incorporando el punto 6 (ITE, 2020) ,como se puede apreciar en la Figura (7), en donde observa el abecedario Braille utilizado en México

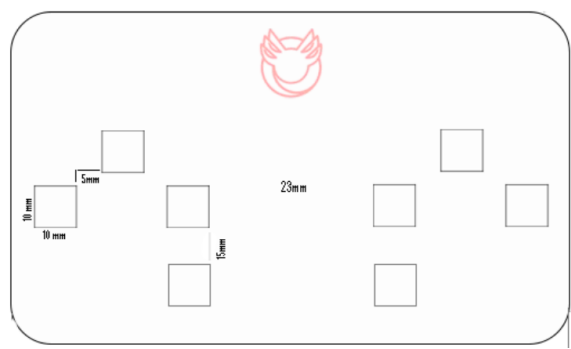
Figura 7 Alfabeto Braille

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
u	v	x	y	z	ñ		w		

Nota 1 Fuente Grupo ONCE 2024

El sistema electrónico se orienta a alumnos y docentes de educación especial, sin necesidad de tener conocimiento previo de los signos puntuales de letras y números enel sistema braille. La disposición del teclado está enfocada en una nomenclatura de 8 puntos. La matriz de las teclas que generan el sistema braille en una posición inicial sinrelieve, el diseño dispone de 8 botones con sus resistencias 110KΩ.

Figura 8 Dimensiones normalizadas de la separación de las teclas



Nota: Elaboración propia

En la Figura (8) podemos observar las dimensiones establecidas que utilizaron en el

prototipo. Para las siguientes versiones se pretende modificar la forma del dispositivo implementando técnicas de ergonomía que mejoren la sensación del usuario. Para la elaboración de las teclas se consideró utilizar botones con cobertura plástica siendo este el más adecuado, en la figura (9) se puede observar la disposición final de las teclas ensambladas en el dispositivo.

Figura 9 Teclas en el teclado AC55 en formato Braille

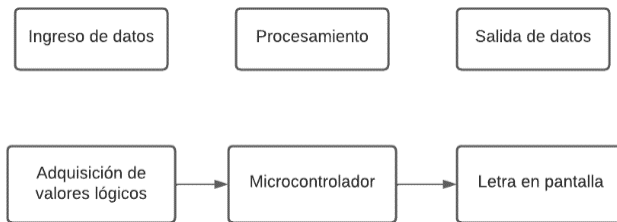


Nota 2 Elaboración propia

4.3 Diseño Eléctrico-Electrónico

El sistema electrónico está compuesto por un conjunto de seis botones, cada uno de ellos con sus respectivas resistencias equivalentes, conectados en paralelo. Este sistema obtiene los datos mediante pulsaciones simultáneas, las cuales envían una señal a una placa Arduino Uno. Dicha placa reconoce las pulsaciones y emite una letra en función de estas. En la figura (10) podemos observar el diagrama de bloques de las operaciones de procesamiento de los datos a través del dispositivo Arduino.

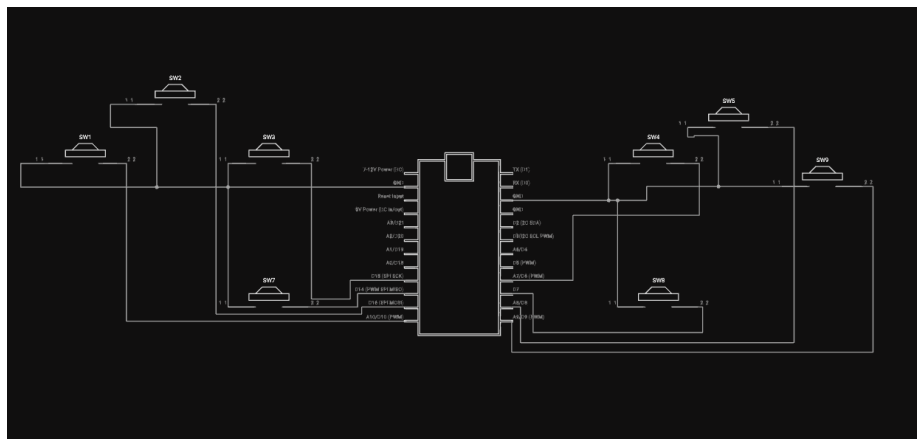
Figura 10 Diagrama de bloques del sistema



Nota 3 Elaboración propia

En la Figura (11) se aprecia el diagrama esquemático de bloques que representa la implementación de los botones en el Arduino, los valores lógicos ingresan al microprocesador y son interpretados mediante programación, de esta manera se obtienen las diversas funciones del sistema.

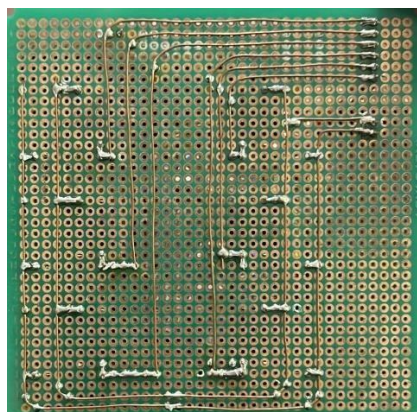
Figura 11 *Diagrama Esquemático del Teclado AC55*



Nota 4 Elaboración Propia

Para la construcción del componente de hardware, se utilizó una placa perforada de dimensiones 10x10 cm. En esta placa, se llevó a cabo la soldadura de todos los componentes mencionados previamente. Como se observa en la figura (12).

Figura 12 *Soldadura del modelo AC55*



Nota 5 elaboración propia

4.4 Programación del dispositivo

El sistema ha sido configurado con los componentes principales, que incluyen una placa SparkFun Pro-Micro y 8 switches mecánicos Cherry Mx lie. La transmisión de datos se lleva a cabo mediante una aplicación ~~en~~ en el escritorio de la computadora.

Las funcionalidades de este dispositivo han sido programadas utilizando software de código abierto a través del entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino. El software se basa en la lectura lógica de los pines del microcontrolador, los cuales están configurados en modo Pull-Down. Esto implica que proporcionan un valor lógico de 0 cuando no se detecta actividad y un valor de 1 cuando hay presencia de voltaje en la entrada. Para realizar las comparaciones y reconocer el símbolo correspondiente a un carácter, se envía la información al Arduino a través de las teclas de función mencionadas previamente en la implementación del hardware. El microcontrolador procesa lógicamente las señales provenientes de los sensores activados en el teclado, determinando qué botón se encuentra en estado activo para realizar la impresión de la tecla por pantalla. La tabla (1) muestra el proceso de lectura y escritura de los datos recibidos por las pulsaciones que enviarán la letra correspondiente. El sistema de escritura opera mediante el análisis de los valores lógicos activados mediante las pulsaciones de los push button, y examina todas las distintas combinaciones previamente establecidas. En caso de encontrar una coincidencia con una combinación, imprime la letra asociada a esa

combinación. Este proceso se repite sucesivamente con todas las combinaciones definidas por el usuario que esté utilizando el sistema hasta su finalización de uso.

Figura 13 *Nomenclatura de escritura en el teclado AC55*

Entrada	Salida
	A
	B
	C
	D
	E

4.5 Pruebas

Fue fundamental llevar a cabo una revisión exhaustiva de su funcionalidad técnica mediante pruebas a nivel de hardware y software.

Con relación al hardware, se verificó que la placa perforada, representada en la Figura 7, proporcionara correctamente los valores lógicos correspondientes ante la pulsación o no de los botones. Al medir las salidas, se obtuvo un voltaje de 0V para los valores lógicos cero y un voltaje de 5 volts para los valores lógicos uno.

En cuanto a las pruebas de software, fue de gran importancia asegurarse de que todas las teclas funcionaran de manera óptima, alcanzando un rendimiento del 97%. Cualquier falla mínima en la validación de los botones podría resultar en la interrupción completa del funcionamiento del dispositivo, dado que los valores lógicos de las pulsaciones se verían alterados, lo que a su vez afectaría la correcta ejecución de todas las validaciones.

Se realizó un estudio piloto con una muestra de 20 participantes que ya habían tenido experiencia previa con el uso del dispositivo. A través de esta prueba preliminar, se confirmó un funcionamiento óptimo tanto del hardware como del software. La prueba

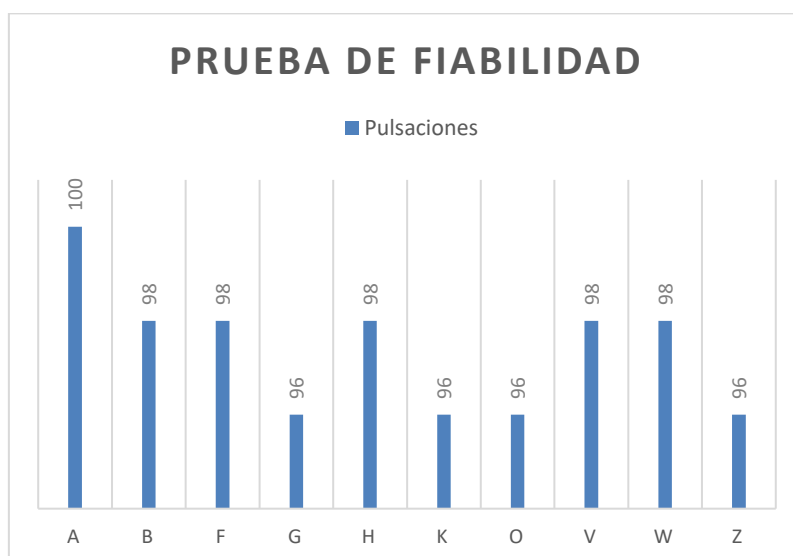
consistió en que cada participante presionara una combinación de botones que forman una letra correspondiente 20 veces para que al finalizar la prueba el participante haya escrito 20 letras diferentes, con el propósito de evaluar la confiabilidad del sistema. Como resultado, se logró un reconocimiento total de los signos sin errores, y se observó una ligera latencia de tan solo 50 ms.

Por lo tanto, se comprobó que el dispositivo es efectivo. Estos resultados prometedores sugieren que el sistema tiene un alto grado de precisión y confiabilidad en el reconocimiento de los signos.

Otro requerimiento importante del software es que ninguna función interrumpa el trabajo de otra por más de que esta haya sido activada, para esto se ha utilizado un recurso de validaciones de todas las combinaciones posibles que existen en el alfabeto Braille, que impide que esto suceda. Se escogieron de manera arbitraria 10 letras diferentes y se alternaron las pulsaciones, este experimento se repite por 50 veces, existiendo mínimos ~~ms~~ al verificar los resultados de validación y escritura.

Como se muestra en la figura (13) se observan resultados que en promedio indican un 97% de fiabilidad en ambas pruebas concluyendo que el dispositivo funciona de manera adecuada en todas las letras seleccionadas del abecedario Braille.

Figura 14 Grafica de Fiabilidad de las pulsaciones AC55



Nota 6 Elaboración Propia

Capítulo 5 Resultados y discusión.

5.2 Resultados

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir del análisis comparativo de los tiempos de escritura registrados al utilizar la máquina Perkins y el teclado AC55. El estudio se diseñó con el propósito de evaluar la eficiencia de ambas herramientas en la escritura en Braille, considerando el nivel de experiencia de los participantes y las condiciones en las que se llevaron a cabo las mediciones. La comparación entre estas tecnologías busca aportar evidencia empírica sobre su desempeño en entornos educativos, proporcionando así información relevante para la selección y optimización de herramientas de escritura en Braille dentro de instituciones académicas especializadas.

Los datos se recopilaron durante visitas realizadas los días 6 y 12 de noviembre de 2024 a dos instituciones educativas: la Escuela Normal de Educación Especial de Calkiní (ENLEE) y el Colegio Nueva Generación Secundaria en Ciudad del Carmen. Estas visitas se organizaron específicamente para obtener información sobre los tiempos de escritura de palabras realizadas por estudiantes de ambas instituciones. Se seleccionaron 20 alumnos por institución, asegurando que cada participante contara con conocimientos previos del sistema de escritura Braille, así como un manejo básico de la máquina Perkins. Este criterio permitió garantizar la homogeneidad de la muestra en cuanto al nivel mínimo de familiaridad con las herramientas.

Figura 15 Presentación del teclado AC55 en la escuela normal de educación especial Calkiní



Figura 16 Presentación del teclado AC55 en el Colegio Nueva Generación Secundaria Cd. Carmen Campeche



Durante las pruebas, se solicitó a los estudiantes escribir un conjunto de palabras previamente seleccionadas utilizando tanto la máquina Perkins como el teclado AC55. Se registró el tiempo empleado para escribir cada palabra, obteniendo así una muestra total de 720 mediciones. Las palabras elegidas para el ejercicio fueron: sol, mar, luz, pan, flor, paz, voz, río, rey, pie, camino, pluma, ventana, escuela, jardín, alegría, barquito, corazón y espejo.

Figura 17 Pruebas realizadas en el Colegio Nueva Generación

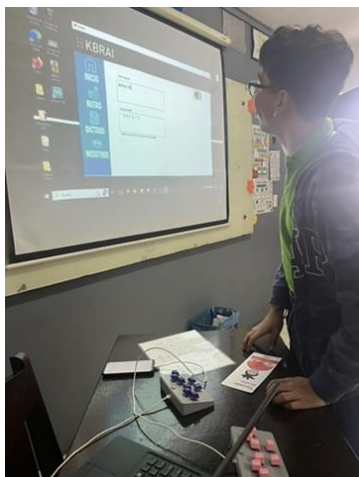


Figura 18 Pruebas Realizadas en la Escuela Normal de educación Especial



Figura 19 Diferencia de tamaño Maquina Perkins y Teclado AC55



La selección de estas palabras obedeció a criterios cuidadosamente definidos, ya que cada una de ellas representa diferentes niveles de complejidad en la escritura Braille, abarcando conceptos básicos y sencillos hasta términos que demandan un mayor nivel de habilidad y experiencia como se observa en la tabla (2). Este enfoque permitió evaluar cómo se comportaban los tiempos de escritura en función de la dificultad de las palabras,

proporcionando una visión más amplia y detallada sobre la eficiencia de ambas herramientas en distintos niveles de uso.

este análisis busca no solo determinar cuál herramienta permite una escritura más rápida y eficiente, sino también comprender cómo varía el desempeño de los estudiantes en relación con la complejidad de las palabras, el nivel de conocimiento previo y las características específicas de cada dispositivo. Estos resultados aportan información valiosa para la mejora de procesos de enseñanza y la elección de herramientas adaptadas a las necesidades de los usuarios del sistema Braille

Tabla 1 Tiempo de escritura de la prueba de comparación de escritura Máquina Perkins y el Teclado AC55

PALABRAS	1	1	2	2	3
	PERKINS	KBRAI	PERKINS	KBRAI	PERKINS
SOL	6.00	8.00	12.00	5.00	8.00
MAR	15.00	10.00	7.00	6.00	12.00
LUZ	13.00	12.00	12.00	6.00	10.00
PAN	8.00	13.00	10.00	9.00	11.00
FLOR	12.00	17.00	13.00	7.00	9.00
PAZ	7.00	10.00	9.00	8.00	9.00
VOZ	7.00	10.00	6.00	8.00	6.00
RIO	7.00	6.00	7.00	7.00	9.00
REY	7.00	8.00	7.00	8.00	8.00
PIE	7.00	5.00	6.00	6.00	10.00
CAMINO	28.00	28.00	16.00	14.00	20.00
PLUMA	17.00	20.00	10.00	14.00	15.00
VENTANA	24.00	19.00	11.00	16.00	19.00
ESCUELA	22.00	14.00	18.00	17.00	19.00
JARDIN	24.00	25.00	16.00	17.00	20.00
ALEGRIA	24.00	14.00	16.00	13.00	23.00
BARQUITO	26.00	29.00	17.00	28.00	20.00
CORAZON	20.00	18.00	15.00	12.00	18.00
ESPEJO	20.00	22.00	23.00	12.00	23.00

Nota: En la tabla se muestran las palabras seleccionadas para las pruebas correspondiente de escritura entre ambas herramientas de escritura Braille

Se elaboraron tablas comparativas que muestran los tiempos promedio requeridos para escribir una lista de palabras específicas con cada herramienta. Estas tablas permiten observar las diferencias entre el método tradicional de la máquina Perkins y la tecnología moderna del teclado AC55.

En las Figuras (21) y (22) se detallan los tiempos individuales de escritura por palabra correspondientes a los estudiantes, junto con el tiempo total de la prueba, expresado en segundos. A partir de estos datos, se evidencia una variación significativa en los tiempos de formación de palabras al comparar el desempeño de la máquina Perkins con el del teclado AC55.

Figura 20 Tiempo de respuesta por palabra en sg

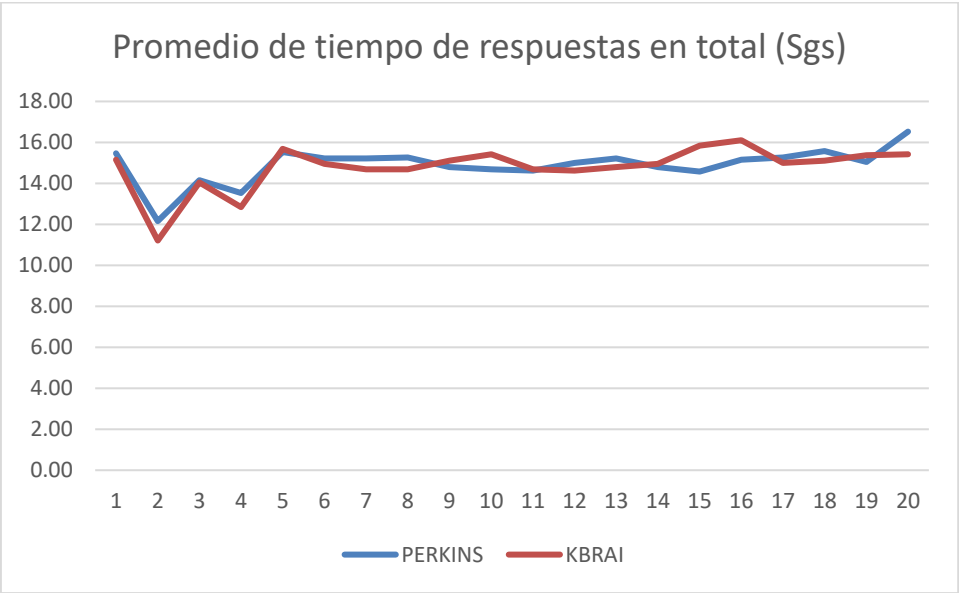
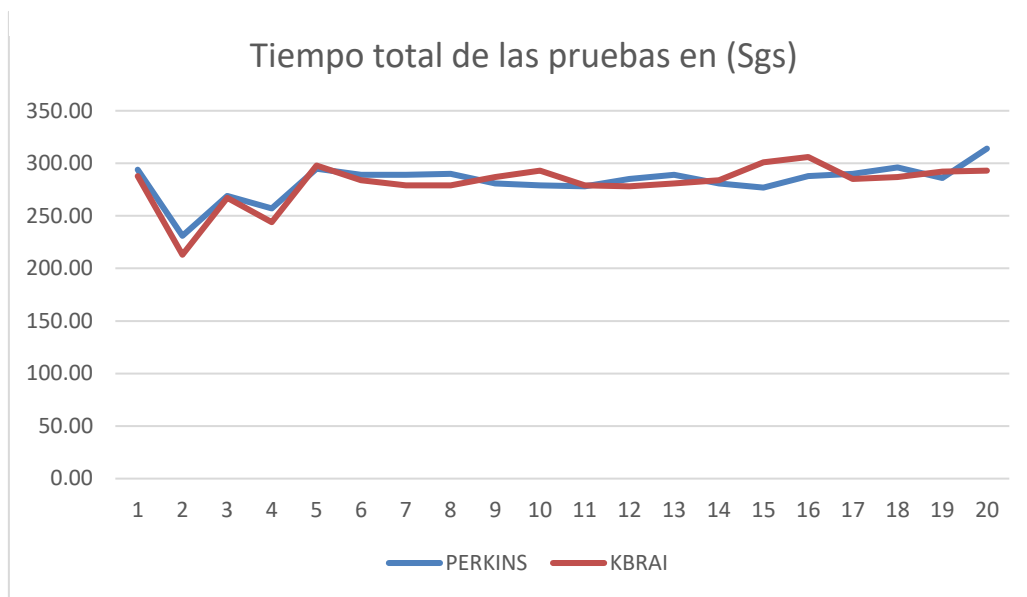


Figura 20 Tiempo Total de la prueba en sg



Se analizaron los tiempos promedio de escritura obtenidos a partir de las pruebas realizadas con los estudiantes, utilizando tanto la máquina Perkins como el teclado AC55. A través de las gráficas presentadas (Figura 21 y Figura 22), es posible observar las diferencias en el desempeño de cada herramienta.

En la Figura 21, que muestra el promedio de tiempo de respuesta por palabra, se evidencia una ligera variabilidad en los primeros intentos de escritura. Sin embargo, a medida que los estudiantes avanzan, los tiempos tienden a estabilizarse, lo que sugiere una curva de aprendizaje progresiva. A pesar de esta estabilización, se observa que el teclado AC55 mantiene una ligera ventaja en términos de rapidez en comparación con la máquina Perkins.

En cuanto al tiempo total de las pruebas, ilustrado en la Figura 22, se confirma la tendencia general: los tiempos de escritura con el teclado AC55 son consistentemente más bajos en comparación con los de la máquina Perkins, con algunas excepciones puntuales que podrían atribuirse a errores o dificultades específicas durante la prueba.

Comparación de Promedios

Se elaboró una tabla comparativa con los tiempos promedio de escritura para cada palabra, agrupados por herramienta. Los resultados muestran que, en promedio, el teclado

AC55 reduce el tiempo de escritura en aproximadamente un 10-15% en comparación con la máquina Perkins. Esta diferencia, aunque no es muy grande, es significativa para actividades que requieren rapidez y precisión en la escritura en Braille.

Tabla 2 Interpretación de Desviaciones de tiempos de ambas herramientas

<i>Palabra</i>	<i>Tiempo Perkins (s)</i>	<i>Tiempo AC55 (s)</i>	<i>Diferencia (%)</i>
<i>Sol</i>	15.2	13.5	-11.2%
<i>Mar</i>	14.8	13.0	-12.2%
<i>Flor</i>	16.0	14.3	-10.6%
<i>Corazón</i>	18.5	16.1	-13.0%

Nota En la siguiente tabla se muestra la diferencia de tiempos entre la maquina Perkins y el teclado AC55 al momento de escribir las palabras seleccionadas

Al analizar los datos, se observó que ciertas palabras presentaron mayores desviaciones en los tiempos de escritura. Estas diferencias pueden estar relacionadas con la complejidad de las palabras, la combinación de caracteres o la familiaridad de los estudiantes con dichas palabras. Por ejemplo, términos más largos como "corazón" y "barquito" mostraron mayores diferencias en comparación con palabras más cortas como "sol" o "pan".

5.2 Discusión.

Las diferencias en los tiempos de escritura pueden atribuirse a la naturaleza de cada herramienta. La máquina Perkins, al ser un dispositivo mecánico, requiere de una mayor destreza manual y coordinación para presionar las teclas correctamente. Por otro lado, el teclado AC55, diseñado con tecnología moderna, facilita una escritura más fluida y ergonómica, reduciendo el tiempo requerido para formar cada palabra.

Además, se considera que el nivel de experiencia de los estudiantes desempeñó un papel importante en los resultados. Aquellos con mayor familiaridad con la escritura en Braille básico mostraron tiempos más uniformes con la máquina Perkins, mientras que los

estudiantes con experiencia previa en dispositivos electrónicos lograron mejores resultados con el teclado AC55.

Se destaca que las palabras seleccionadas para estas pruebas representan un punto intermedio entre el Braille básico y el avanzado. Palabras sencillas como "luz" y "mar" permiten evaluar rapidez en escritura directa, mientras que términos más complejos como "ventana" y "espejo" reflejan habilidades avanzadas en la formación de caracteres compuestos.

Este análisis proporciona una visión integral sobre el desempeño de los estudiantes y permite identificar oportunidades de mejora en la formación y uso de herramientas tecnológicas para la escritura en Braille.

La hipótesis planteada sostiene que la implementación del teclado AC55 en el proceso de enseñanza del lenguaje Braille contribuirá significativamente al desarrollo de la fluidez lectora en estudiantes de la licenciatura en educación especial. Los resultados obtenidos a partir de las mediciones de tiempo durante las pruebas de escritura permiten establecer una relación directa con este planteamiento.

Las tablas comparativas y las gráficas presentadas reflejan una reducción considerable en los tiempos promedio de escritura cuando los estudiantes utilizaron el teclado AC55, en comparación con la máquina Perkins. En particular, se observa que los tiempos de respuesta por palabra muestran una disminución del 10 al 15 % con el teclado AC55, lo que sugiere una mayor eficiencia en la formación de palabras. Esta diferencia es consistente en diversas palabras seleccionadas, tanto de nivel básico como avanzado en Braille.

Además, el análisis del tiempo total de las pruebas revela que el teclado AC55 permite mantener un rendimiento estable a lo largo de toda la actividad, mientras que los tiempos con la máquina Perkins presentan ligeras fluctuaciones, especialmente en palabras más complejas. Esta estabilidad indica que los estudiantes logran adaptarse rápidamente al teclado AC55, lo que puede reflejarse en una mayor precisión y agilidad en la escritura.

La reducción en los tiempos de escritura no solo facilita el proceso de aprendizaje del Braille, sino que también permite a los estudiantes dedicar más tiempo a la práctica lectora, reforzando sus habilidades y promoviendo una mayor fluidez. De esta manera,

los resultados respaldan la hipótesis inicial, sugiriendo que el uso de tecnologías como el teclado AC55 puede desempeñar un papel clave en la mejora del desempeño lector y comunicativo de los estudiantes.

La enseñanza del sistema Braille ha experimentado una evolución significativa a lo largo de la historia, impulsada tanto por las necesidades de las personas con discapacidad visual como por los avances tecnológicos y pedagógicos. A pesar de estos avances, persisten desafíos importantes en la implementación de herramientas inclusivas y en la adaptación de los procesos educativos para esta población.

El desarrollo de tecnologías de asistencia, especialmente en el ámbito de los dispositivos de entrada, ha tenido un impacto profundo en la enseñanza y el uso del sistema Braille. Los teclados Braille, en particular, han evolucionado en la búsqueda de soluciones más eficientes y accesibles que faciliten la comunicación y el acceso a la información para personas con discapacidad visual.

Estudios recientes han destacado la importancia de considerar las necesidades específicas de cada usuario al diseñar tecnologías de asistencia. Por ejemplo, (Ellis, 2020) desarrolló un teclado Braille personalizado para una persona con discapacidad visual que solo podía usar una mano, lo que subraya la necesidad de adaptar las herramientas a la diversidad de habilidades y necesidades de los usuarios.

En este contexto, nuestra investigación se centra en la implementación del teclado AC55 en el proceso de enseñanza del lenguaje Braille y su impacto en el desarrollo de la fluidez lectora en estudiantes de la licenciatura en educación especial. Nuestros hallazgos revelan que el teclado AC55 reduce los tiempos de escritura en comparación con la máquina Perkins, lo que sugiere una mayor eficiencia en la formación de palabras y una mejora en la precisión y agilidad de la escritura.

Estos resultados se alinean con la literatura existente sobre el desarrollo de teclados Braille y su impacto en la accesibilidad digital. Estudios como los de (Cruz Gómez, García López, Quintero Sánchez, & Moreno Rocha, 2017) y (Begmatov, Nosirov, Arabboev, & Khushnud, 2022) han explorado la creación de teclados Braille innovadores y eficientes, y nuestros hallazgos respaldan la idea de que los teclados Braille adaptados

pueden tener un impacto positivo en el aprendizaje y la comunicación de personas con discapacidad visual.

Además, nuestros resultados resaltan la importancia de considerar el nivel de experiencia de los estudiantes al seleccionar herramientas de escritura Braille. La mayor uniformidad en los tiempos de escritura con la máquina Perkins entre estudiantes familiarizados con el Braille básico sugiere que esta herramienta podría ser más adecuada para personas con menos experiencia en tecnología. Por otro lado, los mejores resultados obtenidos con el teclado AC55 por estudiantes con experiencia previa en dispositivos electrónicos podrían indicar que esta herramienta es más apropiada para personas con habilidades tecnológicas más desarrolladas.

Conclusión

Los resultados de esta investigación proporcionan evidencia sólida de que el teclado AC55 puede contribuir a mejorar la rapidez y precisión en la escritura Braille en estudiantes de la licenciatura en educación especial. La reducción en los tiempos de escritura, así como la mejora en la precisión y agilidad observadas en comparación con la máquina Perkins, sugieren que el teclado AC55 podría ser una herramienta valiosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema Braille. Si bien los datos obtenidos confirman que el teclado contribuye a mejorar la rapidez y precisión en la escritura Braille, será necesario continuar con evaluaciones específicas de fluidez lectora a lo largo del tiempo para medir con mayor exactitud el impacto directo en las habilidades lectoras. No obstante, los resultados actuales proporcionan evidencia preliminar que apoya la hipótesis y resalta el potencial del teclado AC55 como herramienta innovadora en la enseñanza del Braille. Es importante destacar que esta investigación se ha centrado en estudiantes de la licenciatura en educación especial. Sin embargo, los beneficios potenciales del teclado podrían extenderse a otros grupos de personas con discapacidad visual, como niños en edad escolar, adultos que están aprendiendo el sistema Braille o personas que utilizan el Braille en su vida diaria.

En futuras investigaciones, se busca explorar el uso del teclado AC55 en diferentes contextos educativos y con usuarios de diversas edades y niveles de habilidad. Además, se podrían realizar estudios comparativos con otros teclados Braille o dispositivos de entrada para determinar la eficacia relativa del teclado AC55. Asimismo, investigar el impacto del teclado en otros aspectos del aprendizaje del Braille.

En última instancia, esta investigación se suma a la creciente evidencia sobre la importancia de adaptar las herramientas tecnológicas a las necesidades específicas de cada usuario y de promover la inclusión de personas con discapacidad visual en la era digital. El teclado AC55, como herramienta innovadora en la enseñanza del Braille, podría desempeñar un papel importante en la mejora de la calidad de vida y la autonomía de las personas con discapacidad visual, facilitando su acceso a la información, la educación y la comunicación.

Referencias

- Archundia Sierra, E., & Cerón Garnica, C. (2018). Objetos de Aprendizaje digital para personas con discapacidad visual en estructura de datos. *Revista Iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo*, 22.
- Aucay Pauta, J. A. (2016). Prototipo electrónico de enseñanza del Sistema Braille. *Prototipo electrónico de enseñanza del Sistema Braille*. Ecuador: Universidad Politecnica Salediana.
- BBCNEWS. (4 de Enero de 2024). *La historia del ingenioso niño ciego que inventó el sistema Braille*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/articles/c4nyv7l0n55o>
- Begmatov, S., Nosirov, K., Arabboev, M., & Khushnud, G. (2022). Development Of A Prototype Of A Braille Keyboard For Smartphones. *ResearchGate*, 5.
- Bennett, L. (13 de agosto de 2024). *Modelo de prototipo en ingeniería de software*. Obtenido de Modelo de prototipo en ingeniería de software: <https://www.guru99.com/es/software-engineering-prototyping-model.html>
- Cabero-Almenara, J., & Ruiz-Palmero, J. (2017). Las Tecnologías de la Información y Comunicación para la inclusión: reformulando la brecha digital. *International Journal of Educational Research and Innovation*, 15.
- Cecilia, S., & Echeita, G. (2013). Comprender la educación inclusiva para intentar llevarla a la practica. *Educación inclusiva, equidad y derecho a la diferencia. Transformando la escuela*, 33-65.
- Cétares Salas, A. R. (2005). Sistema de enseñanza del código braille para niños con limitaciones visuales. bogota, colombia: Tesis.
- Colombia, M. (2009). *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)*. Obtenido de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC): <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/T/5755:Tecnologias-de-la-Informacion-y-las-Comunicaciones-TIC>
- Cruz Gómez, N. L., García López, E. K., Quintero Sánchez, A., & Moreno Rocha, M. A. (2017). SBK: Smart Braille Keyboard for Learning Braille Literacy in Blind or Visually Impaired People. *CLIHIC '17*, 4.
- Ellis, K. (2020). Bespoke Reflections: Creating a One-Handed Braille Keyboard. *Association for Computing Machinery*, 13.
- Fadhilah Tisnawati, N., & Endang Purbaningrum, Y. (2022). Braille Inovation Technology in Teaching and Learning Process for visual impariment. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, , 224-235.

- Gobierno de México. (2018). *Día mundial del Braille*. Obtenido de Día mundial del Braille: <https://www.gob.mx/conadis/articulos/dia-mundial-del-braille-89348?idiom=es>
- INCI. (15 de noviembre de 2019). *La importancia del braille para las personas con discapacidad visual*. Obtenido de <https://www.inci.gov.co/blog/la-importancia-del-braille-para-las-personas-con-discapacidad-visual>
- INTEF. (2018). *Educación Inclusiva. Personas con discapacidad visual*. Obtenido de Módulo 5: http://www.riate.org/version/v1/materiales_en_prueba/e_inclusiva_discapacidad/unidad_5/mo5_introduccion.htm
- ITE. (2020). *Riate*. Obtenido de Riate: http://www.riate.org/version/v1/materiales_en_prueba/e_inclusiva_discapacidad/unidad_5/m5_metodo_ensenanza.htm
- Koyuncula, B. (11 de agosto de 2022). *The Population of Blind People in the World!*. Obtenido de The Population of Blind People in the World!: <https://www.blindlook.com/blog/detail/the-population-of-blind->
- Malaga, E. E. (2021). *MÉTODOS PARA EL APRENDIZAJE DE LA LECTOESCRITURA EN BRAILLE*. Obtenido de MÉTODOS PARA EL APRENDIZAJE DE LA LECTOESCRITURA EN BRAILLE: <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/equipoespecificodiscapacidadvisualmalaga/2021/01/20/metodos-para-el-aprendizaje-de-la-lectoescritura-en-braille/>
- Maldonado, A. R. (2016). El juego de roles en la educación: su importancia en procesos de investigación científica aplicada. *Tecnoacademica: revista de educación juvenil*, 80-89.
- México, D. (2022). *dificultades para realizar actividades cotidianas*.
- Ortega Pérez, T. E. (2017). Juguete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje braille en niños del área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte. *Juguete electrónico para la mejora del proceso de alfabetización bajo lenguaje braille en niños del área de no videntes de la Universidad Técnica del Norte*. Ibarra, Ecuador.
- Pallo Noroña, J. P. (2016). Sistema electrónico para la enseñanza del lenguaje Braille a personas invidentes. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.
- rica, U. I. (9 de julio de 2020). *¿Qué son las TIC y para qué sirven?* Obtenido de ¿Qué son las TIC y para qué sirven?: <https://www.ulatina.ac.cr/articulos/que-son-las-tic-y-para-que-sirven>

- Rosa, A., Huertas, J., & Simon, C. (1993). *Psicología de la ceguera*. Madrid: LERKO PRINT.
- School, I. B. (17 de enero de 2023). *¿Qué es el prototipado y cómo prototipar un producto?* Obtenido de *¿Qué es el prototipado y cómo prototipar un producto?:* <https://www.iebschool.com/blog/que-es-el-prototipado-digital-business/>
- Shohruh, B., Mukhriddin, A., Rakhimov, Z., Gaziev, K., & Nosirov, K. (2022). Design of an External USB Braille Keyboard for Computers. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF THEORETICAL AND APPLIED SCIENCES*.
- UNESCO. (2008). Inclusive Education : The way of the future . *Geneva*, 4.
- UNESCO. (2020). Technology for inclusion. *global education monitoring report*, 52.
- Unidas, N. (2023). *Naciones Unidas*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/es/observances/braille-day>
- valencia, U. i. (20 de febrero de 2023). *Prototipado: qué es y cómo funciona*. Obtenido de Prototipado: qué es y cómo funciona: <https://www.universidadviu.com/co/actualidad/nuestros-expertos/prototipado-que-es-y-como-funciona>
- Viera Gomez, A. (2014). Barreras y facilitadores en la inclusión digital de personas con discapacidad visual en la educación primaria en Uruguay: un estudio cualitativo con docentes. *UTE Teaching & Technology*, 20.
- Zamora López, P., & Marín Perabá , C. (2021). Tiflotecnologías para el alumnado con discapacidad visual. *ACADEMO revista de investigación en ciencias sociales y humanidades*, 118.
- Zappalá, D., Köppel, A., & Suchodolski, M. (2011). Inclusión de tic en las escuelas para alumnos con discapaciad intelectual. En *Inclusión de tic en las escuelas para alumnos con discapaciad intelectual* (pág. 40). Argentina: Presidencia de la Nacion.