



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA
Facultad de Ciencias de la Computación

Modelado del sistema TECBRAI (Tecnología Braille para Discapacitados Visuales)

Tesis

que presenta

Adrián Moreno Carmona

para obtener el título de

**INGENIERO EN CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN**

Asesor:

M.C. Mariano Larios Gómez

Coasesor:

M.C. Yalú Galicia Hernández

Dedicatoria

"Todo es difícil hasta que no se aprende"

A mis padres por enseñarme y educarme.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que han hecho posible este trabajo, a mis compañeros, a mis profesores y a mi universidad así como a las insituciones que han apoyado este proyecto.

A Moisés Moreno Carmona, Genaro Galindo Cortez, César Bonilla Rivera, asi como al L.I. Guillermo Alcalá Rivera y al Prof. Alejandro González Sánchez, quienes formamos parte de este grandioso proyecto que surgió de una idea "loca".

A mi asesor de tesis M.C. Mariano Larios Gómez... ¡Gracias por su apoyo!

A mis padres por todo el cariño y apoyo que me han brindado en todo momento.

A mis hermanos por el ánimo que me brindaron en toda ocasión.

Pero principalmente a Jehová Dios por regalarme la vida.

Índice general

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Índice de figuras	V
Índice de Tablas	VII
I CONCEPTOS DE TECBRAI	1
1. Introducción	2
1.1. Resumen	2
1.2. Discapacidad Visual, el problema en México y el mundo	2
1.3. Tecnologías adaptadas para discapacitados visuales	4
1.3.1. Software para discapacitados visuales	4
1.3.2. Hardware para discapacitados visuales	5
2. Primeros diseños	7
2.1. La idea principal	7
2.2. Línea Braille	7
2.3. Circuito y placa de TECBRAI	8
2.4. Cabezal y motor de TECBRAI	10
2.5. Software de TECBRAI	11
2.6. Editor de Textos	11
2.7. Teclado de TECBRAI	12
3. Modelado de TECBRAI con Visual UML Paradigm	14
3.1. Diagramas de Flujo para TECBRAI	14
3.1.1. Inicialización de variables	14
3.1.2. Función hablar()	15
3.1.3. Función hablarultimo()	16
3.1.4. Función enviar()	17
3.1.5. Escribe cabezal. Timer 1	18
3.1.6. Avanza cabezal. Timer 2	20
3.1.7. Retrocede cabezal. Timer 3	21

3.1.8. Teclas de Función	22
II MEJORAS AL SISTEMA TECBRAI	23
4. Mejoras al sistema TECBRAI en hardware	24
4.1. Nueva línea braille	24
4.2. Placa del circuito TECBRAI modificada	26
4.3. Funcionamiento de los circuitos 74HCT573 y ULN2803 para trabajar con el motor y el cabezal	27
4.4. Constitución del motor y del cabezal	28
4.5. Funcionamiento y control del motor y cabezal	30
4.6. Código para representar el alfabeto en el sistema braille	32
5. Mejoras al sistema TECBRAI en software	35
5.1. ¿Por qué mejorar?	35
5.2. Aprender el sistema braille	35
5.3. Cinco lecciones para aprender el sistema braille	36
5.4. La herramienta de lecciones braille en el software de TECBRAI	37
III RESULTADOS Y CONCLUSIONES	44
6. Resultados	45
6.1. Prueba con personas con discapacidad visual	45
6.2. Entrevista sobre el funcionamiento de TECBRAI con el presidente de la ACRIP	46
6.3. Resultados en concursos	47
7. Conclusiones	48
7.1. TECBRAI una herramienta necesaria para personas con Discapacidad Visual	48
7.2. TECBRAI con UML	49
7.3. TECBRAI y su aplicación	50
7.4. Una propuesta para aplicarlo	50
8. Apéndice	52
8.1. Apéndice: Braille	52
8.2. Apéndice: UML	52
Bibliografía	96

Índice de figuras

2.1. Distancias entre puntos y caracteres Braille	7
2.2. Línea braille	8
2.3. Línea braille	8
2.4. Línea braille	8
2.5. Placa TECBRAI	9
2.6. Circuito	9
2.7. Cabezal	10
2.8. Motor	11
2.9. Editor Textos de TECBRAI	12
2.10. Teclado adaptado para TECBRAI	13
3.1. Inicialización de variable	15
3.2. Diagrama de flujo de la función hablar()	16
3.3. Diagrama de flujo de la función hablarultimo ()	17
3.4. Diagrama de flujo de la función enviar ()	18
3.5. Diagrama de flujo del Timer 1	19
3.6. Diagrama de flujo del Timer 2	20
3.7. Diagrama de flujo del Timer 3	21
3.8. Diagrama de las Teclas de Función	22
4.1. Línea Braille de Nylamid	25
4.2. Pestañas de la línea	25
4.3. Vista frontal de caracter braille	25
4.4. Vista posterior de caracter braille	26
4.5. Placa del circuito TECBRAI	26
4.6. Diagrama del CI 74LCH573	27
4.7. Diagrama del CI ULN2803	28
4.8. Cabezal	29
4.9. Electroimanes	29
4.10. Agujas del cabezal	30
4.11. Molde de plástico	30
4.12. Secuencia paso doble	31
4.13. Puerto Paralelo	31
4.14. Control	33

5.1. Lecciones	38
5.2. Teclas para elegir las lecciones	38
5.3. Diagrama de flujo de la lección 1	39
5.4. Diagrama de flujo de la lección 2	40
5.5. Diagrama de flujo de la lección 3	41
5.6. Diagrama de flujo de la lección 4	42
5.7. Diagrama de flujo de la lección 5	43
6.1. Profesor Alejandro Ramírez probando el sistema TECBRAI	46

Índice de Tablas

4.1. Elementos para el circuito	27
4.2. Letras de a a la j	32
4.3. Letras de k a la t	33
4.4. Letras de u a la z	33
4.5. Letras acentuadas	33
4.6. Símbolos especiales	33
4.7. Ejemplo hola	34
5.1. Lección 1: De la letra áá la letra 'j'	36
5.2. Lección 2: De la letra 'ká la letra 't'	36
5.3. Lección 3: De la letra úá la letra 'z'	37
5.4. Lección 4: Vocales acentuadas	37
5.5. Lección 5: Símbolos especiales	37
5.6. Diez	39
5.7. Veinte	40
5.8. Últimas	40
5.9. Acentuadas	40
5.10. Símbolos	41

Parte I

CONCEPTOS DE TECBRAI

Capítulo 1

Introducción

1.1. Resumen

TECBRAI significa Tecnología Braille para *Discapacitados Visuales*. Este proyecto surge de la idea de ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades visuales. En México existen 1.8 millones de discapacitados, según datos del XII Censo General de Población y Vivienda 2000, de los cuales el 26% corresponden a personas con discapacidad visual, este problema no es sólo de México [1], sino de todo el mundo. Según un estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud (*OMS*) *cada 5 segundos una persona se queda ciega en el mundo y cada minuto un niño pasa a formar parte de la población no vidente*. Este mismo estudio menciona que el promedio de personas que pierden la vista cada año es de 7 millones, y se estima que para el 2020 haya más de 75 millones de ciegos en todo el mundo [2].

TECBRAI es un proyecto tecnológico, inicialmente desarrollado por Adrián Moreno Carmona estudiante de la Ingeniería en Ciencias de la Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, junto con 3 compañeros más que estudian en la Universidad Iberoamericana de Puebla, Moisés Moreno Carmona, Genaro Galindo Cortez y Cesar Bonilla Rivera. En la actualidad, yo, Adrián Moreno Carmona soy quien ha trabajado en el proyecto TECBRAI documentando los avances en este trabajo de tesis, desarrollando una documentación bien fundamentada del proyecto TECBRAI así como todo el modelado en Visual UML Paradigm, creyendo que este proyecto puede llegar a ser una excelente herramienta para personas con discapacidad visual, que permita a los usuarios aprender el sistema braille, escribir en computadora el texto que deseen, entre otras cosas. Para mejorar el sistema TECBRAI se necesita hacer el modelado de cada componente que contiene, y así observar cómo interactúa cada elemento que lo compone, además de cómo interactuarían los usuarios con el sistema. Por lo tanto en este trabajo se encuentra el modelado de todo el sistema TECBRAI que servirá para mejorarlo, quienes se interesen en hacerlo. Así, los interesados no deban empezar de cero.

1.2. Discapacidad Visual, el problema en México y el mundo

En muchos países una parte de la sociedad es discriminada ya sea por su religión, su posición económica, su sexo, su estado de salud, entre muchos otros casos. Se aborda este punto porque muchas personas con capacidades diferentes son discriminadas por no cumplir con lo que la sociedad les *exige*. Se considera una persona con capacidad diferente a todo ser humano que presente temporal o permanentemente una limitación, pérdida o disminución de sus facultades físicas, intelectuales o sensoriales para realizar sus actividades connaturales¹.

¹Ley para la atención de las personas con discapacidad en el Estado Chihuahua, última modificación 20/09/2006.

Existen dos tipos de personas con discapacidad visual, los *ciegos* y los *débiles o deficientes visuales*. Cuando hablamos de personas con ceguera es para referirnos a aquellas que no ven nada en absoluto o solamente tienen una ligera percepción de luz. Por otra parte, cuando hablamos de personas con deficiencia visual queremos señalar a aquellas personas que con la mejor corrección posible podrían ver o distinguir, aunque con gran dificultad, algunos objetos a una distancia muy corta [3].

En México existen 1.8 millones de discapacitados según datos del XII Censo General de Población y Vivienda 2000² [1]. De estos, 82 833 existen en el estado de Puebla. Del total de discapacitados el 26% corresponde a personas con discapacidad visual, y según la OMS (*Organización Mundial de la Salud*) *cada 5 segundos una persona se queda ciega en el mundo y a cada minuto un niño pasa a formar parte de la población mundial no vidente*. Esto sitúa en 7 millones el promedio de personas que pierden la vista cada año en todo el mundo, y se estima que para el año 2020 haya mas de 75 millones de ciegos en todo el mundo [2]. Si cada día aumenta el número de ciegos en todo el mundo, ¿Cómo ayudarlos a que tengan una rehabilitación adecuada así como una integración o reintegración a la sociedad, principalmente laboral? Aunque existen varias instituciones, gubernamentales, asociaciones y sociedades civiles y privadas que atienden a personas con capacidades diferentes no cubren el total de la población necesitada ya que en muchas ocasiones las personas son de bajos recurso, viven en zonas remotas por lo que les es complicado el traslado a los centros de rehabilitación³, los recursos económicos no les son suficientes para quizás trasladarse de su hogar al centro de rehabilitación, pagar las colegiaturas o cuotas de recuperación, entre algunos otros problemas que se den como familiares o hasta religiosos.

Existen 998 instituciones para personas con capacidades diferentes en México, según el Directorio Nacional de Asociaciones de y para Personas con Discapacidad que proporciona el INEGI [1] en el XII Censo General De Población y Vivienda 2000 con la fuente del Sistema Nacional de Información sobre Población con Discapacidad, donde todos los estados de la República Mexicana cuentan con asociaciones que brindan apoyo a personas con distintas discapacidades. Según este mismo directorio solo existen 369 asociaciones de las 998 que cuentan con atención e instalaciones especiales para personas con discapacidad visual, atienden en promedio a casi el 40% de la gente que pertenecen a la población de personas invidentes. Solo en 3 estados (Colima, Hidalgo y Morelos) operan en un 100%, y en el resto de las entidades sus instalaciones no satisfacen completamente las necesidades de los usuarios, esto se debe a que muchas de las instituciones no cuentan con recursos propios y los recursos que obtienen no les alcanza para comprar los equipos que en su mayoría es muy costosa su adquisición y el mantenimiento, de ahí que muchas de esas asociaciones no operen al 100% y por eso no tengan un mayor alcance a las personas que los necesitan. Un dato importante que muestra el directorio ya antes mencionado, es que las asociaciones tienen problemas, entre otros, principalmente de material y equipo inadecuado, siendo el 54.6% de las asociaciones con este problema, además de que mucho del personal capacitado no es suficiente para atender a las personas, siendo el 47.5% de las asociaciones con el problema de falta de personal profesional.

Con lo anterior se da a conocer que no todas las personas con discapacidad visual se les alcanza a satisfacer sus necesidades en cuanto a material o apoyo tecnológico, de ahí también que a las instituciones les resulte difícil y costoso cumplir las necesidades de cada usuario. Actualmente la tecnología para discapacitados visuales es muy costosa, en muchos casos inalcanzable para los usuarios finales.

²El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) realiza este censo cada 10 años.

³Llámesese escuelas especiales, hospitales o clínicas, centros de cuidado especial entre otros para cuidado de personas con capacidades diferentes.

1.3. Tecnologías adaptadas para discapacitados visuales

Hoy en día existe una gran variedad de productos nuevos para los discapacitados visuales. Algunos de estos productos están disponibles con proveedores de artículos especiales, mientras que otros están disponibles en Internet. Existen productos que cuentan con la ayuda de sonido, otros que son táctiles así como visuales para las personas con deficiencia visual. Las principales tecnologías adaptadas para discapacitados visuales se dividen en:

- Software para discapacitados visuales.
- Hardware para discapacitados visuales.

1.3.1. Software para discapacitados visuales

- **Lectores de Pantalla.** Son programas que sirven de intermediario entre la computadora y el usuario de la computadora, quien recibe una descripción en voz sintética por las bocinas de la computadora. El lector de pantalla más utilizado es *JAWS* de la empresa norteamericana Henter-Joyce⁴, que en su versión para Windows es líder absoluto del mercado. Existen dos versiones de *JAWS*, la Profesional con un costo de \$1,095 dólares y *JAWS Standard* con un costo de \$895 dólares, pero también existen algunas versiones demo [4].
- **Traductores Braille.** Este software permite, a partir de un texto en caracteres ASCII⁵, obtener su equivalente en Braille⁶, ofreciendo una versión en pantalla o impresora de tinta, usando fuentes Braille para revisión y ajuste previamente a la impresión definitiva en forma táctil. De esta forma se tiene, para la elaboración de textos en Braille, la facilidad de edición y corrección de los procesadores de palabras usuales. Uno de estos traductores, *Duxbury Braille Translator*, es comercializado por la compañía *Duxbury Systems, Inc.*
- **Sintetizadores de Voz.** Los sintetizadores de voz proveen una salida audible de la información contenida en la pantalla del computador, convirtiendo un texto ASCII estándar en un mensaje sonoro inteligible. Estos dispositivos de hardware se presentan en versiones para instalarse internamente en la computadora o como periféricos externos y pueden usarse con una amplia variedad de software lector de pantalla. Una de las opciones más accesibles, se presenta en algunas tarjetas de sonido provistas con equipos multimedia, como la *Sound Blaster*[5] .
- **Magnificadores de Pantalla.** Los magnificadores de pantalla despliegan la información en pantalla con varias opciones en cuanto a fuentes de caracteres y magnificación de la imagen o pantalla. La mayoría proveen una magnificación entre 1,5 y 3 veces del tamaño original; aunque algunos, como el *Super Vista*, de la compañía *Telesensory* [6] llegan hasta 16 aumentos. El programa *ZoomText Xtra*, de la firma *aiSquared* [7], integra un lector de pantalla y el magnificador de pantalla, con aumento hasta 16 veces el original, en 5 modos de zoom.

⁴Actualmente la compañía se llama Freedom Scientific.

⁵ASCII (acrónimo inglés de American Standard Code For Information Interchange) Código Americano Estandarizado para el Intercambio de Información.

⁶El braille es un sistema de escritura y lectura táctil pensado para personas ciegas. Fue inventado por el francés Louis Braille a mediados del siglo XIX.

1.3.2. Hardware para discapacitados visuales

- **Impresoras Braille.** Existen varios tipos de impresoras Braille, las cuales pueden trabajar conjuntamente con un software traductor de Braille o procesando un texto escrito directamente con las fuentes Braille disponibles. Según la marca y el tipo de impresora braille la resolución está dada por la cantidad de puntos que escribe. Una de estas impresoras, la TIGER 1000 [8], desarrollada por el Science Access Project y comercializada por View Plus Technologies, imprime texto Braille y gráficos directamente de aplicaciones Windows como MS Word, PowerPoint, Mathematica y CorelDraw.
- **Línea Braille.** La Línea Braille (Braille Display) es un hardware que provee acceso a la información en pantalla mediante la conversión de texto ASCII estándar en un formato del sistema Braille. En respuesta a la información de la computadora, el texto Braille se produce en el dispositivo por clavijas que pueden subir o bajar para formar los caracteres Braille. Freedom Scientific presenta versiones de 20, 40 u 80 caracteres Braille, de 6 u 8 puntos cada uno. PowerBraille es uno de los dispositivos más costosos, por ejemplo PowerBraille 40 (de 40 caracteres) tiene un costo de \$ 5,950 dólares, o el PowerBraille80 (de 80 caracteres) tiene un costo de \$ 10,550 dólares. Si se desea pagar un contrato de servicio se debe pagar \$ 400 dólares y \$ 550 dólares respectivamente, solo valido para un año [4].
- **Teclado Braille.** Existe una gran variedad de teclados brailles, en los que la finalidad es que el discapacitado visual escriba texto. Algunos de los teclados que hay en el mercado tienen las teclas más grandes y resaltando la letra de cada tecla. El Teclado de siete o nueve teclas corresponde a cada uno de los puntos braille (seis y ocho) y a la barra espaciadora; el caracter braille se escribe pulsando simultáneamente las teclas correspondientes a los puntos que lo forman. La Universidad Autónoma de Barcelona y la ONCE son los creadores de un nuevo teclado para computadora en braille, el cual permite a las personas no videntes con problemas motores en las manos escribir sin mayor dificultad. El teclado será comercializado por la ONCE a un precio de entre 600 y 800 euros [3].

Existen una gran cantidad de software y hardware para discapacitados visuales que también son más complejos, como reconocedores ópticos de caracteres, máquinas inteligentes de lectura, lectores de libros (hardware) entre muchos más. Pero aunque existe esta tecnología muy avanzada pero en la mayoría de los casos muy costosa, es muy difícil que asociaciones para discapacitados visuales logren comprar productos como el JAWS o PowerBraille80 que son el software y hardware más costosos del mercado, y peor aún es imposible que una persona con discapacidad visual de pocos recursos, que por su discapacidad no trabaja logre comprar alguna de estas herramientas.

Las necesidades de la vida actual nos exigen un uso del mundo de internet, escribir documentos en procesadores de textos, tener un correo electrónico para recibir y enviar información, incluso hasta chatear para tener una comunicación con alguna persona en cualquier parte del mundo, entre otras cosas. Pero para un discapacitado visual es difícil tener acceso a la tecnología adaptada y continuar con las exigencias de la sociedad. Estos son algunos de los problemas que dan pie a esta labor de continuar investigando y desarrollar una herramienta que satisfaga las necesidades de personas con discapacidad visual. Actualmente el proyecto TECBRAI está en la fase de mejorarlo, aún más, para satisfacer mejor las necesidades de los usuarios, esperando que esté al alcance de instituciones para la atención de discapacitados visuales y también al alcance de personas ciegas y deficientes visuales. Es por ello que en este trabajo se ha logrado mejorar el proyecto TECBRAI y tener una documentación bien establecida con los métodos científicos bien aplicados. Con la ayuda del modelado en lenguaje UML⁷ se ha

⁷UML (Lenguaje de Modelado Unificado).

logrado tener un esquema del funcionamiento y la interacción que hay entre el usuario y el sistema TECBRAI. Este esquema sirve también como documentación del proyecto para seguirlo mejorando tanto en hardware y software. Con esta herramienta, TECBRAI, se puede lograr que los discapacitados visuales puedan tener un mayor acceso a la información que existe en internet y acceso a la tecnología que es necesaria en la actual sociedad.

Capítulo 2

Primeros diseños

2.1. La idea principal

Inicialmente se pensó en crear una matriz de puntos que representaran caracteres en el sistema braille, dados por instrucciones en la computadora y representados con una matriz de alambre muscular, pero esta idea no funcionó, además de que el alambre muscular es muy costoso. Se necesitaba crear un mecanismo que permitiera representar texto en sistema braille. Entre varias ideas y experimentos se pensó en una línea braille. Se necesitaba desarrollar un mecanismo que permitiera elevar puntos representado texto en sistema braille.

2.2. Línea Braille

El primer elemento que se empezó desarrollar fue la línea braille, por lo que se consiguió una línea braille de plástico (esta línea es la que se utiliza para escribir texto braille). Se pensó en utilizar esta herramienta porque así se respetaría los estándares existentes en el formato de los caracteres braille. Este formato estándar consta de medidas exactas entre punto y punto de cada caracter, así como la distancia entre caracter y caracter braille [9]. Esto se muestra en la siguiente figura 2.1

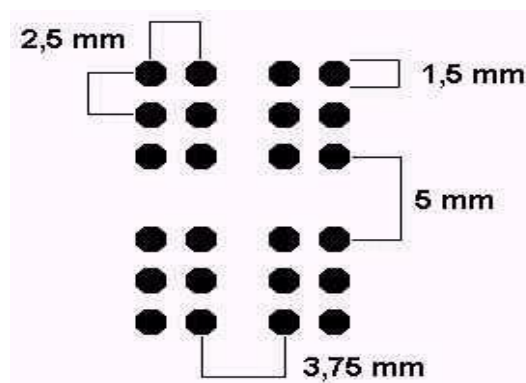


Figura 2.1: Distancias entre puntos y caracteres Braille

La línea braille de plástico sirvió como molde para ponerla sobre una línea hecha de aluminio. Esta línea tiene la capacidad de contener 28 caracteres braille, los cuales son representados con *agujas* que fueron incrustadas en las líneas, estas agujas se hicieron con alfileres comunes.

Debajo de la línea braille de aluminio se le adhirieron dos imanes en tira de plástico, con el suficiente magnetismo para que las agujas permanecieran elevadas y no bajaran solas por la gravedad, además de permitir al usuario que con el simple tacto de su dedo no se bajara las *agujas*. Las figuras 2.2, 2.3 y 2.4 muestran la línea braille.



Figura 2.2: Línea braille



Figura 2.3: Línea braille



Figura 2.4: Línea braille

2.3. Circuito y placa de TECBRAI

Todo el mecanismo partió de hardware basura, es decir una impresora de matriz de puntos antigua, donde se aprovecho la matriz de puntos de la impresora, el transformador, la base de plástico y los engranes. El motor paso a paso se cambió por otro motor paso a paso unipolar. Se empezó a trabajar en el diseño del circuito, el objetivo fue desarrollar un sistema electrónico que permitiera mover un motor paso a paso, controlar la matriz

de puntos para representar caracteres en braille. Para satisfacer estas necesidades del proyecto se trabajó con circuitos electrónicos, estos deberían permitir recibir datos e interpretarlos en la línea braille, por lo que se trabajó con los circuitos ULN2803 y 74HCT573¹, y además otros componentes. Una vez que se investigó cómo interactuarían los circuitos con el motor y la matriz de puntos, así como de los demás componentes, se diseñó la placa. La figura 2.5 muestra el diseño del circuito y la figura 2.6 muestra el circuito terminado y conectado.

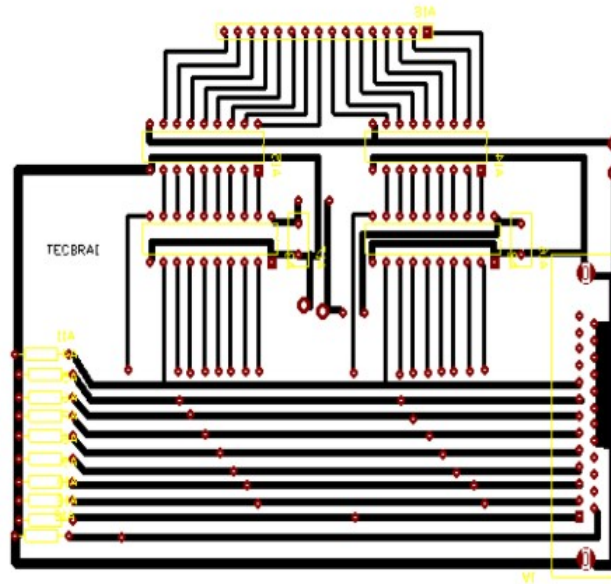


Figura 2.5: Placa TECBRAI

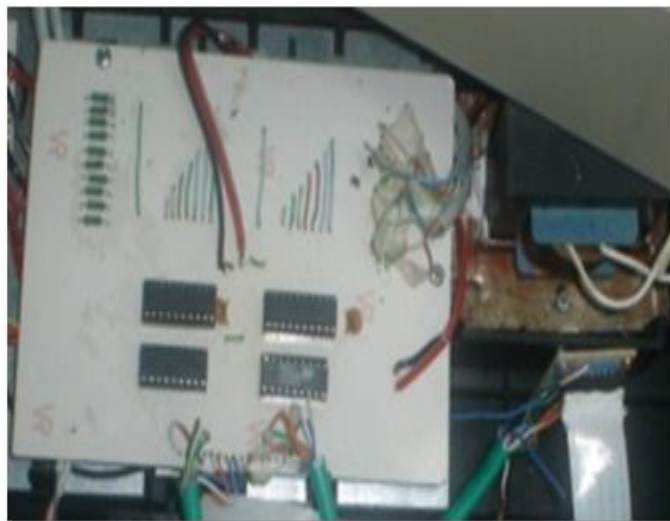


Figura 2.6: Circuito

¹En el capítulo 4 se muestra el funcionamiento de los circuitos ULN2803 y el 74HCT573 así como de los demás componentes electrónicos

2.4. Cabezal y motor de TECBRAI

Una vez creado el circuito electrónico, el mecanismo próximo a desarrollar debía cumplir con la tarea de convertir el texto escrito en la computadora y ser interpretado por el mecanismo. Estas tareas software y hardware se hicieron en paralelo, por lo que en el próximo subtema se tratará el desarrollo del software. Para el desarrollo del hardware, como ya se describió anteriormente, se utilizó una vieja impresora marca Olivetti, de las cuales se reutilizaron varias partes, como el engranaje, la base, la matriz de puntos y el transformador de voltaje. A la matriz de puntos, se le dio el nombre de cabezal. Entre las modificaciones fue forzar a las agujas que se encuentran dentro del cabezal de tal forma que representara una celda braille, además se le quitaron algunas agujas que ya no eran necesarias. En la parte interior y superior del cabezal se le hicieron unas bases de plástico en forma de celda braille, esto logró forzar a las agujas de su forma *natural* y así tomaran la forma necesaria para que el cabezal pudiera golpear las agujas de la línea braille y representar el texto en sistema braille. A continuación se muestra el cabezal en la figura 2.7.

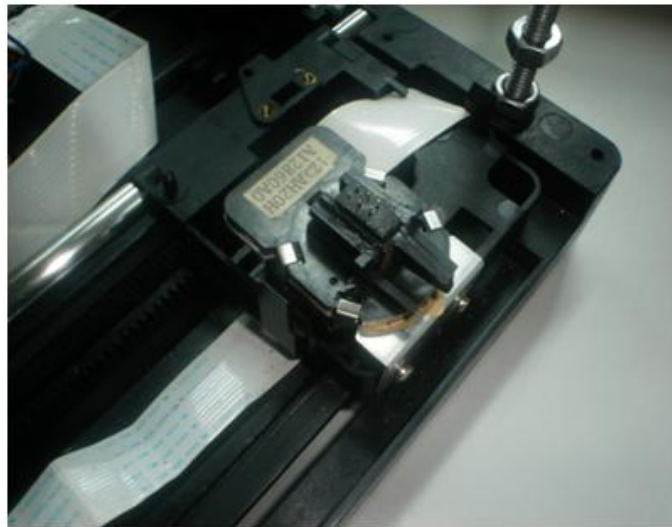


Figura 2.7: Cabezal

Para lograr subir las agujas de la línea y así representar los símbolos braille se colocó un motor unipolar en el sistema de engrane de la impresora, logrando el desplazamiento del cabezal, que se encuentra ubicado debajo de la línea braille. Entonces el funcionamiento principal del motor es ubicar el cabezal en la línea braille. El cabezal golpea las agujas de la línea y el motor avanza para posicionar de nuevo el cabezal en otra celda braille, así sucesivamente y representar el texto en braille. Una vez que se terminó el espacio para avanzar, el motor regresa el cabezal en posición de escritura. En la figura 2.8 se muestra el motor en la base de la impresora embonado en el engranaje.

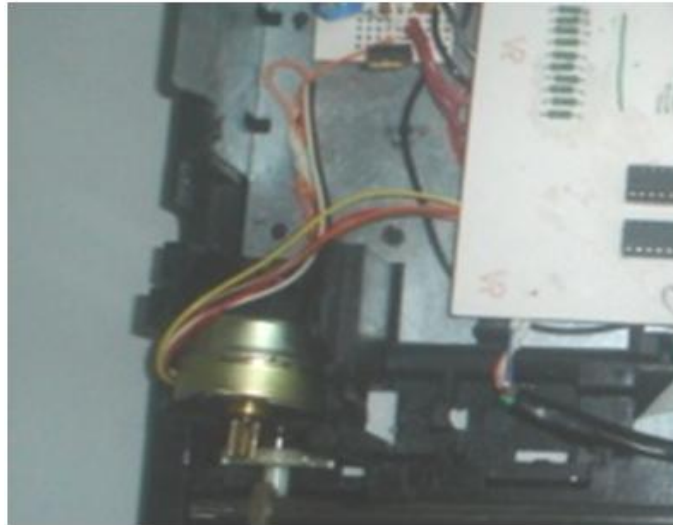


Figura 2.8: Motor

2.5. Software de TECBRAI

El software de TECBRAI tiene dos objetivos:

1. El primero es un editor de textos, este tiene una interfaz gráfica para los usuarios, débiles visuales y los normovisuales, además de una interfaz de audio tanto para débiles visuales y ciegos.
2. El segundo es proporcionar una comunicación entre computadora y el mecanismo de TECBRAI, permitiendo controlarlo e indicando que actúe el motor o el cabezal.

2.6. Editor de Textos

El editor de textos contiene una interfaz gráfica, donde el usuario escribe el texto y este aparece en un formato de letra grande, permitiendo al débil visual, si está en su capacidad, lograr ver el texto que haya escrito. Los *ciegos* pueden utilizar este editor de textos, aunque por su discapacidad no lo pueden hacer visualmente lo pueden hacer auditivamente y táctilmente. De manera táctil el usuario puede utilizar un teclado adaptado que se describe en el siguiente subtema. De manera auditiva el programa cuenta con un lector de textos, es decir que el usuario podrá escuchar lo que haya escrito en el editor. Esta ayuda auditiva es para los usuarios ciegos y débiles visuales, aunque los *normovisuales* pueden usarlo. Para el caso de los *normovisuales* tiene la opción de dividir la pantalla del editor y visualizar el texto en una fuente braille. Esto sirve para que el usuario normovisual se pueda familiarizar con la escritura en el sistema braille. A continuación se muestra la interfaz del editor de textos de TECBRAI en la figura 2.9.

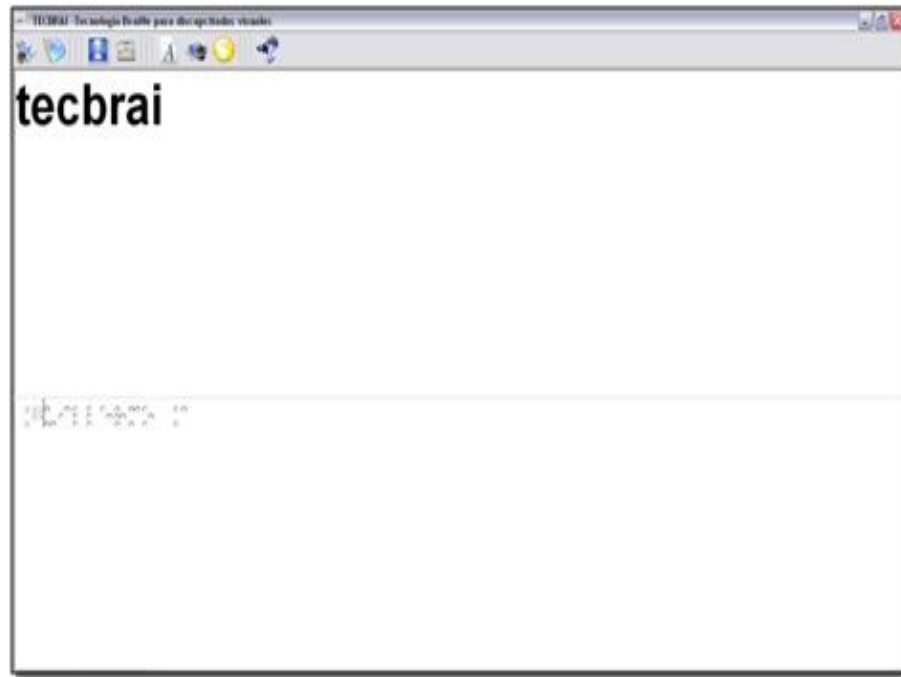


Figura 2.9: Editor Textos de TECBRAI

2.7. Teclado de TECBRAI

Para hacer más completo el proyecto se pensó en el siguiente razonamiento. *"Si se busca que el discapacitado visual se incorpore a la sociedad, pueda ir a trabajar a su oficina o simplemente ir a un café internet sin cargar siempre un teclado especial para ciegos, ¿por qué no desarrollar nuestro propio teclado que sirva como entrenador al usuario y le permita usar cualquier teclado común de cualquier computadora?"*.

Este teclado tiene mucha importancia en el proyecto TECBRAI. El teclado es un teclado de computadora normal. En cada tecla se le incrustaron relieves para poder representar las letras en el sistema braille, estos relieves son las cabezas planas de alfileres. El propósito de este teclado es que el usuario llegue a manejar un teclado normal de computadora y realizar lo que las personas con visión no limitada hacemos cuando escribimos utilizando un teclado, escribimos sin ver, y en muchas ocasiones hasta ni nos damos cuenta. Es por eso que este teclado permite al discapacitado visual utilizar cualquier teclado, porque el teclado con los relieves en braille sirve como entrenador de teclados normales de PC. La figura 2.10 muestra el teclado.



Figura 2.10: Teclado adaptado para TECBRAI

Capítulo 3

Modelado de TECBRAI con Visual UML Paradigm

En el apéndice 8.2 se encuentra el modelado en UML del proyecto TECBRAI, así como la documentación generada en Visual UML Paradigm (VUMLP). En VUMLP se crean proyectos de modelado con cualquiera de los 13 diagramas de UML 2.0 (Diagrama de caso de uso, diagrama de clases, diagrama de secuencia, diagrama de comunicación, diagrama de máquina de estados, diagrama de actividades, diagrama de componentes, diagrama de despliegue, diagrama de objetos, diagrama de paquetes, diagrama de tiempos, diagrama de estructura compuesta y diagrama de vista de interacción)[10]. Esta herramienta ha permitido que el proyecto TECBRAI sea mejorado tanto en software como en hardware, además se ha logrado generar una documentación bien fundamentada y realizada bajo métodos científicos. A continuación se explican las funciones principales en el software para controlar el hardware mostrando su interacción entre estos; esto mediante diagramas de flujo generados en VUMLP.

3.1. Diagramas de Flujo para TECBRAI

Como ya se mencionó en el capítulo 2 el software de TECBRAI es un editor de textos y es el que controla el mecanismo para que funcionen tanto el motor como el cabezal. El programa cubre varias funciones donde el editor de textos interactúa con el mecanismo. El editor de textos tiene varias funciones importantes, que posteriormente se explicarán a detalle en este capítulo, además cuenta con funciones como la de hablar el texto escrito en el editor, así como la función de escribir el texto en la línea braille. La función *hablar* es la que se encarga de reproducir en audio el texto escrito por el usuario. El propósito de esta función es que el usuario ciego o débil visual pueda escuchar el texto que ha escrito y pueda saber lo que escribe sin perder el sentido de lo que escribe. La función *enviar* es la que se encarga de escribir en la línea braille el texto escrito por el usuario, esto lo hace mediante una traducción del alfabeto al sistema braille. En el próximo capítulo se habla de esta traducción o equivalencia necesaria para representar un símbolo braille a partir del alfabeto (ver la sección 4.6. Código para representar el alfabeto en el sistema braille).

3.1.1. Inicialización de variables

El diagrama de la figura 3.1 muestra algunas variables públicas, necesarias y utilizadas en varios métodos del programa de TECBRAI.

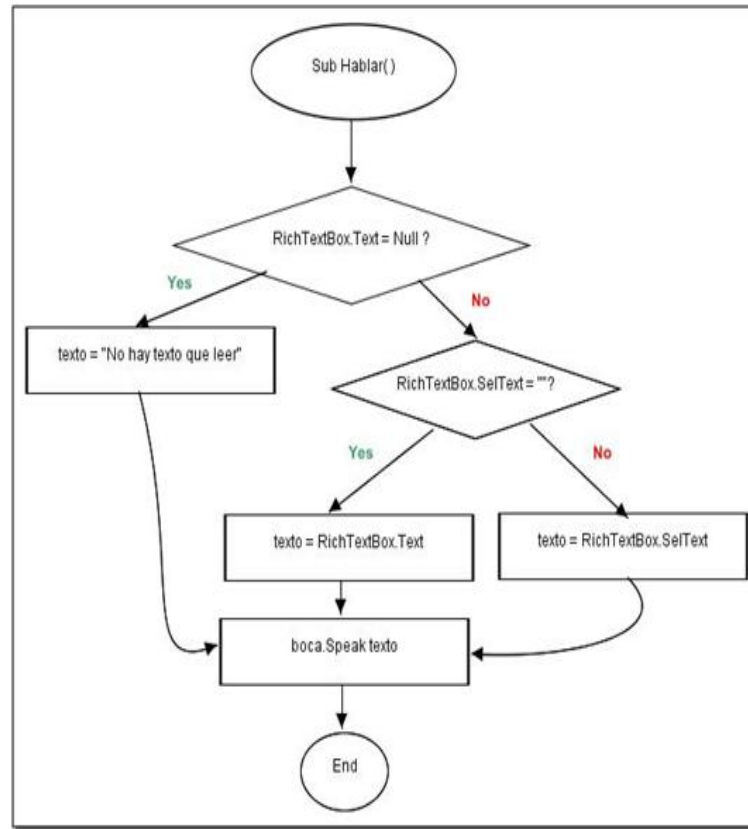


Figura 3.2: Diagrama de flujo de la función hablar()

3.1.3. Función hablarultimo()

Como su nombre lo dice, el programa lee la última palabra del texto escrito por el usuario cuando presiona la tecla F3. El proceso es parecido al de la función hablar. Primero verifica que el campo de texto no sea nulo, en caso de ser nulo escribe en la variable *texto*, “no hay texto que leer” y ejecuta el objeto *boca* con lo que contenga la variable *texto*, es decir: “*boca.Speak texto*” y termina. En caso de que el campo de texto no sea nulo, entonces hace el siguiente proceso para obtener la última palabra del texto. Primero quita los espacios en blanco al principio y al final del texto que se encuentra en el campo de texto y lo asigna a la variable *texto*, posteriormente obtiene el tamaño del texto y después obtiene la posición donde inicia la última palabra con la función *InStrRev*, esta revisa la cadena y devuelve la posición donde encuentra un espacio en blanco que quiere decir que ha encontrado el inicio de la última palabra.

```

texto = Trim(RichTextBox.Text)
tamaño = Len(texto)
posición = InStrRev(texto, " ", tamaño)
  
```

Después verifica que la posición sea distinta de 0, porque si fue así quiere decir que solo el usuario ha escrito una palabra por lo que es reproducida por el objeto *boca*. En caso de que la posición sea distinta de cero se obtiene la cantidad de letras a leer y esta información se obtiene restando el tamaño y la posición. Después se obtiene la palabra con el número de letras con la función *Right* que permite obtener el texto más a la derecha de una cadena, y por último esa última palabra obtenida es reproducida por el objeto:

```

letras = tamaño - posición
ultima = Right(texto, letras)

```

En la figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo de esta función.

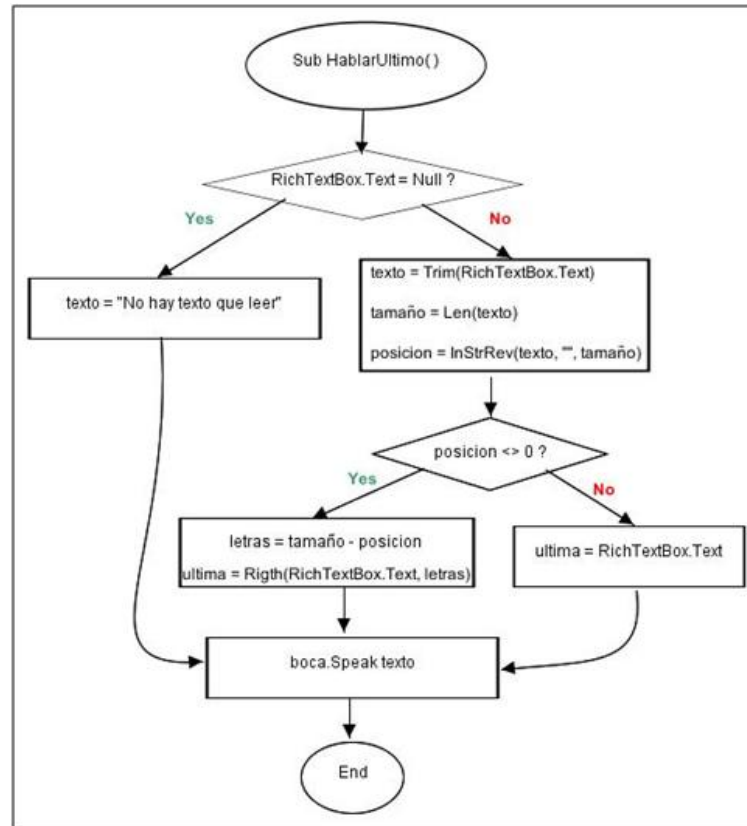


Figura 3.3: Diagrama de flujo de la función hablarultimo ()

3.1.4. Función enviar()

En la figura 3.4 se muestra el diagrama de flujo de la función *enviar* que es la que se encarga de dictar la señal para que los mecanismos del motor y del cabezal actúen cuando se presiona la tecla **F5**. Los datos que se obtienen en esta función es la de obtener el texto escrito o el texto seleccionado por el usuario en el editor de textos, y esta información sea pasada al *timer 1*. El procedimiento es el siguiente:

La variable *texto* es la que obtiene el texto próximo a enviarse al mecanismo, por lo que se inicializa, posteriormente verifica si en el campo de texto ha sido seleccionado, en caso de ser verdad con la función *Trim* quita los espacios en blanco antes y después del texto seleccionado y se le asigna a la variable *texto*, en caso de que el campo de texto no haya sido seleccionado entonces quita los espacios antes y después del texto escrito y lo asigna a la variable *texto*.

Cual haya sido el caso anterior se debe validar que la variable *texto* no sea nula, en caso de serlo ejecuta el objeto *boca* reproduciendo la frase de “No hay nada que enviar a la línea braille”. Pero si *texto* no es nulo, que es el

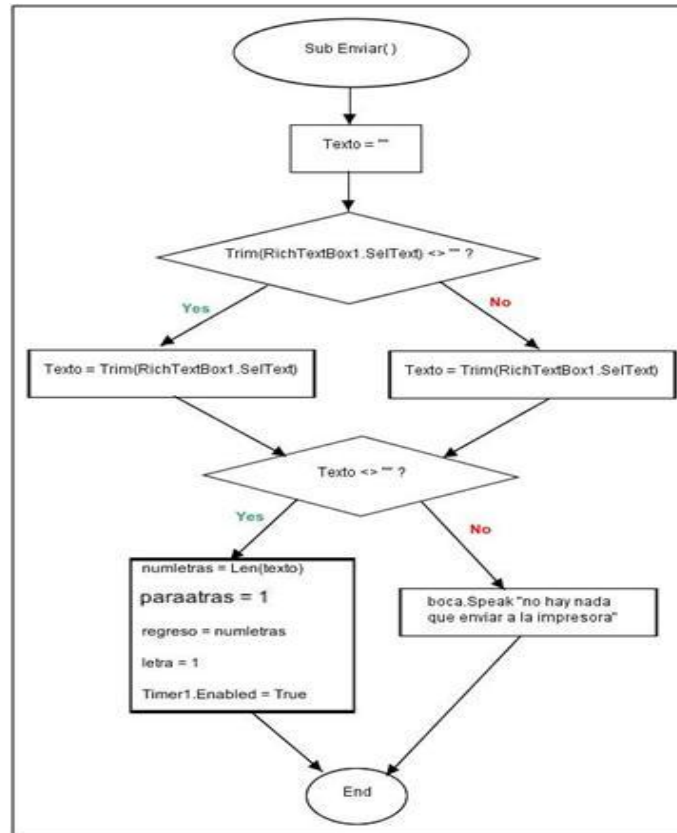


Figura 3.4: Diagrama de flujo de la función enviar ()

objetivo, se procede a obtener el número de letras a escribir, asignándole ese valor a la variable *numletras*, esta variable se encarga de saber cuántos caracteres serán escritos, incluyendo espacios en blanco, este mismo valor es asignado a la variable *regreso*, que es la que se encargará de saber cuántos espacios deberá regresar el cabezal. También se inicializa con 1 la variable *paraatras*, y la variable *letra*. La variable *paraatras* es una variable de control, esta controla cuantas celdas braille debe regresar el cabezal, y se hace mediante una validación con la variable *regreso* (ver la sección 3.1.7. Retrocede Cabezal. Timer 3) que es el tope de cuando debe para el motor. La variable *letra* es la que controla hasta cuando dejará de escribir el cabezal. Ya por último se habilita el **timer 1**.

3.1.5. Escribe cabezal. Timer 1

El **timer 1** es el que manda por el puerto paralelo a que el cabezal escriba en la línea braille, este proceso se ilustra en la figura 3.5. La función actúa de la siguiente manera:

Inicializa a la variable *espera*. Esto hará que permanezcan arriba las agujas aproximadamente un segundo, después deshabilita el timer 1, esta acción permite dar paso a otro timer una vez que finalice esta función.

A continuación se valida si *letra* es menor o igual al número de letras a escribir (" $letra \leq umletras$ "), en caso de ser falso, es decir si ya se escribieron todas las letras entonces activa el **timer3**, termina el proceso del timer 1 y ejecuta el timer 3 para hacer retroceder al cabezal. Pero si la validación anterior es cierta entonces se obtiene

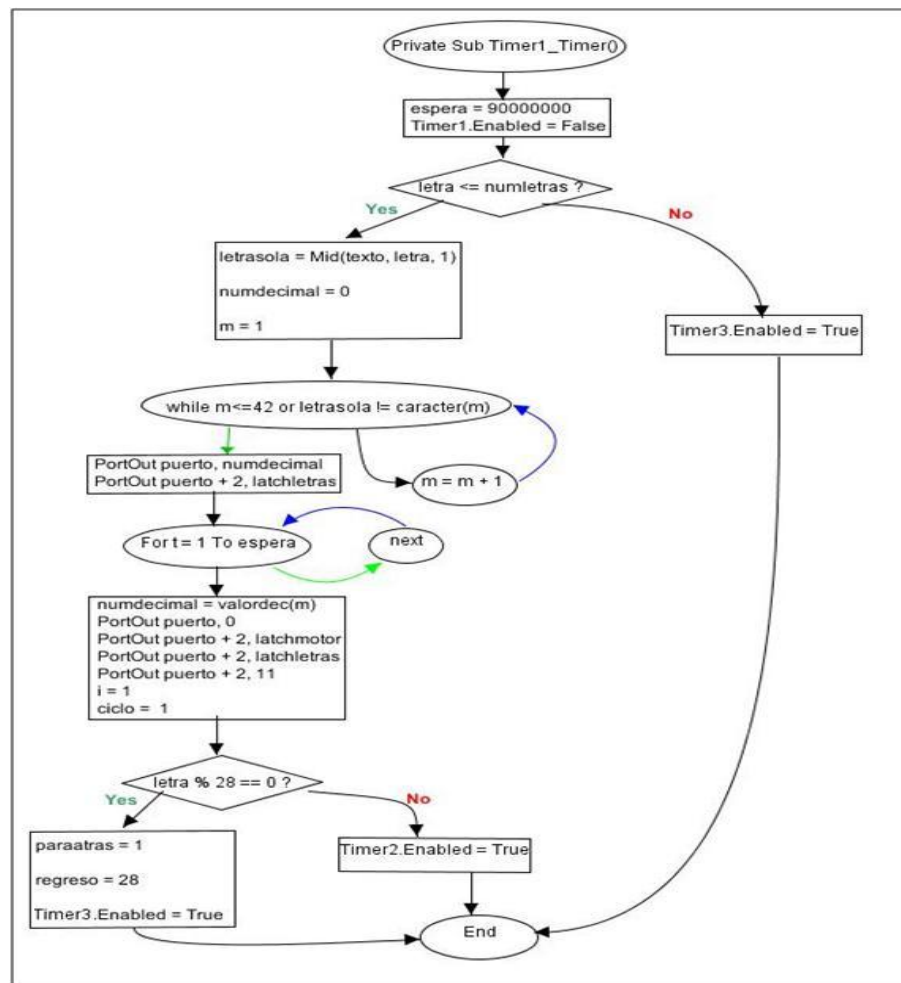


Figura 3.5: Diagrama de flujo del Timer 1

la letra a escribir por medio de la función *Mid*, esta función envía a la variable *letrasola* una letra de la variable *texto*, y esta letra será la que se representará en la línea braille. Se inicializa las variables *m* en 1 y *numdecimal* en 0, esta última variable le será asignado el valor que corresponda en decimal de la letra a escribir, según la tabla del código para representar el alfabeto en el sistema braille (ver la sección 4.6 Código para representar el alfabeto en el sistema braille). El ciclo de repetición *while* es para obtener el número decimal de la letra a representar. Una vez obtenido es asignado a la variable *numdecimal*. Este número es enviado por el puerto paralelo y posteriormente activa el *latch* que activa el cabezal para que los datos enviados sean representados en la línea braille ². Se hace un ciclo *for 1 to 90000000*, este ciclo permite que por casi un segundo las agujas del cabezal permanezcan elevadas para representar el carácter braille en la línea braille. Una vez que ha escrito el cabezal se debe *limpiar* el puerto paralelo, esto se hace con las siguientes instrucciones:

```
PortOut puerto, 0
```

```
PortOut puerto + 2, latchmotor
```

```
PortOut puerto + 2, latchletras
```

²La instrucción `PortOut puerto`, indica que se envían datos por los pines de datos del puerto paralelo, y la instrucción `PortOut puerto + 2` (dirección hexadecimal 37A) indica que se envían datos por los pines de estado del puerto paralelo. La instrucción `PortOut puerto + , 11` que los 2 latch son desactivados (ver la sección 4.5 Funcionamiento y control del motor y cabezal).

PortOut puerto + 2, 11

Una vez que se limpia el puerto paralelo se inicializan las variables i y $ciclo$ en 1, estas variables controlan el movimiento del motor. Si el número de caracteres del texto es mayor que la cantidad de celdas que tiene la línea braille, que son 28 celdas braille, el programa valida que el cabezal si se encuentra en la última celda braille entonces regresará al cabezal habilitando el *timer 3*, pero si no es así activa el *timer 2* para indicar al motor que avance al cabezal.

3.1.6. Avanza cabezal. Timer 2

Este proceso permite que el motor posicione al cabezal en una próxima celda braille debajo de la línea. Este diagrama se muestra en la figura 3.6.

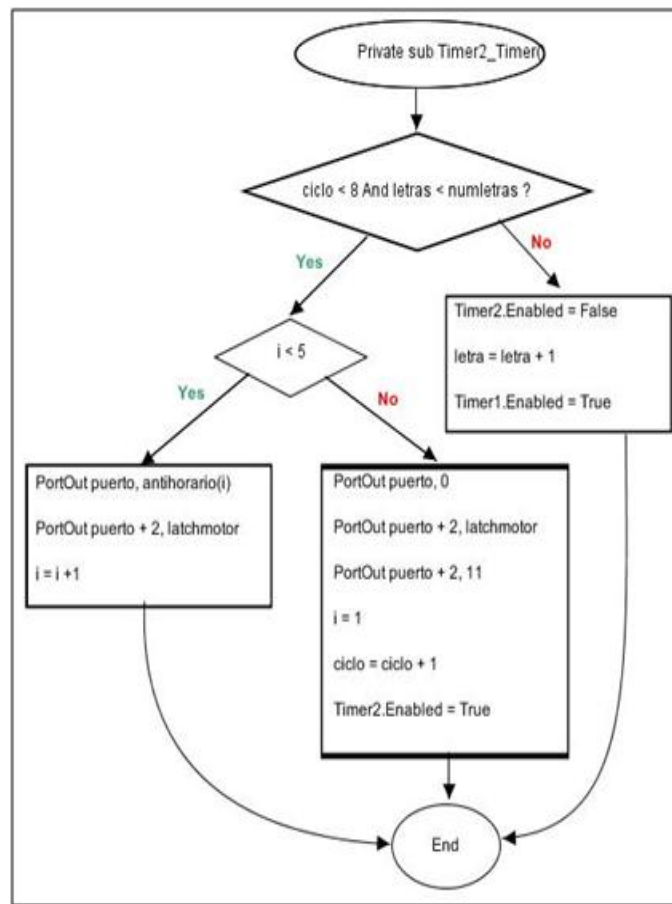


Figura 3.6: Diagrama de flujo del Timer 2

El *timer 2* es activado cuando el cabezal aun no ha escrito el último carácter, y se mantiene activo mientras no termine ejecutar los ciclos del motor. Las variables $ciclo$ e i controlan las acciones del motor, para hacer que el cabezal avance a otra celda braille de la línea el eje del motor debe dar 8 vueltas, y la variable $ciclo$ controla ese número de vueltas, pero cada vuelta del motor es un ciclo de 4 pasos y son controlados por la variable i (ver la sección 4.5. Funcionamiento y control del motor y cabezal). El proceso es el siguiente:

Primero se verifica que el ciclo de vueltas del motor haya terminado y que se hayan terminado de escribir el cabezal, si esto es verdad quiere decir que ha terminado de escribir, por eso se desactiva el timer 2, se incrementa la variable *letra* y se activa el timer 1, que por sus condiciones activará el timer 3 para hacer retroceder al cabezal (ver la sección 3.1.7. Retrocede cabezal. Timer 3). Pero si el motor aun no termina su ciclo entonces pasa a otra validación, que *i* sea menor a 5, esto verifica que el motor termine el ciclo de pasos. Si el motor debe avanzar pasos entonces envía al puerto paralelo la posición que le indique el índice *i* en el arreglo de antihorario, activa el *latch* del motor y el motor da un paso. Pero si la validación de $i < 5$ es falsa entonces limpia el puerto paralelo, reinicia la variable *i* en 1 e incrementa la variable *ciclo*, dando a entender que el motor ya ha dado una vuelta. Pero sea falsa o verdadera la validación anterior no deshabilita el timer 2, por lo que el proceso no ha terminado volviendo a ejecutar el timer 2 hasta que haya terminado el ciclo de vueltas o terminado de escribir.

3.1.7. Retrocede cabezal. Timer 3

Cuando es ejecutado el **timer 3** quiere decir que el cabezal debe regresar a su posición original. En la figura 3.7 se muestra el diagrama de flujo.

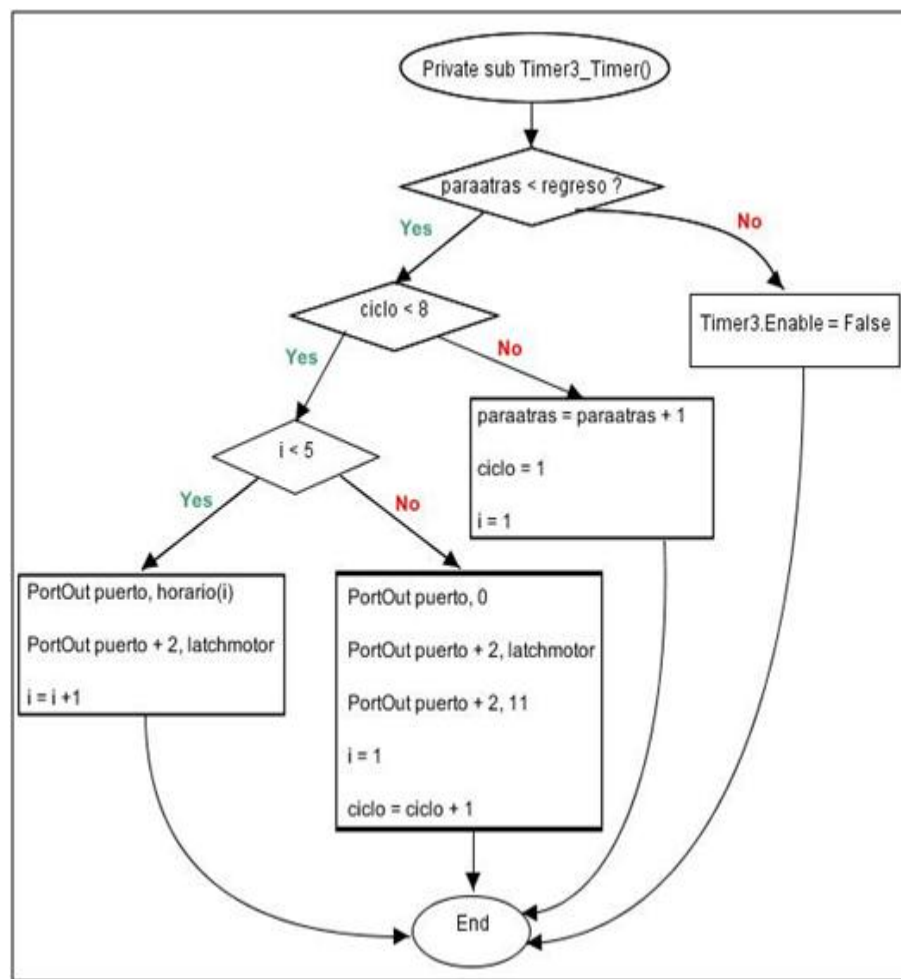


Figura 3.7: Diagrama de flujo del Timer 3

Se debe recordar que las variables *paraatras* y *regreso* se les asignó valores en el método *enviar*, donde la variable *paraatras* inicialmente tiene el valor de 1 y *regreso* tiene el valor del número de letras que se escribieron. La variable *regreso* es el indicador de cuándo debe parar el motor. El proceso del timer 3 es el siguiente:

Primero se verifica que *paraatras* sea menor que *regreso*, en caso de ser falsa esta validación quiere decir que el proceso de regreso del cabezal ha terminado, por eso se deshabilita el timer 3. Pero si es verdadera verifica que el ciclo de vueltas sea menor a 8, si esto es falso, entonces incrementa la variable *paraatras* y reinicializa las variables *i* y *ciclo* en 1, y como aun sigue activo el timer 3 vuelve a iniciar el proceso del timer 3. Si el ciclo de vueltas es menor que 8 entonces verifica que el ciclo de pasos termine, esto mediante la siguiente validación, $i < 5$, si es verdad quiere decir que el ciclo de pasos no ha terminado y envía por el puerto paralelo el valor de *horario(i)*, activa el *latch* del motor y el motor ha dado un paso de regreso, incrementa a *i*, y se vuelve a ejecutar el timer 3 ya que no se ha desactivado. Pero si $i < 5$ es falso entonces se limpia al puerto paralelo y desactiva el *latch* del motor y del cabezal. Reinicializa *i* en 1 e incrementa a la variable *ciclo*. Como el timer 3 no ha sido desactivado vuelve a ejecutarse el timer 3 hasta que la primera condición sea falsa.

3.1.8. Teclas de Función

Debido a que el usuario ciego y tal vez el débil visual no pueden utilizar el ratón de la computadora se programaron algunas teclas de función, para que en el editor de textos puedan ser ejecutadas algunas tareas, como escuchar el texto escrito, enviar al cabezal a escribir en la línea braille. El siguiente diagrama de la figura 3.8 muestra las actividades que se pueden ejecutar con las teclas de funciones dentro del editor de textos.

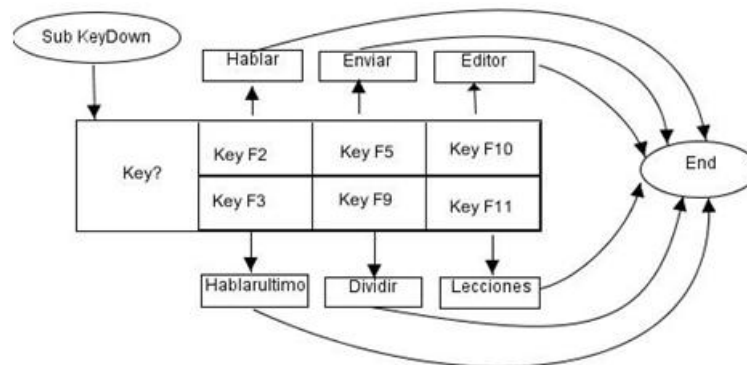


Figura 3.8: Diagrama de las Teclas de Función

Parte II

MEJORAS AL SISTEMA TECBRAI

Capítulo 4

Mejoras al sistema TECBRAI en hardware

4.1. Nueva línea braille

Debido a los problemas presentados con la línea braille de aluminio se trabajó sobre otro material para crear una nueva línea braille. La nueva línea braille está hecha con Nylamid®, que es un polietileno de alta densidad (*HDPE*, por sus siglas en inglés *High-Density polyethylene*)¹. Es un plástico incoloro, inodoro, no tóxico, fuerte y resistente a golpes y productos químicos [11]. Este material es apropiado para la fabricación de prótesis o contenedores y partes industriales, por lo que lo hace un material ideal para la fabricación de la línea braille. La línea braille anterior fue hecha sin herramienta profesional, por lo que los orificios que forman una celda braille no estaban alineados debidamente, provocando que el cabezal no golpeará las agujas de forma correcta. Cabe mencionar que todas las agujas de la línea braille de aluminio fueron cortadas sin precisión, provocando una gran variación de tamaños en estas.

La nueva línea braille fue cortada y perforada en un laboratorio industrial, donde la lámina de Nylamid® fue introducida en un taladro industrial programado, este se programó con las medidas y los orificios que se necesitaban. Además en esta línea se le hizo una *pestaña* a cada orificio para que las cabezas de las agujas quedaran a ras del nivel de la línea, y así estas no se confundieran con el relieve de un carácter braille (ver figura 4.1).

La línea braille contiene 28 celdas braille al igual que una reglilla braille, pero eso no la limita, ya que el programa está diseñado para que indique al mecanismo que debe regresar y posicionarse de nuevo en la primera celda braille y volver a escribir. Las agujas se cortaron manualmente, utilizando calibradores micrométricos, logrando una mayor precisión en el tamaño de las agujas.

En la figura 4.2 se pueden observar las "pestañas" de los orificios, que es lo que permite que las cabezas de las agujas no sobre salgan de la línea braille y se lleguen a confundir con un carácter braille. Las figuras 4.3 y 4.4 muestran dos vistas de agujas elevadas por el cabezal representando un carácter braille.

¹Se trata de un polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas

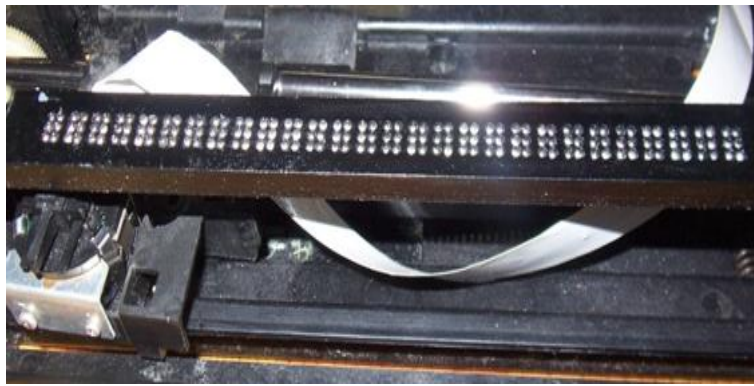


Figura 4.1: Línea Braille de Nylamid



Figura 4.2: Pestañas de la línea

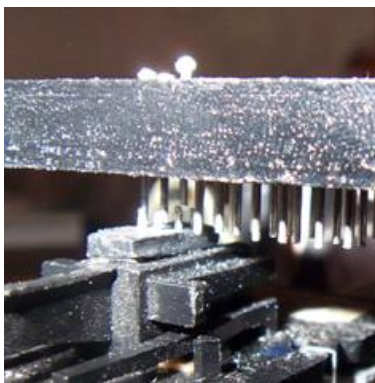


Figura 4.3: Vista frontal de caracter braille

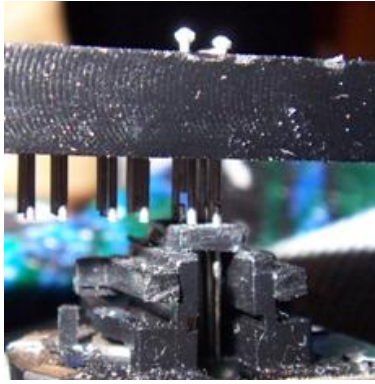


Figura 4.4: Vista posterior de caracter braille

4.2. Placa del circuito TECBRAI modificada

La ubicación de la placa no era la mejor ya que algunos de los cables se trozaban, por lo que la nueva placa se tenía que prevenir que se rompieran los cables o se desoldaran. Para mejorar la placa del circuito y prevenir desperfectos se volvió a hacer la placa y soldar todos los componentes. A la placa se le agregó un conector hembra de puerto paralelo, esto permite tener una comodidad al conectar el mecanismo con la computadora, previniendo la ruptura de cables en la placa. Al circuito también se le hizo un cambio de orientación permitiendo que el conector del puerto paralelo tenga una salida para ser conectado por el cable paralelo. La nueva placa ahora luce más limpia sin cables sueltos. La la figura 4.5 muestra la placa del circuito mejorada (el diagrama de las pistas de la placa se muestra en la figura 2.5).

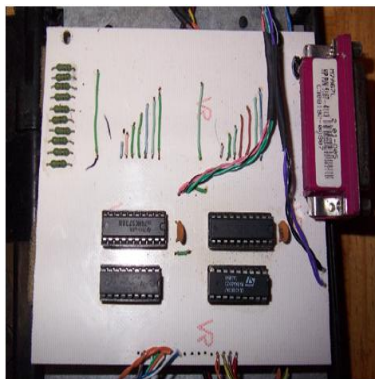


Figura 4.5: Placa del circuito TECBRAI

A continuación se da una lista de los elementos utilizados en la fabricación del circuito (ver tabla 4.1) y el siguiente subtema muestra el funcionamiento de los circuitos **ULN2803** y el **74HCT573** para que funcione el motor y el cabezal.

2	capacitores C. de 100 μ f
2	integrados 74HCT573
10	resistencias de 10K 1/2 w
2	integrados ULN2803
1	placa fenólica 10x15
2	soquet para ULN2803
2	soquet para 74HCT573
1	Conector hembra para puerto paralelo

Tabla 4.1: Elementos para el circuito

4.3. Funcionamiento de los circuitos 74HCT573 y ULN2803 para trabajar con el motor y el cabezal

Una descripción rápida y entendida del propósito de los circuitos **74HCT573** y el **ULN2803** es la siguiente: el 74HCT573 es un latch o memoria y recibe datos por medio del puerto paralelo, y un bit de control es quien libera los bits almacenados y así enviarlos al ULN2803, este último circuito amplifica el voltaje y lo envía al motor o al cabezal para hacerlos funcionar. Veamos con detalle el funcionamiento de estos circuitos integrados.

El CI 74HCT573 es un latch octal. Un latch es un circuito electrónico usado para almacenar información. Este circuito puede almacenar hasta 8 bits de información, por lo que este CI sirve para retener un dato en su entrada, y liberar ese dato en su salida solo cuando una señal específica se presente; es decir, los pines 2 al 9 del integrado son las entradas de datos, los pines 12 al 19 son las salidas, el pin 11 se denomina en inglés Latch Enable, y es una entrada de control que causa que los pines 12 al 19 reflejen el dato presente en los pines 2 al 9. Esto quiere decir, que los datos en las salidas del integrado no sufren cambios con respecto a los datos en la entrada. Cuando la entrada de control (pin 11) va a estado alto (a 5v) las salidas quedan conectadas con las entradas haciendo que quede reflejado en las salidas. Si dicha terminal de control (pin 11) se mantiene alto y los datos en las entradas cambian, las salidas cambiarán también.

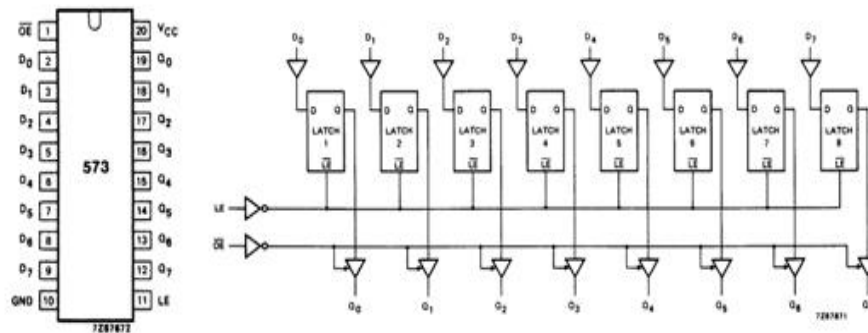


Figura 4.6: Diagrama del CI 74LCH573

El software es quien controla a los CI, ya que los dos latch corresponden: uno al motor y el otro al cabezal. El

programa envía los datos a los dos latch, pero también elige a qué latch liberar, es decir, activar la terminal de control para mover el motor o el cabezal. Los datos que son enviados a los latch son una secuencia de bits para mover un motor paso a paso o para activar el cabezal.

Para hacer funcionar el motor o el cabezal se necesita un voltaje de 12v, por lo que el voltaje de las salidas de los latches es insuficiente, ya que es de 5v. El CI ULN2803 logra elevar el voltaje por medio de 8 transistores NPN que se encuentran en su interior. Además se puede decir que todos los componentes de protección y limitación de corriente en los transistores de potencia están incluidos dentro del circuito integrado, previniendo picos de voltaje o voltajes negativos. Es normal que la cápsula de este circuito integrado esté tibia con respecto a la temperatura ambiente. Esto se debe a que la corriente elevada a 12v circula por el interior del circuito generando calor. Un uso excesivo de potencia puede hacer que el circuito pueda quemarse, esto se debe tener muy en cuenta en el manejo del control de el cabezal o el motor, es decir, si el latch tiene su bit de control activo puede dejar prendido el ULN y sobrecargarlo, y de esto se debe encargar el software [12].

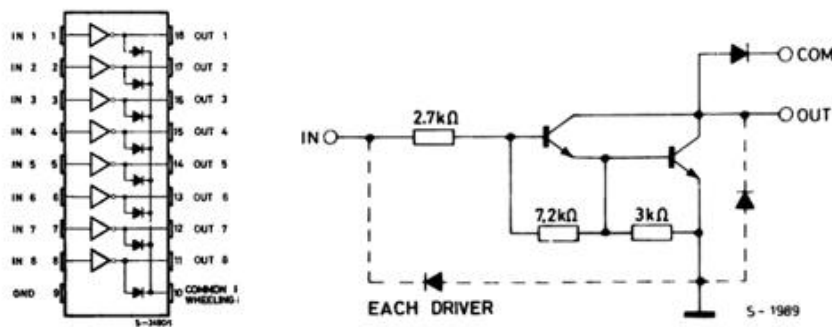


Figura 4.7: Diagrama del CI ULN2803

Estos circuitos hacen funcionar al motor y al cabezal. En el circuito del mecanismo de TECBRAI se utilizaron 2 CI 74LHC573 y 2 CI ULN2803, generando un bus de comunicación para el cabezal y el motor, permitiendo controlarlos por medio del software. Por ejemplo, para hacer funcionar el cabezal se necesita un 74LHC573 que es quien recibe los bits desde el puerto paralelo, en estos bits también va el bit de control, para determinar si se debe activar el motor o el cabezal, posteriormente esos bits son enviados al ULN2803 para incrementar el voltaje y hacerlo funcionar, y lo mismo sucede para el motor. En el subtema 4.5 trata el cómo son controlados el motor y el cabezal con la ayuda de estos circuitos, con instrucciones del software enviadas por el puerto paralelo.

4.4. Constitución del motor y del cabezal

El motor paso a paso (PaP) es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, esto significa que es capaz de avanzar una serie de pasos dependiendo de sus entradas de control [13]. El motor PaP internamente tiene por un lado el rotor (eje interno) constituido por un imán permanente y por el otro lado está el estator construido por bobinas. Al alimentar las bobinas del estator se atrae el polo magnético del rotor, este permanecerá en esta posición atraído por el campo magnético de la bobina hasta que esta deje de generar el campo magnético y se active otra bobina haciendo avanzar o retroceder el rotor, y esto sucede mediante una serie de combinaciones o pasos en la alimentación de las bobinas del estator.

El motor PaP utilizado en el mecanismo de TECBRAI es un motor unipolar ² de 6 cables. El cabezal es un mecanismo que se compone de pequeñas agujas metálicas, accionadas por electroimanes.

Para el mecanismo de TECBRAI se utilizó un cabezal de una impresora de matriz de puntos, y a partir de este rediseñarlo para cubrir la necesidad del proyecto. La figura 4.8 muestra al cabezal.

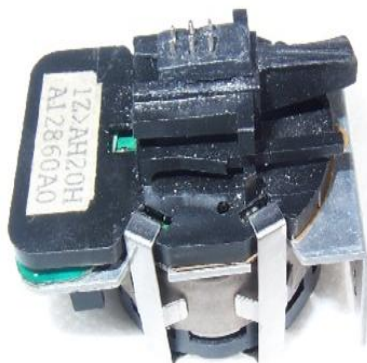


Figura 4.8: Cabezal

El cabezal modificado cuenta internamente con 6 electroimanes activos, 6 agujas activas, las cuales fueron soldadas a una pequeña base que interactúa con los electroimanes, 6 resortes, un molde de plástico de 6 orificios en forma de celda braille. Cabe mencionar que para que los electroimanes actúen debe serles suministrado un voltaje de 12v.

Los electroimanes se encuentran en la parte superior de la base de cada una de las agujas, si un electroimán es activado genera un campo magnético provocando que la base se una al electroimán y la aguja se eleve (ver figura 4.9).



Figura 4.9: Electroimanes

²Los motores unipolares se distinguen por tener 5 o 6 cables, 4 son de control, el resto son conectados a Vcc

Las bases fueron soldada a cada una de las agujas para generar una mayor fuerza al momento de golpear. Cada aguja cuenta con un resorte para que una vez que el electroimán ha dejado de actuar obligue a la aguja a regresar a su posición original (ver figura 4.10).



Figura 4.10: Agujas del cabezal

El molde de plástico en forma de celda braille permite que las agujas tengan la forma de un caracter braille y puedan golpear las agujas de la línea braille y así generar un símbolo braille en ésta. El molde es necesario ya que la ubicación de los electroimanes es de forma circular como se observa en la imagen anterior (ver figura 4.11).



Figura 4.11: Molde de plástico

4.5. Funcionamiento y control del motor y cabezal

La función del motor es mover al cabezal que se encuentra en una base de plástico mediante un sistema de engranes y una banda, esto para posicionar el cabezal en una celda braille y este escriba un símbolo braille. Para realizar estas tareas se deben controlar el motor por una serie de pasos y el cabezal bajo una serie de pulsos para subir las agujas. Los motores PaP necesitan una secuencia de pasos para lograr que el rotor de una vuelta de 360°. Existen varias secuencias de pasos como los son el paso simple, el medio paso y el paso doble, esta última secuencia es la utilizada para el mecanismo de TECBRAI. La secuencia del paso doble activa las bobinas de dos en dos generando un campo magnético más potente y así atraer y retener con más fuerza el

rotor del motor. Esta fuerza generada logra mover la base del cabezal. La secuencia en decimal es 3, 6, 12, 9, o en código binario es 0011, 0110, 1100, 1001, como se muestra en la figura 4.12.

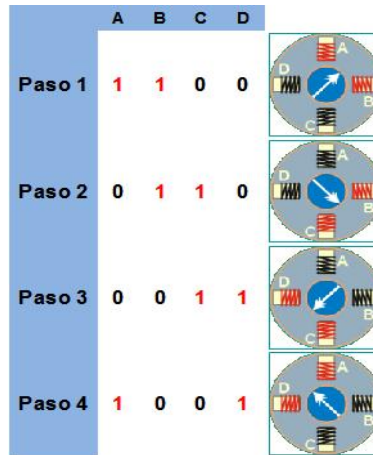


Figura 4.12: Secuencia paso doble

Para que tanto el motor como el cabezal actúen y sean controlados (el motor y el cabezal no actúan al mismo tiempo) se logra mediante el software, enviando datos por medio del puerto paralelo. El puerto paralelo tiene 25 pines, los cuales están divididos en 4 tipos. Los pines 2 a 9 son de datos, los pines 10 a 13 y 15 son de estados, y los pines 1, 14, 16 y 17 son de control³, los pines 18 25 son tierras. La dirección hexadecimal para manejar los bits de datos desde el software es 378 y los de control es 37A (ver figura 4.13 del capítulo II).

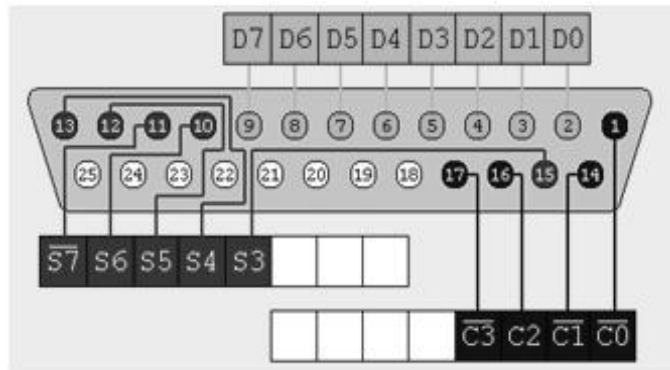


Figura 4.13: Puerto Paralelo

Para ser controlado el motor, el software envía en la dirección 378H del puerto paralelo el primer paso de la secuencia de pasos, posteriormente envía en la dirección 37AH un 10 en decimal, este número en código binario es 1010, recordemos que algunos pines de control invierten los datos, por lo que el dato que envía es un 0001, o sea que envía un 1 por el pin 1 (el pin 1 del puerto paralelo se encuentra conectado en el latch del motor), esto hace que el latch que se encuentra conectado en el motor sea activado y libere la información recibida mediante el bit de control. Posteriormente desactiva el latch, esto se hace para que el ULN no este activo y se

³Los pines 1, 14 y 17 tienen inversores, por lo que los datos enviados por medio de estos pines son invertidos.

sobrecaliente. Para desactivarlo se envía por los pines de control (37AH) del puerto un 11 decimal, este número en código binario es 1011, invertido por el puerto paralelo envía 0000, desactivando el latch del motor. Después envía el siguiente paso de la secuencia de pasos para continuar avanzando repitiendo los pasos anteriores. Para retroceder el motor se hace el mismo procedimiento, solo que cambiando la secuencia de pasos del motor de 3, 6, 12, 9 a 9, 12, 6, 3.

Como ya se mencionó el cabezal es el encargado de escribir los caracteres en el sistema braille en la línea braille. Al igual que el motor se debe controlar el cabezal, y para controlarlo son los mismos pasos de control que los del motor, pero los datos enviados por el puerto cambian.

Se envía en los pines de datos del puerto paralelo (378H) los bits para activar las agujas del cabezal, ejemplo: si se envía la letra 'a' esto es un 64 decimal, en binario es 01000000, activando el pin 8 del puerto. Posteriormente envía por los pines de control del puerto un 9 decimal, que invertido por el puerto envía un 0010 en código binario, activando el pin 14 (el pin 14 del puerto paralelo se encuentra conectado en el bit de control del latch del cabezal), logrando elevar la aguja 1 que representa el símbolo braille de la letra 'a'. Después se desactiva el latch enviando un 11 decimal. Hay que mencionar que antes de que actúe el motor o el cabezal se envía un 0 por el puerto paralelo en los pines de datos para limpiar los latch antes de que vuelvan a recibir datos.

La función interna del cabezal es elevar las agujas y la función del software al controlar el cabezal y lograr que este llegue a representar un símbolo braille. A cada electroimán le corresponde una aguja, esta se eleva al enviarsele un pulso eléctrico en el electroimán, por lo que el software debe controlar la activación de cada uno de los 6 electroimanés y lograr el objetivo de enviar datos por el puerto paralelo y estos sean representados en forma de caracteres en el sistema braille en el cabezal. Y para lograrlo se necesita un código que fue desarrollado para esta función.

4.6. Código para representar el alfabeto en el sistema braille

Las siguientes tablas muestran el código que se debe enviar por el puerto paralelo para activar las agujas y representar cada uno de las letras del alfabeto y algunos símbolos especiales en el sistema braille. Este código esta en decimal, pero el software lo envía en código binario.

Alfabeto	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Braille	⠁	⠃	⠉	⠋	⠑	⠕	⠗	⠓	⠏	⠛
Decimal	64	96	72	76	68	104	108	100	40	44
Binario	100000	110000	100100	100110	100010	110100	110110	110010	010100	010110

Tabla 4.2: Letras de a a la j

Alfabeto	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
Braille	⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨	⠩
Decimal	80	112	88	92	84	120	124	116	56	60
Binario	101000	111000	101100	101110	110111	101010	111110	111010	011100	011110

Tabla 4.3: Letras de k a la t

Alfabeto	u	v	x	y	z	ü	ñ	w
Braille	⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠦	⠨	⠩
Decimal	82	114	90	94	86	102	110	46
Binario	101001	111001	101101	101111	101011	110011	110111	010111

Tabla 4.4: Letras de u a la z

Alfabeto	á	é	í	ó	ú
Braille	⠠	⠡	⠢	⠣	⠤
Decimal	118	58	24	26	62
Binario	111011	011101	001100	001101	011111

Tabla 4.5: Letras acentuadas

Alfabeto	.	,	;	:	¿?	!i	-	()
Braille	⠠	⠡	⠢	⠣	⠤	⠥	⠦	⠧	⠨
Decimal	16	32	48	36	34	52	18	128	28
Binario	001000	010000	011000	010010	010001	011010	001001	110001	001110

Tabla 4.6: Símbolos especiales

Se debe explicar este código para una mayor comprensión. A cada electroimán se le dio un número secuencial del 1 al 6 (se ilustra en la figura 4.14 de color negro) que comprenden a los puntos de una celda braille. El latch del cabezal está conectado a los pines 3 a 8 (de color verde en la figura 4.14) del puerto paralelo, siendo el pin 8 que controla al electroimán 1, el pin 7 al electroimán 2, así sucesivamente hasta el pin 3 que controla el electroimán 6. A cada uno de estos 6 pines de datos del puerto paralelo le corresponde un número en decimal (o binario) para ser activado (de color azul en la figura 4.14). La combinación o suma de estos números logran que por medio del software represente un carácter en sistema braille.



Figura 4.14: Control

Por ejemplo, para escribir la palabra 'hola' se envía la siguiente combinación que se muestra en la tabla 4.7:

Braille	Alfanumérico	Decimal	Binario	Pines activos del P.P.
⠠	h	100	011001	7, 6 y 3
⠡	o	84	101010	8, 6 y 4
⠢	l	112	111000	8, 7 y 6
⠣	a	64	100000	8

Tabla 4.7: Ejemplo hola

Capítulo 5

Mejoras al sistema TECBRAI en software

5.1. ¿Por qué mejorar?

Ha sido esencial durante el desarrollo del proyecto TECBRAI mejorarlo, debido a las necesidades que surgen tanto en software como en hardware. Hay muchas personas que se les hace interesante el proyecto y aportan con consejos y sugerencias para mejorarlo. En este capítulo se muestran algunas mejoras en el software, así como aspectos importantes en el desarrollo y funcionamiento del proyecto.

5.2. Aprender el sistema braille

La mayoría de la tecnología adaptada para personas con discapacidad visual da por hecho que los usuarios ya saben el sistema braille. Es cierto que en las instituciones de educación especial cuentan con herramientas didácticas para la enseñanza del sistema braille. Es por ello que para darle una mayor funcionalidad al proyecto TECBRAI se analizó la posibilidad de agregar un sistema de aprendizaje como una herramienta más del proyecto.

Las escuelas especiales para la educación especial que enseñan el sistema braille cuentan con muchos y variados métodos para la enseñanza de este, pero el aprendizaje del sistema braille tiene dos enfoques completamente diferentes: el de los niños ciegos que se inician en este método en el momento de su alfabetización escolar, es decir, los niños que han nacido con el impedimento físico de la visión, y segundo enfoque es el de las personas adultas que recientemente han perdido la visión.

El primero de los casos es muy similar al resto de los niños de su edad, si bien debe añadirse como dificultad adicional la necesidad de adiestrar el tacto para la identificación de los signos al mismo tiempo que progresan en su alfabetización académica. En el segundo enfoque la mayor parte de los casos es inadecuado emplear el término "alfabetización", puesto que se trata de personas que sabían leer y escribir antes de su ceguera o que, como ocurre en muchos casos, eran y siguen siendo personas cultas.

Intervienen algunos factores para que el niño y el adulto lleguen aprender o no el braille. En primer lugar se encontrarán con dificultades específicas que les van a exigir un mayor esfuerzo, como por ejemplo su posible infravaloración personal, el temor ante el fracaso o la falta de hábito de estudio. Otros factores que intervienen

son los familiares, la no posibilidad de asistir a clases, déficit intelectual moderado, el que el niño tenga un problema mental [16].

Para que el niño o el adulto inicie el aprendizaje del braille debe aprender los conceptos arriba, abajo, izquierda, derecha, logrando que el invidente se ubiquen dentro de los 6 puntos de una celda braille y comprenda que estos puntos están ordenados en dos filas, como el 6 del una ficha de dominó, y cada uno de esos puntos tiene un número. Los tres de la izquierda, 1, 2, 3, los de la derecha 4, 5, 6, y de esos 6 puntos sale toda la combinación de letras (ver figura 2.1 del capítulo II).

5.3. Cinco lecciones para aprender el sistema braille

Algunas de las dificultades para aprender el sistema braille en los niños ciegos es que se les intenta alfabetizar como a un niño que puede ver normalmente [17]. En el caso de los adultos que ya saben leer y escribir surge que han olvidado el orden alfabeto [16].

Es por ello el software propone una herramienta de aprendizaje del sistema braille con el mismo método que utilizan tanto en algunas escuelas especiales así como de algunos pedagogos de la educación especial que proponen. La herramienta consta en impartir 5 lecciones con la ayuda del mecanismo del cabezal y el audio del programa.

El método de enseñanza consta de 5 lecciones [18], donde la primera consta de enseñar las primeras 10 letras del alfabeto, de la letra 'a' a la letra 'j'. La tabla 5.1 lo ilustra.

Alfabeto	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Símbolo braille	⠁	⠃	⠉	⠋	⠑	⠖	⠗	⠘	⠏	⠗

Tabla 5.1: Lección 1: De la letra 'a' a la letra 'j'

Algo muy particular en el braille es que en las siguientes 10 letras próximas a enseñar son las mismas que las 10 anteriores solo que agregando el punto 3. Es por ello que el alumno debe aprender muy bien las primeras 10 letras. En la segunda lección se enseña de la letra 'k' a la letra 't'. Se debe resaltar que en esta lección no se enseña la letra 'ñ'. La tabla 5.2 muestra la segunda lección y la particularidad de agregar el tercer punto.

Alfabeto	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
Símbolo braille	⠅	⠇	⠍	⠎	⠕	⠞	⠟	⠠	⠡	⠢

Tabla 5.2: Lección 2: De la letra 'k' a la letra 't'

Otra particularidad es que las últimas letras que continúan se les agrega el punto 6 con respecto a la segunda lección, o para algunos se les agregan los puntos 3 y 6 con respecto a la primera lección. En la tercera lección se enseñan de la letra 'u' a la letra 'z', pero en la secuencia no se enseña la letra 'w' como hemos aprendido en la escuela. La letra 'w' junto con la letra 'ñ' y la letra 'ü' se enseñan en esta lección pero al final de la letra 'z' especificando que son caracteres utilizados en la lecto-escritura pero es necesario enseñar estas letras al final del alfabeto (ver la tabla 5.3).

Alfabeto	u	v	x	y	z	ü	ñ	w
Símbolo braille	⠸	⠹	⠺	⠻	⠼	⠽	⠿	⠽

Tabla 5.3: Lección 3: De la letra 'u' a la letra 'z'

La cuarta lección consta de enseñar las vocales con acento y se muestra en la tabla 5.4.

Alfabeto	á	é	í	ó	ú
Símbolo braille	⠁	⠃	⠇	⠅	⠉

Tabla 5.4: Lección 4: Vocales acentuadas

La quinta y última lección se enseña al alumno los símbolos especiales en la escritura como los signos de puntuación, admiración y otros. En la tabla 5.5 se muestra la quinta lección

Alfabeto	.	,	;	:	¿?	!;	-	()
Símbolo braille	⠆	⠂	⠆	⠆	⠆	⠆	⠆	⠆	⠆

Tabla 5.5: Lección 5: Símbolos especiales

Algunos métodos del aprendizaje del sistema braille incluyen símbolos matemáticos e incluso enseñan notas musicales en braille, pero esos métodos son para alumnos más avanzados, por lo que el propósito de esta herramienta es hacer que los usuarios aprendan el braille sin complicaciones, de una manera fácil.

5.4. La herramienta de lecciones braille en el software de TECBRAI

El programa permite enseñar al usuario el alfabeto en el sistema braille, esto mediante 5 lecciones programadas, las cuales se explicaron anteriormente.

El audio sigue siendo muy importante en esta herramienta, al igual que el mecanismo del cabezal. Cada que se inicia una lección el programa da un mensaje auditivo, mencionando qué lección ha elegido el usuario y lo que aprenderá en esta. El usuario podrá saber qué letra está aprendiendo con la ayuda del audio y palpando en el cabezal.

El cabezal cumple con el propósito de representar la letra en sistema braille de la lección que haya elegido el usuario. Cuando el usuario cambia la letra dentro de la lección aparece en una ventana la letra en fuente grande para que el deficiente visual, si está en su capacidad, logre ver la letra que está aprendiendo, como se ilustra en la figura 5.1.

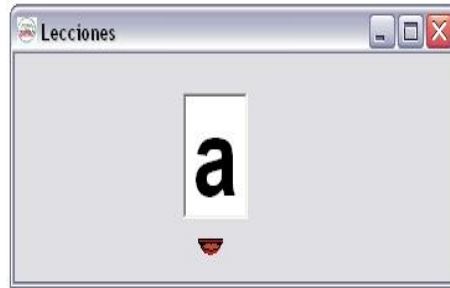


Figura 5.1: Lecciones

Dentro del editor de textos de TECBRAI al presionar la tecla **F11** se activa esta herramienta de aprendizaje del sistema braille (ver figura 3.8). Del mismo modo que en el editor de textos el desplazamiento dentro del programa es con las teclas de función y con las flechas del teclado (izquierda y derecha). En esta herramienta las teclas que se utilizan son de la tecla **F1** a la tecla **F6** y las teclas izquierda y derecha de las flechas del teclado como se observa en la figura 5.2.

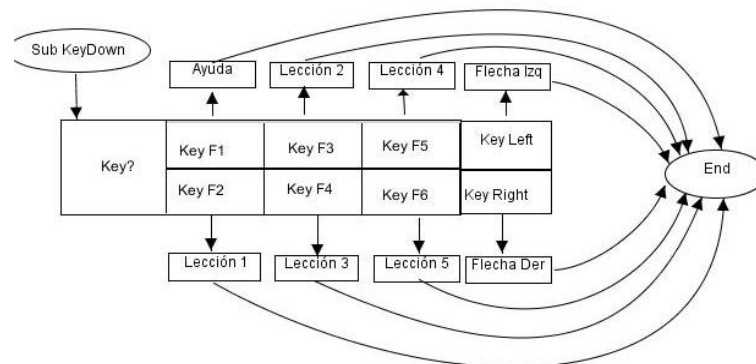


Figura 5.2: Teclas para elegir las lecciones

Como ya se mencionó, el método de enseñanza consta de 5 lecciones y para acceder a ellas se deben utilizar las teclas de función y con las teclas derecha e izquierda avanza o retrocede respectivamente dentro de la lección.

La tecla **F1** es una ayuda que explica brevemente cómo funciona la herramienta, esto lo hace de manera auditiva con el objeto 'boca.Speak' con un mensaje explicando para qué son las teclas y cómo acceder a las lecciones.

La tecla **F2** da acceso a la lección 1, cuando se presiona esta tecla el objeto **boca** da un mensaje explicando que el usuario aprenderá las primeras 10 letras del alfabeto. Posteriormente ejecuta la función llamada 'letras' para el caso de la lección 1. Esta función permite activar al cabezal y mostrar el caracter en braille al usuario, además de dar el mensaje auditivo de qué letra está aprendiendo y mostrar la letra en fuente grande para el deficiente visual.

Para que la letra braille sea palpable en el cabezal se busca dentro del arreglo 'diez' la letra a mostrar (ver la tabla 5.6), cuando la obtiene entonces utiliza el índice para obtener el número decimal que le corresponde para ser mostrado en el cabezal (ver la sección 4.6 Código para representar el alfabeto en el sistema braille). El objeto boca dice cual es la letra que se va a aprender y ser mostrada en el cabezal. El número decimal encontrado es enviado por medio del puerto paralelo al mecanismo del cabezal permitiendo activar las agujas de este y representar la letra en braille por casi un segundo, después desactiva el cabezal. La figura 5.3 muestra el diagrama del funcionamiento de la lección 1.

Diez	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
diezdec	64	96	72	76	68	104	108	100	40	44

Tabla 5.6: Diez

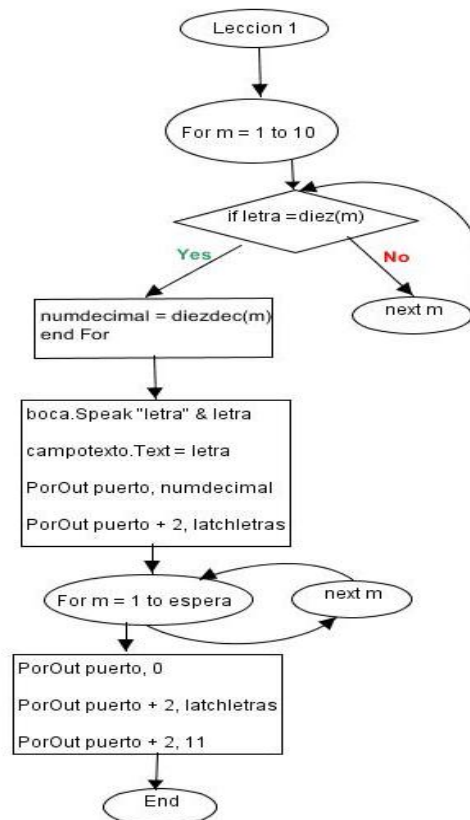


Figura 5.3: Diagrama de flujo de la lección 1

La tecla **F3** da acceso a la lección 2, y el proceso es el mismo que el de la lección anterior, cambiando el mensaje del objeto 'boca.Speak' explicando que se aprenderá de la letra 'k' a la letra 'j'. Después busca en los arreglos veinte y veintedec la letra a mostrar en el cabezal (ver la tabla 5.7). Cuando es encontrada envía por el puerto paralelo el número decimal que corresponde a la letra y activa el cabezal. El siguiente diagrama de la figura 5.4 muestra el funcionamiento de la lección 2.

Veinte	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
veintedec	80	112	88	92	84	120	124	116	56	60

Tabla 5.7: Veinte

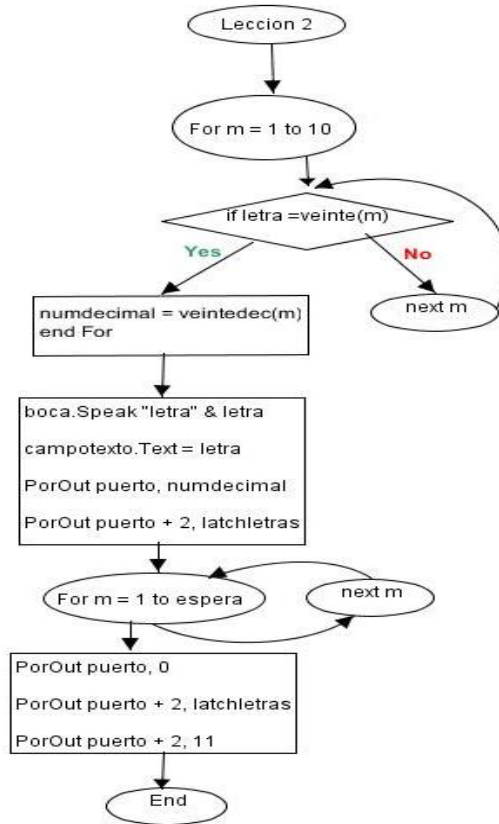


Figura 5.4: Diagrama de flujo de la lección 2

El proceso es el mismo para las tres restantes lecciones. A continuación se muestran en las tablas 5.8, 5.9 y 5.10 los arreglos para obtener el número decimal y se envíen por el puerto paralelo. También se muestra los diagramas de flujo de las lecciones 3, 4 y 5 en las figuras 5.5, 5.6 y 5.7.

Últimas	u	v	x	y	z	ü	ñ	w
Ultimasdec	82	114	90	94	86	102	110	46

Tabla 5.8: Últimas

Acentuadas	á	é	í	ó	ú
Acentuadasdec	118	58	24	26	62

Tabla 5.9: Acentuadas

Símbolos	.	,	;	:	¿?	!;	-	()
Símbolosdec	16	32	48	36	34	52	18	128	28

Tabla 5.10: Símbolos

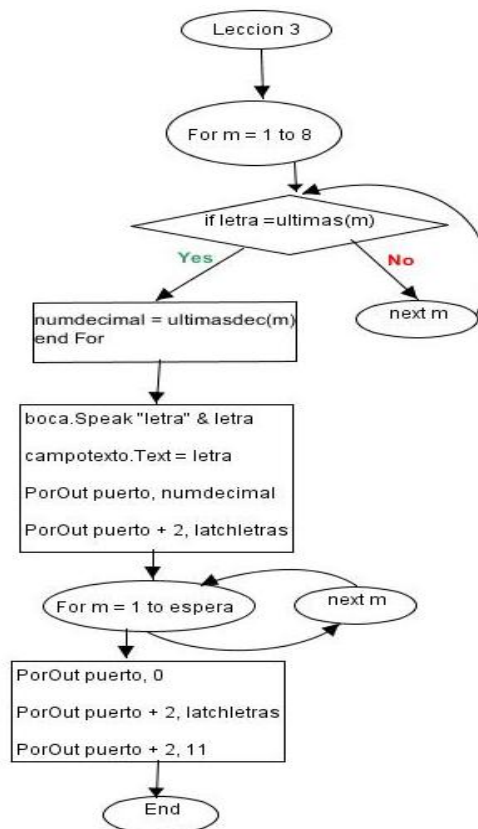


Figura 5.5: Diagrama de flujo de la lección 3

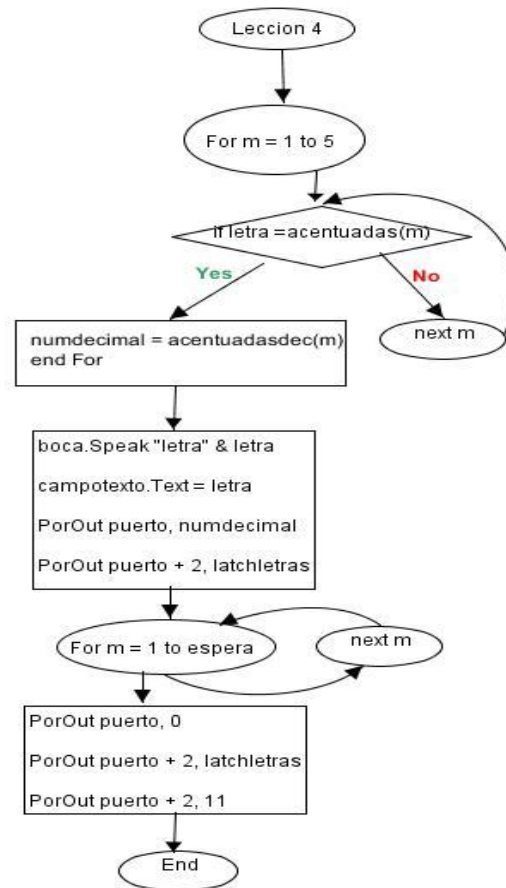


Figura 5.6: Diagrama de flujo de la lección 4

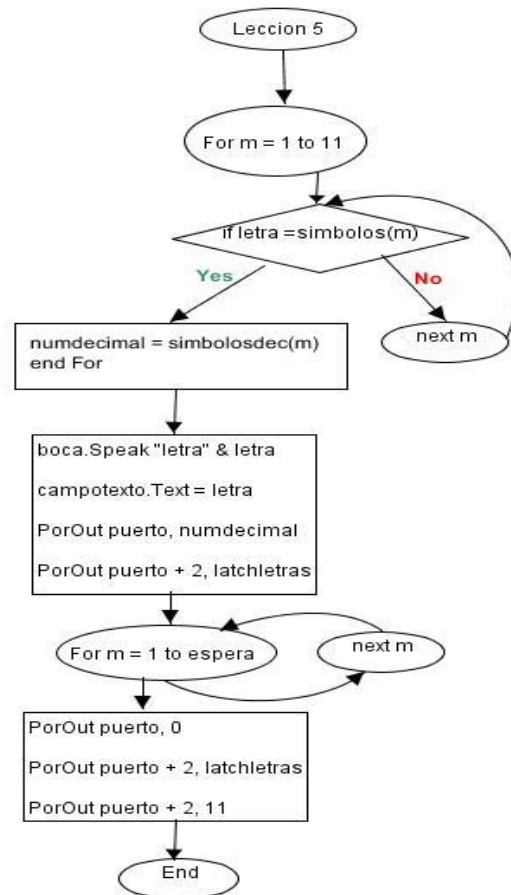


Figura 5.7: Diagrama de flujo de la lección 5

Parte III

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Capítulo 6

Resultados

6.1. Prueba con personas con discapacidad visual

En el transcurso del tiempo en el que se ha desarrollado el proyecto TECBRAI ha sido probado por personas con discapacidad visual donde la gente expresa asombro por este tipo de tecnología adaptada, y se expresan así porque consideran novedoso, fácil de usar y de gran ayuda para aprender el sistema braille y para llegar a hacer uso de la computadora.

En el mes de noviembre de 2008 se hizo una cita para probar el proyecto en la Asociación Cultural y Recreativa para la Proyección del Invidente Puebla, A. C. por sus siglas ACRIP. El presidente de esta asociación es el Prof. Alejandro Ramírez Campos que junto con otro grupo de invidentes fundaron esta asociación en el año 2001 bajo el lema “Por la superación del invidente al servicio de México” y su objetivo es mejorar la calidad de vida de las personas ciegas de la ciudad de Puebla, cuentan con más de 85 personas afiliadas hasta el momento, entre niños, jóvenes y adultos, dándoles las herramientas necesarias en la educación y el trabajo.

El Profesor Alejandro Ramírez de 47 años de edad es ciego desde los casi cuatro años de edad, él estudió una licenciatura en música en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y se desempeña como músico, también da clases de educación artística en una institución educativa privada y fue quien “probó” el proyecto.

Por su caso de vida, su experiencia de vida así como profesional fue una persona indicada para “mostrarle” el proyecto, ya que él conoce las necesidades que tiene un ciego, así como las necesidades en el uso y el manejo de las herramientas para el aprendizaje del sistema braille. Inicialmente él presentó las herramientas tecnológicas que utilizan en el centro de cómputo de las instalaciones de la asociación. En estas instalaciones todos los equipos cuentan con el programa JAWS, pero él menciona que es complicado aprender a usarlo, pero al final es una herramienta que les sirve de mucho. La versión de JAWS que tienen no es original, ya que por el elevado costo de las licencias para el uso de este programa no les es posible pagarlas.

Cuando se le explicó cómo funciona el proyecto TECBRAI y cuáles son las finalidades de este se mostró maravillado. Él comenta que uno de los problemas que tienen con las personas que asisten a la asociación es que ya no usan el braille. A las personas ciegas se les hace más fácil escuchar un audio libro en su mp3 portátil que leer una revista o un libro en braille de la biblioteca, y él considera que el braille es muy importante para un ciego, ya que es la herramienta necesaria para salir adelante como persona ciega ante esta sociedad. Además de que el braille abre las puertas para mejores oportunidades.

Después de que el Prof. Alejandro Ramírez probó el sistema TECBRAI encomió por el interés de brindar apoyo tecnológico a las personas con discapacidad visual. En entrevista él opina lo siguiente del proyecto TECBRAI.

6.2. Entrevista sobre el funcionamiento de TECBRAI con el presidente de la ACRIP

¿Cuál es su opinión del proyecto TECBRAI?

”Es una herramienta que si nos hace mucha falta porque muchas herramientas que existen son inalcanzables para los ciegos comunes y corrientes que en la actualidad en un país y en una ciudad en la que vivimos pues realmente lo que más se padece es la falta de empleo, la falta de recursos, la falta de patrocinios y creo que son muy importantes y muy necesarias estas herramientas para que también el invidente pueda prometer mejoría, más dignidad, mejor imagen en un futuro en una ciudad como la nuestra (la ciudad de Puebla)”.



Figura 6.1: Profesor Alejandro Ramírez probando el sistema TECBRAI

Si la asociación contara con una herramienta como esta ¿en qué les ayudaría?

”Es una herramienta que nos serviría para poder lograr nuestros objetivos, conocer a más ciegos por la internet. Lo utilizaríamos mucho para poder demostrar y poder integrar más que otra cosa a las personas ciegas con su familia porque a veces pareciera que el sistema braille nada más lo utiliza la persona que no ve en un núcleo familiar y claro que la madre, el padre, el hermano o quien acompañe al ciego a vivir en esa casa pues no tiene posibilidades de aprender el braille por falta de tiempo, paciencia, falta de herramientas. Es por tal que se me hace muy interesante que el familiar también se involucre en el lenguaje lecto-escritor que utiliza la persona ciega”.

¿Qué piensa de aquellas personas que nos interesamos por brindar herramientas necesarias y eficientes para personas con discapacidad visual u otra y así lograr que las personas tengan una mejor calidad de vida?

”Es una responsabilidad moral, es una responsabilidad social [crear herramientas como éstas]. El que comparte tiene la oportunidad grande de poder tener la satisfacción de diseñar, de brindar apoyos, de darle herramientas a la gente que verdaderamente lo necesitan. Hay muchos que queremos tener una actitud diferente en la vida,

pero la verdad es que como si quisieras cruzar un río o un mar sin lancha, puede ser muy grande tu corazón pero siempre el medio, el sistema, las herramientas que necesitas para ser importante para que logres tus fines, la discapacidad es exactamente igual, hay mucha gente que ya no quiere ser el pobre ciego, el ciego triste, el derrotado, el que si naciste así pues no sirves nada más que para pedir dinero en la calle. Hay mucho ciego que quiere luchar contra ello. La verdad es que ustedes que están haciendo este trabajo, primero que nada mis respetos y la gratitud a nombre de todos los discapacitados visuales, a todos muchísimas gracias.”

6.3. Resultados en concursos

Con el proyecto TECBRAI se ha participado en varios concursos nacionales e internacionales de ciencia y tecnología, donde se ha logrado posicionarse en lugares destacados e importantes.

- I Primer lugar en la categoría de Ciencias Médicas nivel superior en la III Expociencias Latinoamericana organizada por La RED Nacional de Actividades Juveniles en Ciencia y Tecnología, la Universidad Veracruzana y la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla a través del Movimiento Internacional para el Recreo Científico y Técnico (MILSET), celebrándose en el World Trade Center del puerto de Veracruz en el mes de Agosto de 2006, donde participaron más de 1200 jóvenes de 20 países. En este concurso se nos otorgó la clasificación para asistir a la 11th MILSET Expo-Sciences Internationales, a celebrarse en Duban, Sudáfrica.
 - II Primer lugar en la segunda Convención Nacional de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico 2006 realizado por el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) en la categoría de Ciencias Médicas con el proyecto TECBRAI, en el mes de Noviembre del año 2006.
 - III Medalla a la Innovación Tecnológica 2006 otorgada por el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) y el CONCYTEP (Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla). Se tuvo la oportunidad de asistir y participar en la 11th MILSET Expo-Sciences Internationales, celebrada en the International Convention Centre Durban de la ciudad de Duban, Sudáfrica los días 8 a 13 de julio del año 2007 organizada por MILSET. En este concurso internacional se obtuvo el 3er lugar de la categoría Ciencias de la Computación.
 - IV 3er lugar en la categoría de Medicina y Salud (Ciencias Médicas) en la Expociencias Nacional 2007 celebrada en el Museo Imagina y el Museo Interactivo Planetario de la ciudad de Puebla en el mes de Noviembre del año 2007 donde participaron 130 universidades del país, con más de 428 proyectos de investigación y con la participación de más de mil 500 estudiantes.
-

Capítulo 7

Conclusiones

7.1. TECBRAI una herramienta necesaria para personas con Discapacidad Visual

Han transcurrido relativamente pocos años desde la invención del Sistema de lectura y escritura para ciegos, el Braille, pero sí ha pasado suficiente tiempo para que puedan analizarse los efectos, que su existencia, ha significado en la evolución social y cultural de los ciegos. El braille ha sido una herramienta muy necesaria para las personas con discapacidad visual, pero a veces muchos factores hacen que las personas con esta discapacidad no aprendan el sistema braille, ya sea por falta de apoyo económico, familiar, falta de herramientas necesarias y eficientes en las escuelas especiales, entre otros.

Algunas estadísticas dicen que sólo el diez por ciento (y en varios países es menor) de las personas consideradas ciegas o deficientes visuales utilizan el Braille como sistema de lectura. En lo que se refiere a la baja lectura puede deberse a algunas de las peculiaridades del sentido del tacto al no percibir el texto braille o al no alcanzar un grado de velocidad de lectura satisfactoria para la persona, pero también a la falta de textos más atractivos para cada edad, que pudiesen convertirse en un instrumento casi imprescindible para realizar con total autonomía personal un sin fin de actividades de la vida diaria.

El sistema braille es para los ciegos y deficientes visuales lo que el inglés para los hispanohablantes. El braille es muy necesario para las personas con discapacidad de la visión, porque lo necesitan para tener acceso a la información, para conseguir un empleo o para ser más eficientes en su empleo, entre otros factores importantes como la lectura, caminar por las calles y leer en qué calle se encuentra ubicado (sí en la ciudad donde se encuentre existen en las esquinas el nombre de las calles en braille).

El braille se encuentra en muchas partes de nuestra vida diaria, y es que hay personas y empresas que se preocupan por brindar y facilitar una mejor calidad de vida para las personas con discapacidad visual, por ejemplo los botones de un ascensor, placas en las puertas de algunos edificios históricos o importantes de la ciudad con la descripción de estos en sistema braille, placas en las esquinas de las calles, etiquetas en algunos alimentos básicos, así como de productos farmacéuticos, entre otras cosas. Pero algunas empresas o el gobierno no hacen más por este tipo de personas, porque creen no necesitarlo o porque el porcentaje de clientes es muy pequeño para invertir en esas necesidades de las personas, y es que como ya se mencionó el porcentaje de personas con deficiencia visual y ciegos que saben leer en braille es muy poco.

Lo antes mencionado es un claro ejemplo de la gran necesidad por hacer más por la gente con discapacidad visual, ya que nosotros como videntes es nuestra responsabilidad moral y social hacer algo de gran ayuda para este tipo de personas.

TECBRAI propone ser una herramienta para el aprendizaje del sistema braille, no solo a las personas con discapacidad visual lo pueden aprender, sino también los normovisuales pueden usar esta herramienta. De esta manera los integrantes de la familia de la persona con discapacidad visual podrán aprender el sistema braille y así el núcleo familiar sea más fuerte y unido, porque como familia estarán ayudando al ciego o débil visual.

También puede ser una herramienta para ayudar al discapacitado visual a leer textos y a escucharlos con el software. El ciego o el deficiente visual podrán escuchar cualquier texto con el software y al mismo tiempo leerlo con el mecanismo de TECBRAI, permitiendo que el usuario practique la lectura del braille. Otra ventaja al respecto es que si no hay un libro o una revista en braille se puede transcribir en el editor de texto, o si existe la versión electrónica del libro (o de una revista) copiarlo al editor y así el usuario podrá escuchar y leer un libro de su interés que por el momento no se encuentre en la versión impresa en braille.

El proyecto de TECBRAI podrá ser una excelente herramienta para la alfabetización de personas con discapacidad visual y así reducir el porcentaje de personas con deficiencia visual y ceguera que no han aprendido el sistema braille.

Si la persona ya sabe leer el sistema braille y con la capacitación necesaria llegará a poder manejar una computadora permitiéndole el acceso a la información electrónica. Una de las herramientas con las que podrá utilizar la computadora es con el teclado adaptado.

El editor de textos tiene muchas finalidades. Con el editor se puede escribir el texto que desee el usuario. Un ejemplo puede ser el siguiente: Con la ayuda del editor de texto el usuario podría escribir sus anécdotas y compartirlas con las demás personas en un libro, no necesariamente en braille, también en letra normal para que todas las personas podamos saber sus experiencias de vida.

7.2. TECBRAI con UML

UML ha sido de gran ayuda en el desarrollo de este proyecto en los últimos meses. Anteriormente no se contaba con la documentación necesaria para tener un orden en el desarrollo de este proyecto. Actualmente con UML se está trabajando en nuevas facetas para aumentar y mejorar el software de TECBRAI. En este trabajo no se pudo presentar toda la documentación generada en Visual UML Paradigm por lo extensa que es, pero ha sido de mucha ayuda para tener bases sólidas en el desarrollo de este proyecto (ver anexo 8.2).

Con Visual UML Paradigm el proyecto de TECBRAI ha crecido más y se ha logrado mejorarlo obtenido buenos resultados, y se pretende seguir mejorando el software y el hardware del proyecto en un futuro y así mejorarlo de tal manera que sea un producto completo y eficiente.

7.3. TECBRAI y su aplicación

En los diferentes concursos en los que se ha presentado el proyecto TECBRAI algunos profesores e investigadores han dado sugerencias para mejorarlo. La gente que ha probado el sistema TECBRAI nos ha dado sus opiniones y nuevas ideas para agregar herramientas que, como personas ciegas necesitan para su educación. Aunque el proyecto no está siendo utilizado en ninguna escuela especial por el momento, pero se ha probado con distintas personas con discapacidad visual.

La gente que ha utilizado el teclado adaptado comentan lo siguiente: "El teclado permite que el discapacitado visual tenga la capacidad de utilizar cualquier teclado de computadora". Ellos creen que con el entrenamiento necesario pueden llegar a utilizar un teclado normal de computadora y realicen lo que muchos hacemos cuando escribimos en un teclado, escribimos sin ver. Además de que el mismo teclado servirá como herramienta para repasar los caracteres braille o seguir entrenado el tacto para aprender el sistema braille. Otra ventaja del teclado es que el usuario no gaste más dinero en la compra de tecnología adaptada como lo son los teclados especiales para ciegos.

El mecanismo de TECBRAI lo consideran un excelente entrenador para aprender el sistema braille, además de que el método de enseñanza es el mismo que utilizan en muchas escuelas especiales, el sistema puede brindar apoyo en las escuelas de tal manera que pueden dar una mejor calidad en la educación. Otro aspecto que encuentran interesante en el proyecto es que a los estudiantes poco a poco los irán acercando a la tecnología y al manejo de esta, principalmente la computación.

El editor de textos es una gran herramienta, para los ciegos, para los deficientes visuales así como de los normovisuales. Para este último caso el editor de textos permite que las personas normovisuales nos familiaricemos con el sistema braille, e incluso lo aprendamos. En el caso de los ciegos y deficientes visuales es de gran ayuda esta herramienta, ya que, por solo mencionar, el programa JAWS en su versión de prueba el uso del audio es muy rápido e imperceptible de entender. El audio que maneja el editor de textos es lo suficiente mente veloz para ser entendido por el oído humano sin caer en la lentitud de la voz del programa.

En conjunto como proyecto se creó que satisface las necesidades de muchas personas así como de algunas instituciones de educación especial, al igual que de algunas asociaciones que brindan apoyo a personas con discapacidad visual. Gracias a todas las recomendaciones que se han hecho para mejorar el proyecto y el trabajo que se ha venido haciendo podemos decir que el proyecto TECBRAI está en la fase de prototipo pero ya puede ser una gran herramienta para que el discapacitado visual logre su superación personal mediante el aprendizaje del sistema braille y el manejo de la tecnología.

7.4. Una propuesta para aplicarlo

Ha habido muchas ideas para aplicar el proyecto, pero hay una propuesta considerablemente interesante. Esta propuesta se formulo debido a cierto interés en el gobierno del municipio de Puebla por el proyecto TECBRAI.

La propuesta consiste en generar un centro de trabajo remoto para la actividad de telemarketing y de e-commerce (Comercio Electrónico). Para ello se debe capacitar al personal con discapacidad visual en un centro de cómputo con la tecnología de TECBRAI. El personal debe aprender el sistema braille, aprender a manejar la

computadora. Una vez alcanzada la primera capacitación se debe capacitar a las personas con las necesidades del trabajo a desempeñar, ya fuese telemarketing o e-commerce. Las dos capacitaciones deben ser esenciales ya que el personal debe mandar correos electrónicos así como recibir correos y leerlos para poder responder a los clientes, o recibir y hacer llamadas.

Apéndice

8.1. Apéndice: Braille

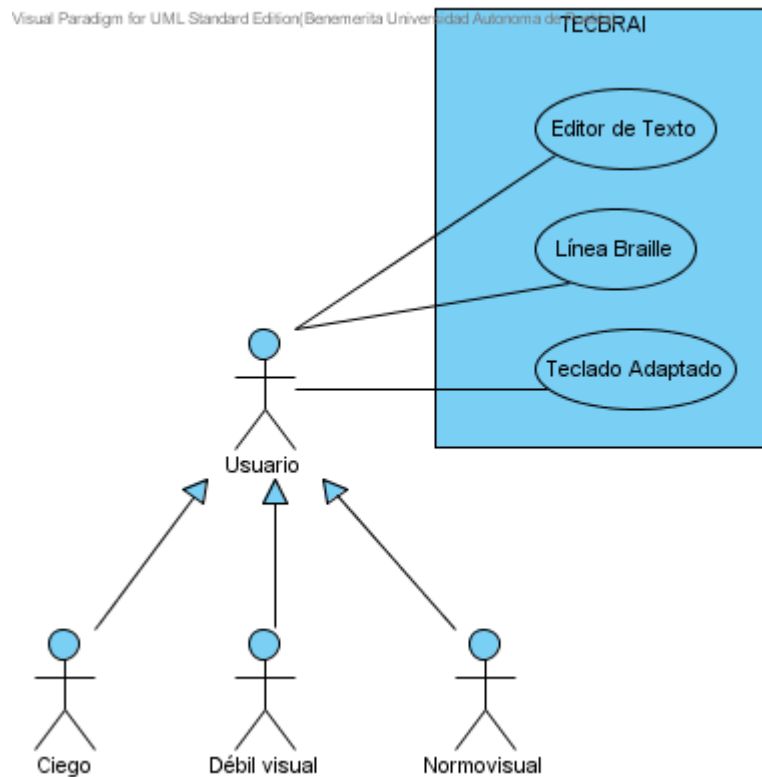
	a 1		p		, {ea}
	b 2		q		; {bb} {be}
	c 3		r		: {cc} {con}
	d 4		s		. \$ {dd} {dis}
	e 5		t		! {ff} {to}
	f 6		u		() {gg} {were}
	g 7		v		{‘ ’} ? {his}
	h 8		w		*
	i 9		x		{’ ’} {by} {was}
	j 0		y		,
	k		z		- {com}
	l		{and}		/ {st}
	m		{ñ}		[
	n		{mayúscula}]
	o		{numérico}		{.}
					{’}
					{.}
					{percent}

8.2. Apéndice: UML









La siguiente documentación es el modelado del proyecto TEBRAI con la herramienta Visual UML Paradigm.

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso de TECBRAI



Summary

Name	Documentation
 Ciego	Persona que no ve nada.
 Débil visual	Persona que tiene una ligera percepción de la luz.
 Normovisual	Persona que tiene el sentido de la vista.
 Usuario	Ciego, Débil Visual y Normovisual.
 Editor de Texto	Parte integral del sistema para que el usuario escriba y escuche todo el texto escrito en el.
 Línea Braille	Línea que permite al usuario palpar el texto escrito en símbolos braille.
 Teclado Adaptado	Teclado de computadora adaptado con los relieves en sistema Braille en cada una de las teclas, representando el valor alfabético de estas.
 TECBRAI	Tecnología Braille para Personas con Discapacidad Visual. Es un sistema de aprendizaje del sistema braille, de representación de texto a sistema braille.

Details

Ciego

Relationships

Unnamed Generalization	
From	 Usuario

Débil visual

Relationships

Unnamed Generalization	
From	 Usuario

Normovisual

Relationships

Unnamed Generalization	
From	 Usuario

Usuario

Relationships

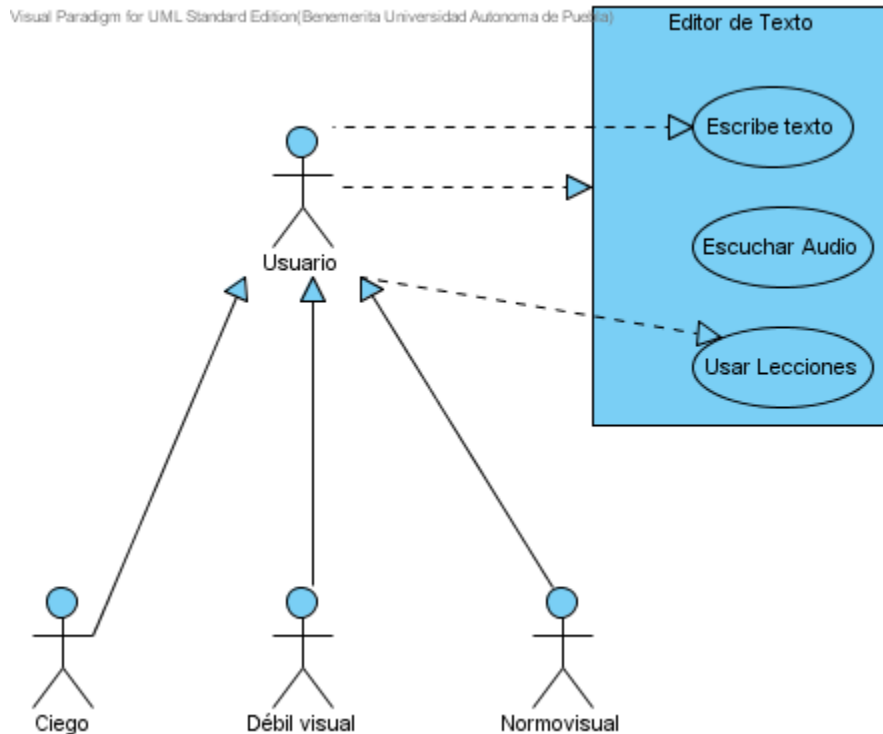
Unnamed Generalization	
To	 Ciego

Unnamed Generalization	
To	 Débil visual









Unnamed Generalization	
To	 Normovisual

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso del Editor de Texto









Summary

Name	Documentation
 Ciego	Persona que no ve nada.
 Usuario	Ciego, Débil Visual y Normovisual.
 Escribe texto	Accione que permite escribir cualquier texto en el Editor de Textos al usuario.
 Editor de Texto	Interfaz gráfica para escribir texto y donde es mostrado el texto en fuente grande y en símbolos braille.
 Usar Lecciones	Acción que permite al usuario aprender el sistema braille.
 Débil visual	Persona que tiene una ligera percepción de la luz.
 Normovisual	Persona que tiene el sentido de la vista.
 Escuchar Audio	Acción que permite al usuario escuchar en el Editor de Textos todo el texto que haya escrito en el.

Details

Usuario

Relationships

Unnamed Realization	
From	 Escribe texto
From	 Editor de Texto
From	 Usar Lecciones
Unnamed Generalization	
To	 Ciego
To	 Débil visual
To	 Normovisual

Escribe texto

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Usuario

Editor de Texto

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Usuario

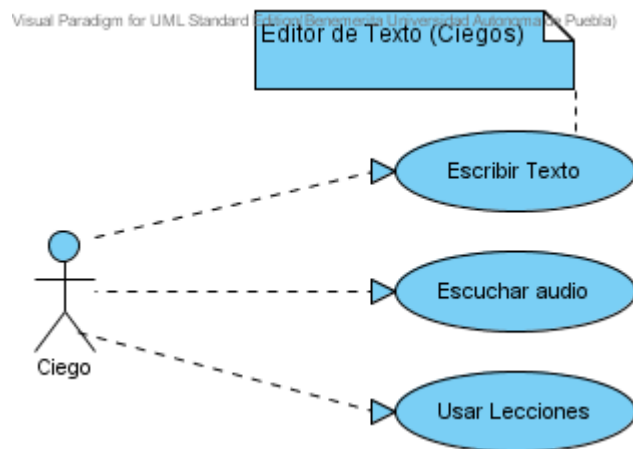
Usar Lecciones

Relationships





Unnamed Realization	
To	 Usuario

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso del ET - Ciego





Summary

Name	Documentation
 Ciego	Usuario que no ve nada.
 Escribir Texto	El usuario Ciego puede escribir cualquier texto en el Editor de Textos.
 Escuchar audio	El usuario Ciego puede escuchar en el Editor de Textos todo el texto que haya escrito en el.
 Usar Lecciones	El usuario Ciego puede usar las lecciones para aprender el sistema Braille.

Details

 Ciego

Relationships

Unnamed Realization	
From	 Escribir Texto
From	 Escuchar audio
From	 Usar Lecciones

 **Escribir Texto****Relationships**

Unnamed Realization	
To	 Ciego

 **Escuchar audio****Relationships**

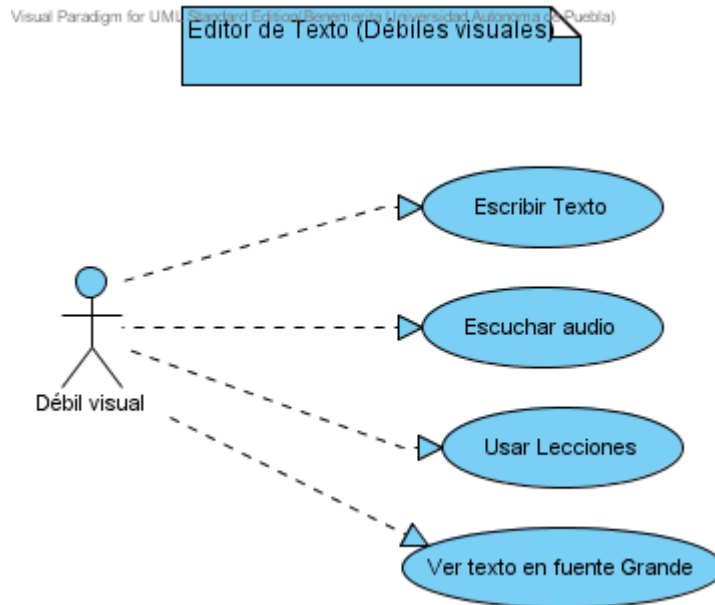
Unnamed Realization	
To	 Ciego

 **Usar Lecciones****Relationships**






Unnamed Realization	
To	 Ciego

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso del ET - Débil visual



Summary





Name	Documentation
 Débil visual	Usuario que tiene una ligera percepción de la luz.
 Escribir Texto	El usuario Débil visual puede escribir cualquier texto en el Editor de Textos.
 Usar Lecciones	El usuario Débil visual puede escuchar en el Editor de Textos todo el texto que haya escrito en el.
 Escuchar audio	El usuario Débil visual puede usar las lecciones para aprender el sistema Braille.
 Ver texto en fuente Grande	El usuario Débil visual (si está en su capacidad visual) puede ver el texto en un tamaño más grande en el Editor de Textos.

Details



Débil visual

Relationships

Unnamed Realization	
From	 Escribir Texto
From	 Escuchar audio
From	 Usar Lecciones
From	 Ver texto en fuente Grande



Escribir Texto

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Débil Visual



Usar Lecciones

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Débil Visual



Escuchar audio

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Débil Visual

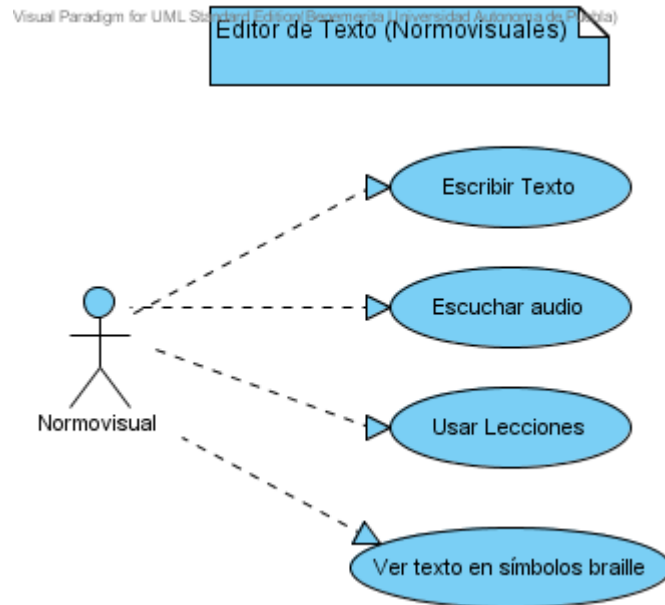
Ver texto en fuente Grande

Relationships






Unnamed Realization	
To	 Débil visual

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso del ET - Normovisual







Summary

Name	Documentation
 Normovisual	Usuario que tiene el sentido de la vista.
 Escribir Texto	El usuario Normovisual puede escribir cualquier texto en el Editor de Textos.
 Escuchar audio	El usuario Normovisual puede escuchar en el Editor de Textos todo el texto que haya escrito en el.
 Usar Lecciones	El usuario Normovisual puede usar las lecciones para aprender el sistema Braille.
 Ver texto en símbolos braille	El usuario Normovisual puede ver el texto que haya escrito en el Editor de Textos en símbolos braille.

Details

Normovisual

Relationships

Unnamed Realization	
From	 Escribir Texto
From	 Escuchar audio
From	 Usar Lecciones
From	 Ver texto en símbolos braille

Escribir Texto

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Normovisual

Escuchar audio

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Normovisual

Usar Lecciones

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Normovisual

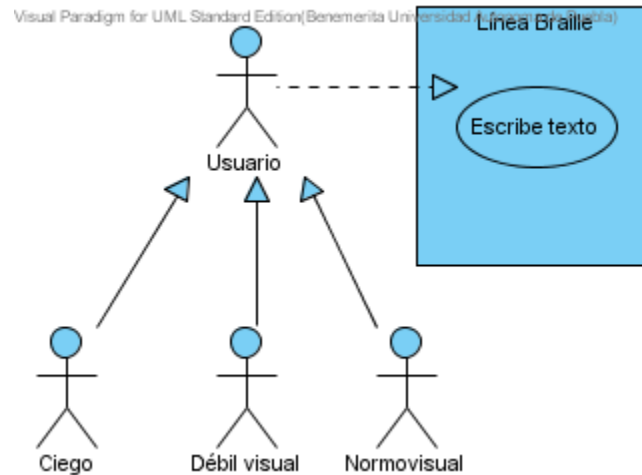
Ver texto en símbolos braille

Relationships







Unnamed Realization	
To	 Normovisual

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso de la Línea Braille







Summary

Name	Documentation
 Ciego	Persona que no ve nada.
 Usuario	Ciego, Débil Visual y Normovisual.
 Escribe texto	Accione que permite escribir cualquier texto en el Editor de Textos al usuario.
 Débil visual	El usuario Normovisual puede usar las lecciones para aprender el sistema Braille.
 Normovisual	Persona que tiene el sentido de la vista.
 Línea Braille	Línea con 28 celdas para formar símbolos braille y representar el texto escrito sobre la línea braille. El texto representado (o escrito) en la línea en sistema braille podrá ser palpado por el usuario.

Details

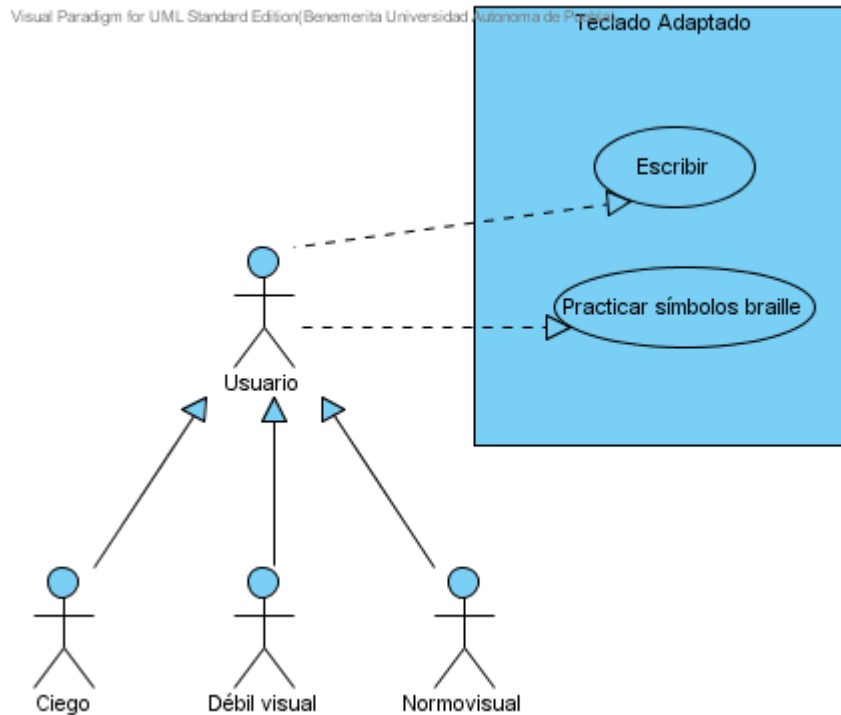
Usuario

Relationships








Unnamed Realization	
From	 Escribe texto
Unnamed Generalization	
To	 Ciego
To	 Débil visual
To	 Normovisual

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso del Teclado Adaptado





Summary




Name	Documentation
 Ciego	Persona que no ve nada.
 Usuario	Ciego, Débil Visual y Normovisual.
 Escribir	El usuario utiliza el teclado adaptado para escribir en el Editor de Textos.
 Practicar símbolos braille	El usuario puede familiarizarse con el teclado y así aprender a utilizar un teclado de computadora, logrando ubicar las teclas.
 Débil visual	Persona que tiene una ligera percepción de la luz.
 Normovisual	Persona que tiene el sentido de la vista.
 Teclado Adaptado	El usuario puede practicar el sistema braille con los relieves de cada una de las teclas del teclado adaptado.

Details

Usuario

Relationships

Unnamed Realization	
From	 Escribir
From	 Practicar símbolos braille

Unnamed Generalization	
To	 Ciego
To	 Débil visual
To	 Normovisual

Escribir

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Usuario



Practicar símbolos braille

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Usuario

Teclado Adaptado

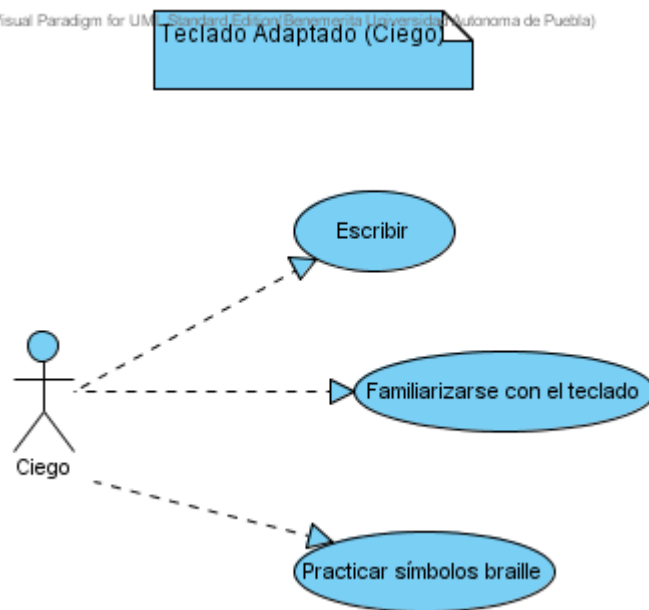
Children

Name	Documentation
 Escribir	Acción que el usuario puede hacer para escribir en el Editor de Textos utilizando el teclado adaptado.
 Practicar símbolos braille	Acción que el usuario puede hacer para practicar los símbolos brailles y aprender su ubicacion en el teclado adaptado.





Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso del TA - Ciego

Visual Paradigm for UML (Standard Edition) (Copyright © Universidad Autónoma de Puebla)



Summary




Name	Documentation
 Ciego	Usuario que no ve nada.
 Escribir	El usuario Ciego puede utilizar el teclado adaptado para escribir en el Editor de Textos.
 Familiarizarse con el teclado	El usuario Ciego puede familiarizarse con el teclado y así aprender a utilizar un teclado de computadora, logrando ubicar las teclas.
 Practicar símbolos braille	El usuario Ciego puede practicar el sistema braille con los relieves de cada una de las teclas del teclado adaptado.

Details



Ciego

Relationships

Unnamed Realization	
From	 Escribir
From	 Familiarizarse con el teclado
From	 Practicar símbolos braille



Escribir

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Ciego



Familiarizarse con el teclado

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Ciego



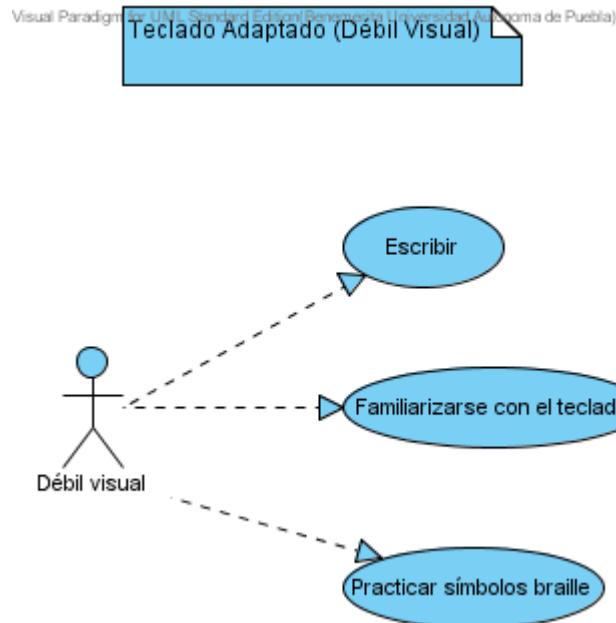
Practicar símbolos braille

Relationships





Unnamed Realization	
To	 Ciego

Use Case Diagram

Diagrama de casos de uso del TA - Débil visual



Summary

Name	Documentation
 Débil visual	Usuario que tiene una ligera percepción de la luz.
 Escribir	El usuario Débil visual utiliza el teclado adaptado para escribir en el Editor de Textos.
 Familiarizarse con el teclado	El usuario Débil visual puede familiarizarse con el teclado y así aprender a utilizar un teclado de computadora, logrando ubicar las teclas.
 Practicar símbolos braille	El usuario Débil visual puede practicar el sistema braille con los relieves de cada una de las teclas del teclado adaptado.

Details



Débil visual



Escribir

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Débil visual



Familiarizarse con el teclado

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Débil visual



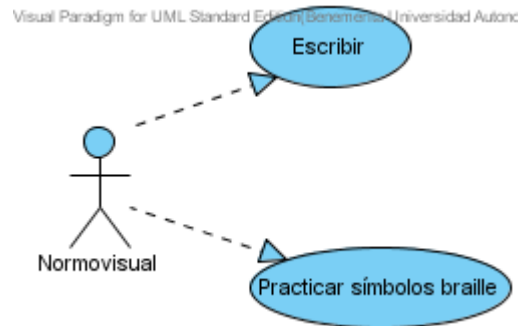
Practicar símbolos braille

Relationships

Unnamed Realization	
To	 Débil visual

Use Case Diagram

Diagrama de Casos de uso del TA - Normovisual



Summary

Name	Documentation
Normovisual	Usuario que tiene el sentido de la vista.
Escribir	El usuario Normovisual puede escribir con el teclado.
Practicar símbolos braille	El usuario Normovisual puede practicar el sistema braille con los relieves de cada una de las teclas del teclado adaptado.

Details

Normovisual

Relationships

Unnamed Realization	
From	Escribir
From	Practicar símbolos braille

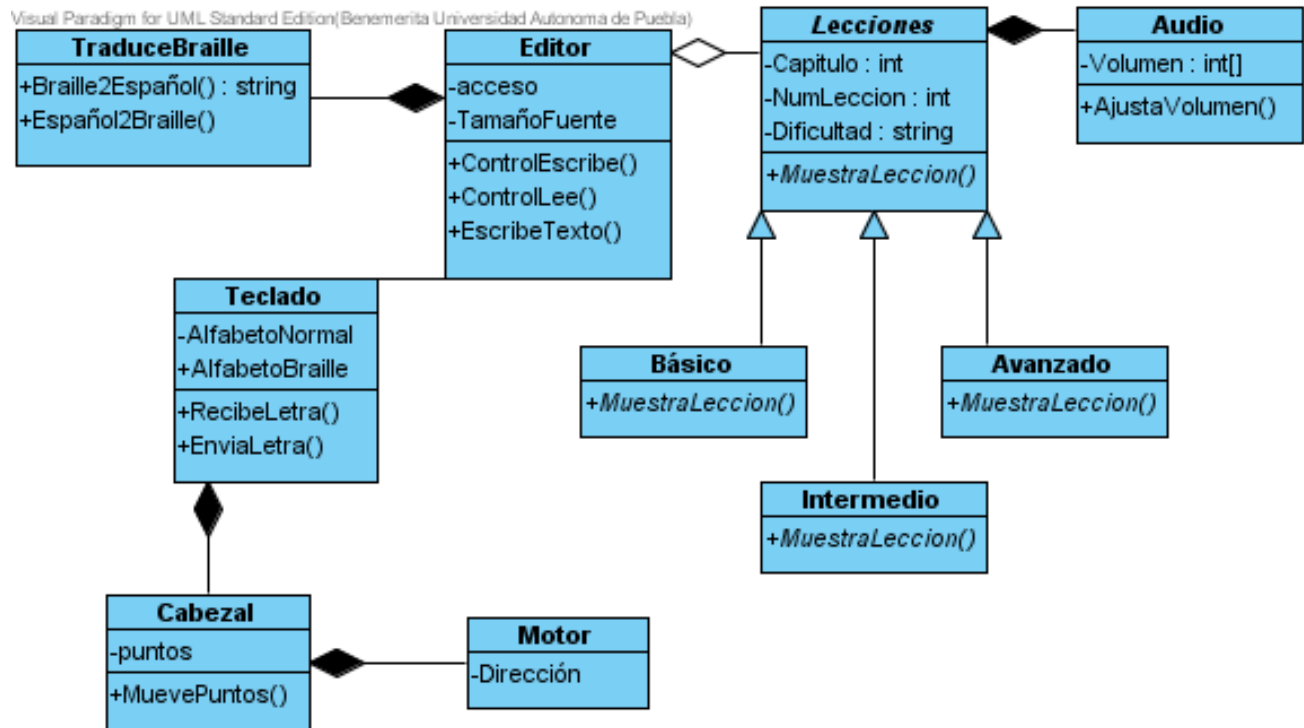
Escribir

Relationships

Unnamed Realization	
To	Normovisual

Class Diagram

Diagrama de clases Braille






Summary

Name	Documentation
Lecciones	Clase para que por medio de lecciones el usuario aprenda el sistema Braille.
Audio	Clase que permite al usuario escuchar el texto escrito en el editor de textos mediante un objeto TTS (text-to-speech)
TraduceBraille	Método para convertir del sistema ASCII a el sistema braille
Editor	Interfaz grafica para mostrar testo en fuente grande y en fuente Braille
Teclado	Teclado
Básico	Subclase de aprendizaje de las lecciones (nivel básico)
Avanzado	Subclase de aprendizaje de las lecciones (nivel avanzado)
Intermedio	Subclase de aprendizaje de las lecciones (nivel intermedio)
Cabezal	Clase para controlar al cabezal
Motor	Clase para controlar al motor

Details

Lecciones

Relationships

Unnamed Generalization	
To	 Básico
To	 Intermedio
To	 Avanzado

Básico

Relationships

Unnamed Generalization	
From	 Lecciones

Avanzado

Relationships

Unnamed Generalization	
From	 Lecciones

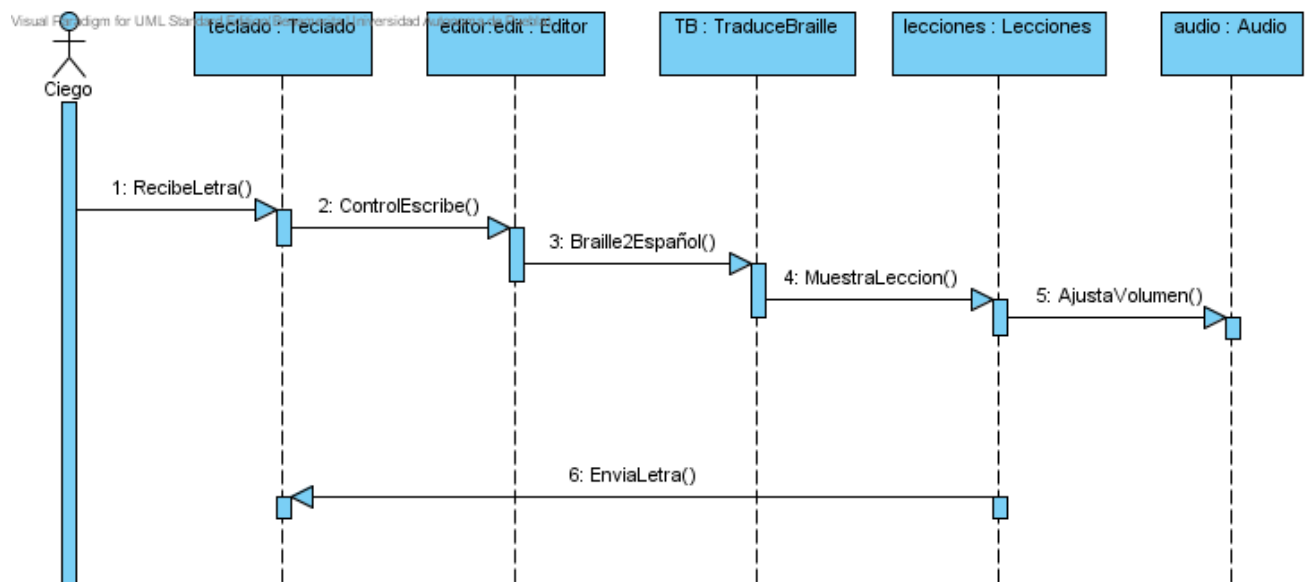
Intermedio

Relationships

Unnamed Generalization	
From	 Lecciones

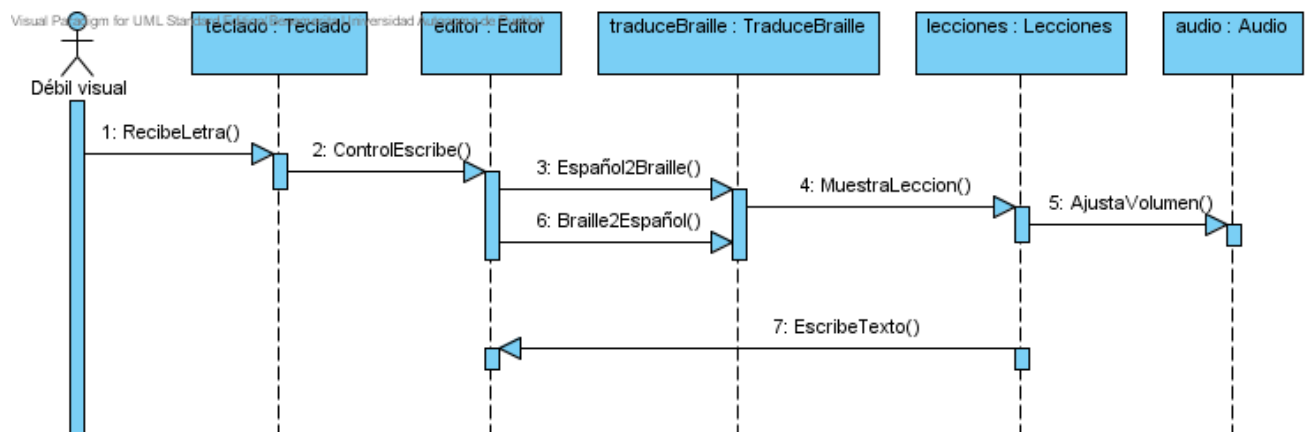
Sequence Diagram

Diagrama de secuencia Braille - Ciego



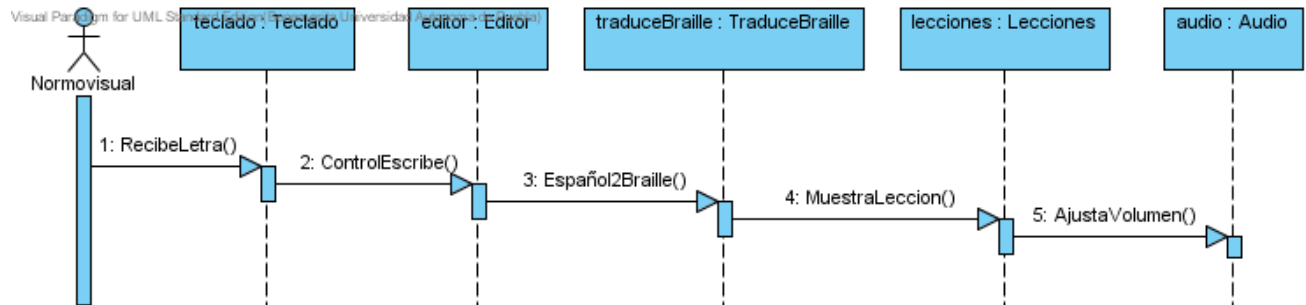
Sequence Diagram

Diagrama de secuencia Braille - Débil Visual



Sequence Diagram

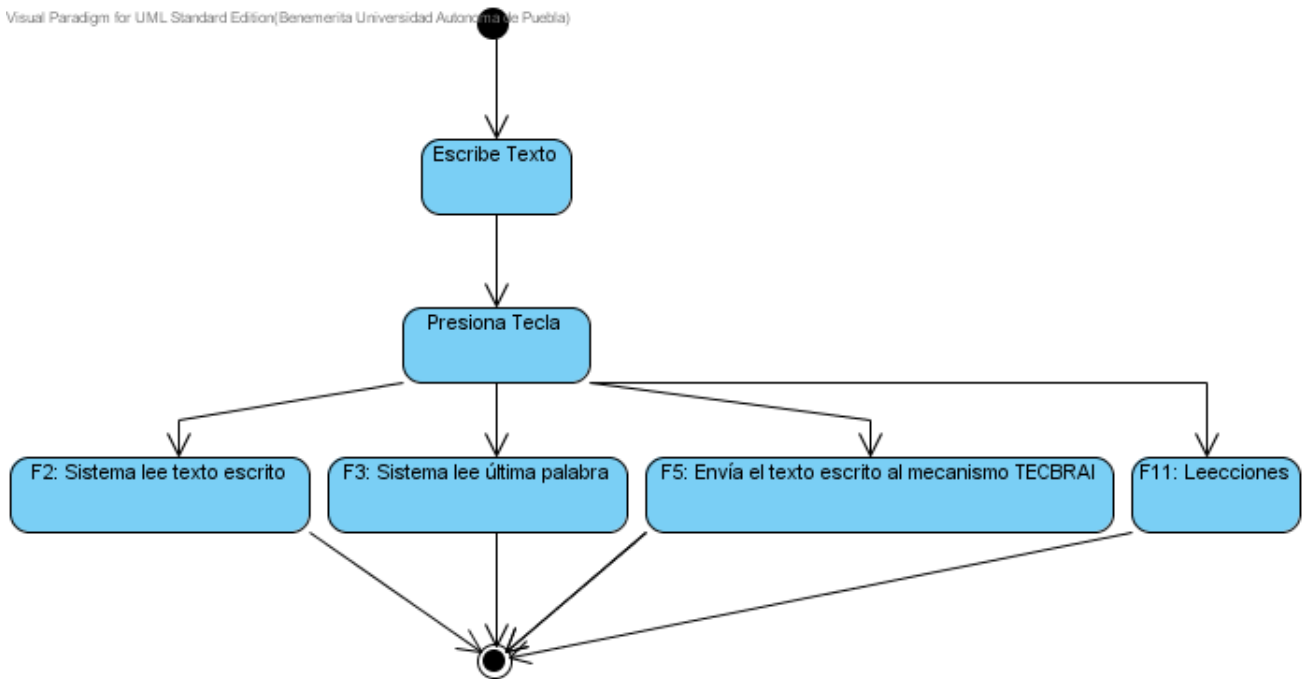
Diagrama de Secuencia Braille-Normovisual



State Machine Diagram

Diagrama de Máquina de Estados Braille - Ciego y Débil Visual

Visual Paradigm for UML Standard Edition (Benemerita Universidad Autónoma de Puebla)



Summary

Name	Documentation
● Initial	Inicia.
▢ Escribe Texto	Usuario escribe texto.
▢ Presiona Tecla	El usuario presiona una tecla de función.
▢ F2: Sistema lee texto escrito	Se lee el texto.
▢ F3: Sistema lee última palabra	Se lee la última palabra.
▢ F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI	Se traduce el texto y se envía a la línea braille.
▢ F11: Lecciones	Opción para iniciar aprendizaje del sistema Braille por medio de las lecciones.
⦿ FinalState	Termina.

Details

Initial

Relationships

Unnamed Transition	
To	 Escribe Texto






Escribe Texto

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Initial
To	 Presiona Tecla

Presiona Tecla

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Escribe Texto
To	 F2: Sistema lee texto escrito
To	 F3: Sistema lee última palabra
To	 F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI
To	 F11: Lecciones

F2: Sistema lee texto escrito

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState




F3: Sistema lee última palabra

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState

F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState
To	 FinalState






F11: Lecciones

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState

FinalState

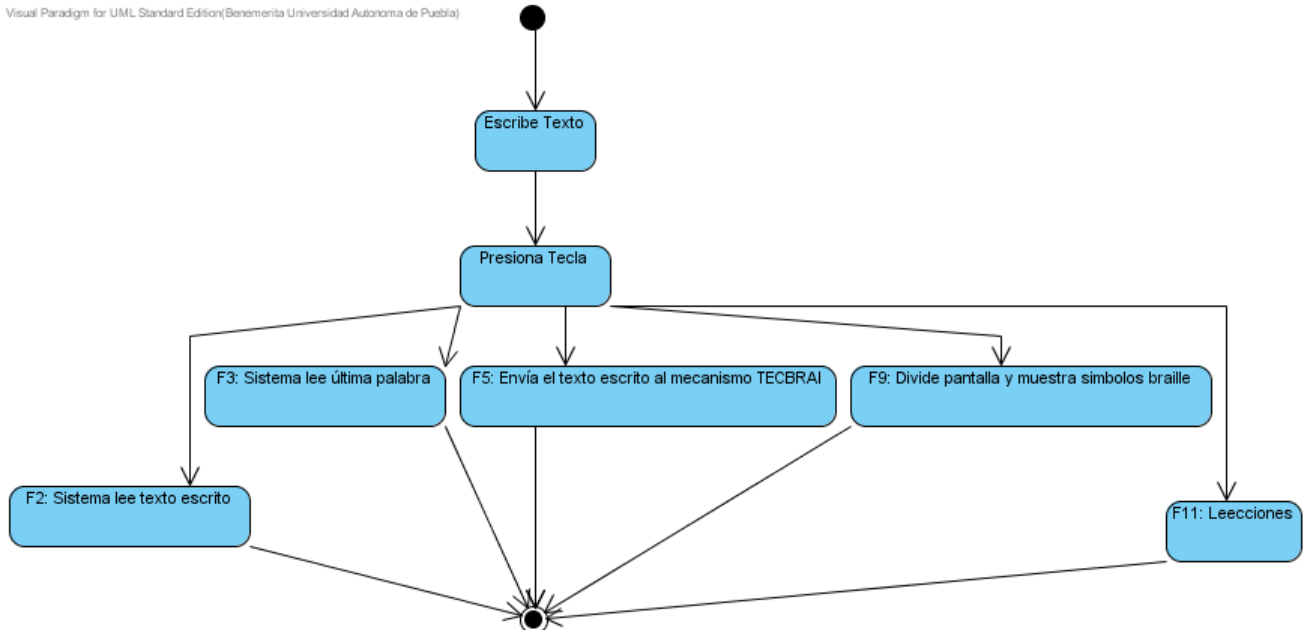
Relationships

Unnamed Transition	
From	 F2: Sistema lee texto escrito
From	 F3: Sistema lee última palabra
From	 F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI
From	 F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI
From	 F11: Lecciones

State Machine Diagram

Diagrama de Máquina de Estado Braille - Normovisual

Visual Paradigm for UML Standard Edition (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla)



Summary

Name	Documentation
● Initial	Inicia.
☐ Escribe Texto	Usuario escribe texto.
☐ Presiona Tecla	El usuario presiona una tecla de función.
☐ F2: Sistema lee texto escrito	Se lee el texto.
☐ F3: Sistema lee última palabra	Se lee la última palabra.
☐ F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI	Se traduce el texto y se envía a la línea braille.
☐ F11: Lecciones	Opción para iniciar aprendizaje del sistema Braille por medio de las lecciones.
☐ F9: Divide pantalla y muestra símbolos braille	Divide la pantalla para que aparezca el texto en fuente Braille y en fuente grande.
⦿ FinalState	Termina.

Details

Initial

Relationships

Unnamed Transition	
To	 Escribe Texto







Escribe Texto

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Initial
To	 Presiona Tecla

Presiona Tecla

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Escribe Texto
To	 F2: Sistema lee texto escrito
To	 F3: Sistema lee última palabra
To	 F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI
To	 F11: Lecciones
To	 F9: Divide pantalla y muestra símbolos braille

F2: Sistema lee texto escrito

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState




F3: Sistema lee última palabra

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState

F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState
To	 FinalState


F11: Lecciones

Relationships







Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState

F9: Divide pantalla y muestra símbolos braille

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presiona Tecla
To	 FinalState

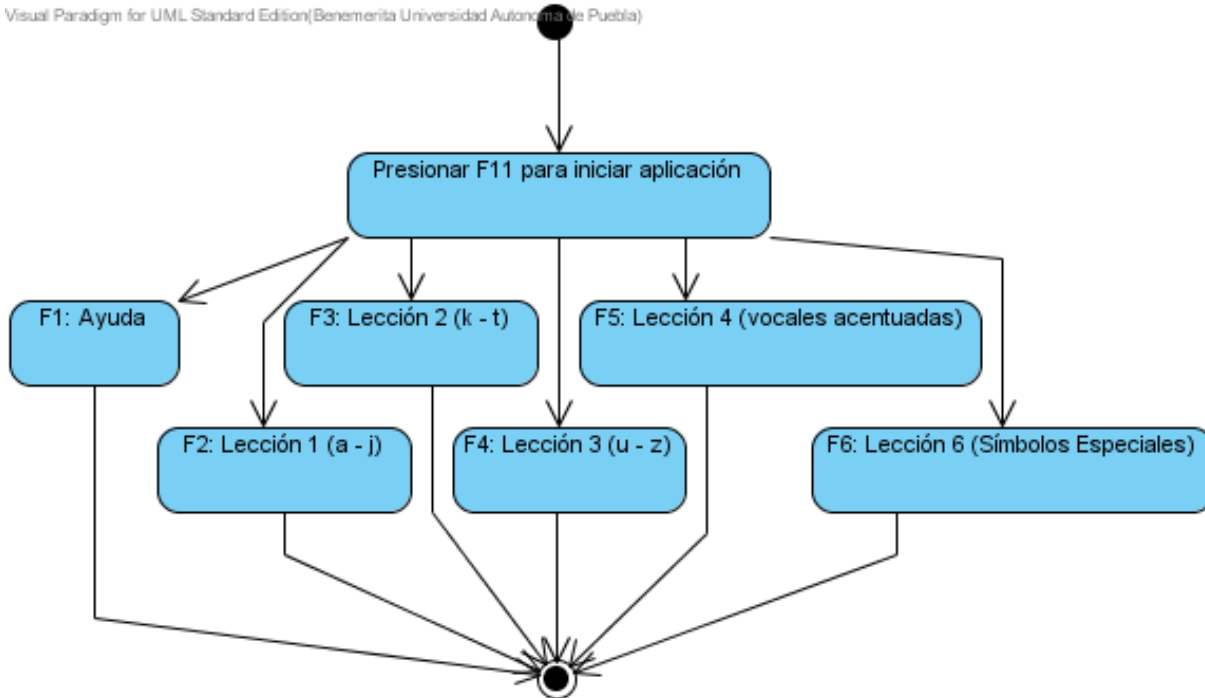
 **FinalState****Relationships**

Unnamed Transition	
From	 F2: Sistema lee texto escrito
From	 F3: Sistema lee última palabra
From	 F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI
From	 F5: Envía el texto escrito al mecanismo TECBRAI
From	 F11: Lecciones
From	 F9: Divide pantalla y muestra símbolos braille

State Machine Diagram

Diagrama de Máquina de Estados Lecciones Braille

Visual Paradigm for UML Standard Edition (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla)




Summary

Name	Documentation
● Initial	Inicia
☐ Presionar F11 para iniciar aplicación	Iniciar aplicación
☐ F1: Ayuda	Ayuda para el usuario
☐ F2: Lección 1 (a - j)	Lección 1
☐ F3: Lección 2 (k - t)	Lección 2
☐ F4: Lección 3 (u - z)	Lección 3
☐ F5: Lección 4 (vocales acentuadas)	Lección 4
☐ F6: Lección 5 (Símbolos Especiales)	Lección 5
⦿ FinalState2	Termina

Details







● Initial

Relationships

Unnamed Transition	
To	 Presionar F11 para iniciar aplicación


Presionar F11 para iniciar aplicación

Relationships

Unnamed Transition	
From	● Initial
To	 F1: Ayuda
To	 F2: Lección 1 (a - j)
To	 F3: Lección 2 (k - t)
To	 F4: Lección 3 (u - z)
To	 F5: Lección 4 (vocales acentuadas)
To	 F6: Lección 5 (Símbolos Especiales)


F1: Ayuda

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presionar F11 para iniciar aplicación
To	● FinalState2


F2: Lección 1 (a - j)

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presionar F11 para iniciar aplicación
To	<input checked="" type="radio"/> FinalState2


F3: Lección 2 (k - t)

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presionar F11 para iniciar aplicación
To	<input checked="" type="radio"/> FinalState2


F4: Lección 3 (u - z)

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presionar F11 para iniciar aplicación
To	<input checked="" type="radio"/> FinalState2



F5: Lección 4 (vocales acentuadas)

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presionar F11 para iniciar aplicación
To	<input checked="" type="radio"/> FinalState2







F6: Lección 5 (Símbolos Especiales)

Relationships

Unnamed Transition	
From	 Presionar F11 para iniciar aplicación
To	 FinalState2

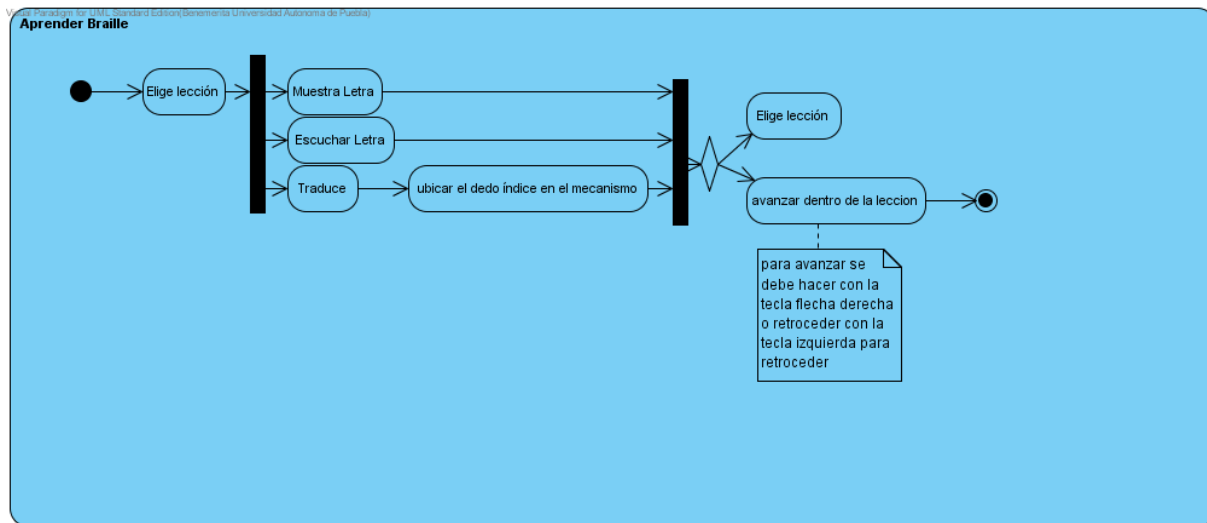
FinalState2

Relationships

Unnamed Transition	
From	 F1: Ayuda
From	 F2: Lección 1 (a - j)
From	 F3: Lección 2 (k - t)
From	 F4: Lección 3 (u - z)
From	 F5: Lección 4 (vocales acentuadas)
From	 F6: Lección 6 (Símbolos Especiales)

Activity Diagram

Diagrama de Actividades Braille

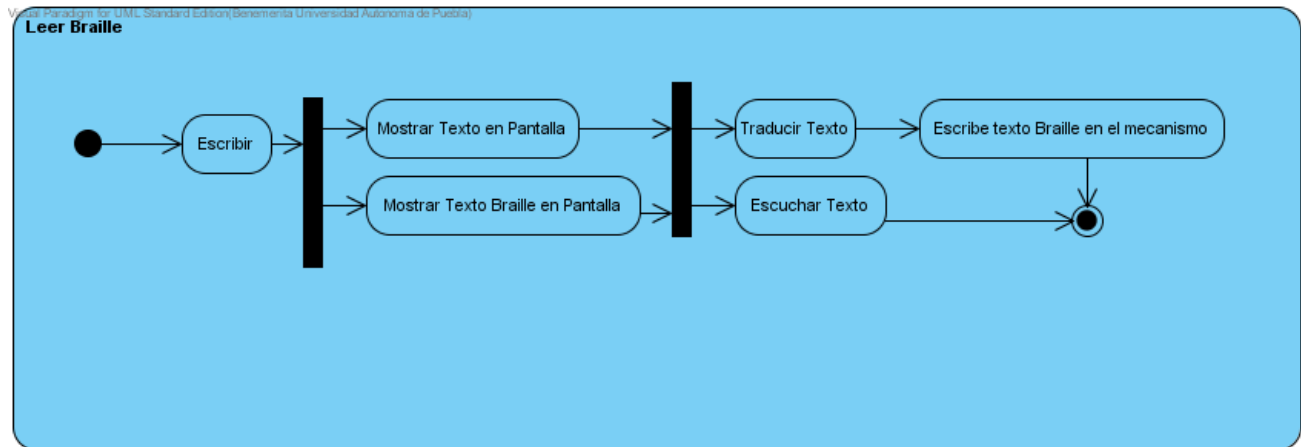


Summary

Name	Documentation
● InitialNode	Inicia.
📁 Aprender Braille	Estas actividades permiten al usuario aprender el sistema braille por medio de 5 lecciones.
📄 Elige lección	El usuario debe elegir una lección.
⚡ ForkNode	Lección elegida.
📄 Traduce	Proceso de traducción de Español a Braille (ASCII a braille)
📄 Ubicar el dedo índice en el mecanismo	El usuario debe posicionar su dedo índice sobre la línea braille para palpar el caracter mostrado en braille.
📄 Muestra Letra	Se muestra la letra en el editor de textos
📄 Escuchar Letra	Se escucha la letra a aprender.
⚡ ForkNode2	Nueva opción o elección de una tecla izquierda o derecha.
⚡ DecisionNode	El usuario debe decidir si avanzar en la lección o cambiar de lección.
📄 Avanzar dentro de la lección	Para avanzar se debe hacer con la tecla flecha derecha o retroceder con la tecla izquierda para retroceder
📄 Elige lección	El usuario debe elegir una lección.
⦿ ActivityFinalNode	Termina

Activity Diagram

Leer Braille

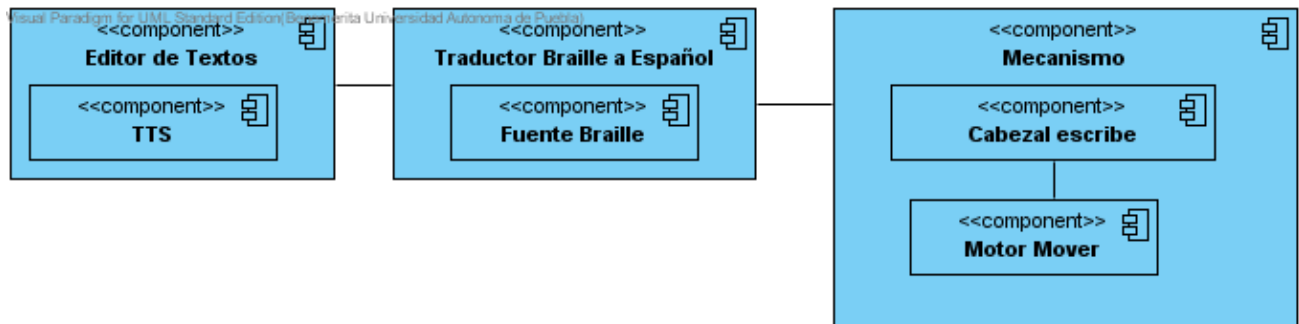


Summary

Name	Documentation
● InitialNode2	Inicia
📁 Leer Braille	El usuario leerá en la línea el texto traducido al Braille que haya escrito en el editor de textos.
📄 Escribir	Escribir texto.
🔀 ForkNode3	Mostrar texto en pantalla
📄 Mostrar Texto en Pantalla	Se mostrará el texto en pantalla en fuente grande.
📄 Mostrar Texto Braille en Pantalla	Se mostrará el texto en pantalla en sistema braille.
🔀 ForkNode4	Traducir y escuchar texto.
📄 Traducir Texto	Se traduce el texto a sistema Braille.
📄 Escribe texto Braille en el mecanismo	Con el texto traducido se envían los datos a la línea braille para que el usuario lea el texto en braille.
📄 Escuchar Texto	El usuario puede escuchar el texto escrito en el editor de textos
🎯 ActivityFinalNode2	Termina.

Component Diagram

Diagrama de Componente TECBRAI

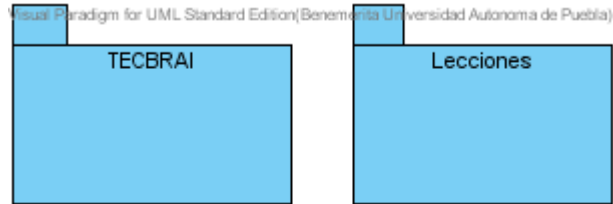


Summary



Name	Documentation
Editor de Textos	Editor de Textos
TTS	Text-to-speech, componente para reproducir en audio el texto escrito en el editor de textos.
Traductor Braille a Español	Proceso que traduce el texto al sistema Braille.
Fuente Braille	Componente para mostrar en pantalla el texto en fuente Braille.
Mecanismo	Mecanismo electrónico para mostrar el texto en sistema Braille en la línea braille.
Cabezal escribe	Sube las agujas de la línea Braille.
Motor Mover	Proceso para mover el cabezal.

Package Diagram

Diagrama de Paquete del sistema TECBRAI



Summary

Name	Documentation
 TECBRAI	Contiene todo el paquete de componentes para que funcione el editor de textos y se controle el mecanismo para representar el texto en sistema Braille sobre la línea.
 Lecciones	Contiene un paquete de 5 lecciones para el aprendizaje del sistema Braille.






CRC Card Diagram







CRC Card Diagram1

Visual: Desarrollo de ICM, Standard Editor/Sección de la Universidad Autónoma de Puebla

<p>Usuario</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: Existen dos tipos de usuarios para este sistema.</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ciegos</td> <td>Incapacidad total de la vision</td> </tr> <tr> <td>Débiles Visuales</td> <td>Capacidad de la visión muy dañ</td> </tr> <tr> <td>Normovisuales</td> <td>Capacidad de la visión con los o</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Ciegos	Incapacidad total de la vision	Débiles Visuales	Capacidad de la visión muy dañ	Normovisuales	Capacidad de la visión con los o	Name	Collaborator			<p>Teclado Adaptado</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: Teclado con los relieves en braille sobre cada te</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Relieves Braille</td> <td>A cada tecla le corresponde un</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Relieves Braille	A cada tecla le corresponde un	Name	Collaborator			<p>Lecciones</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: Son 5 lecciones para aprender el sistema braille</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Leccion [5]</td> <td>De la letra A a la J,De la letra k</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>envio caracteres braille</td> <td>Caracteres</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Leccion [5]	De la letra A a la J,De la letra k	Name	Collaborator	envio caracteres braille	Caracteres	<p>Editor</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: El editor de textos permite controlar el uso del text</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Escrito</td> <td>Texto en caracteres comunes y</td> </tr> <tr> <td>Audio</td> <td>Reproducir en audio el texto esc</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mostrar Escrito</td> <td>Esrito</td> </tr> <tr> <td>Reproducir Audio</td> <td>Audio</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Escrito	Texto en caracteres comunes y	Audio	Reproducir en audio el texto esc	Name	Collaborator	Mostrar Escrito	Esrito	Reproducir Audio	Audio
Name	Description																																										
Ciegos	Incapacidad total de la vision																																										
Débiles Visuales	Capacidad de la visión muy dañ																																										
Normovisuales	Capacidad de la visión con los o																																										
Name	Collaborator																																										
Name	Description																																										
Relieves Braille	A cada tecla le corresponde un																																										
Name	Collaborator																																										
Name	Description																																										
Leccion [5]	De la letra A a la J,De la letra k																																										
Name	Collaborator																																										
envio caracteres braille	Caracteres																																										
Name	Description																																										
Escrito	Texto en caracteres comunes y																																										
Audio	Reproducir en audio el texto esc																																										
Name	Collaborator																																										
Mostrar Escrito	Esrito																																										
Reproducir Audio	Audio																																										
<p>Deficiente Visual</p> <p>Super Classes: Usuario</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: La deficiencia visual, nos estamos refiriendo a c</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deficiente visual</td> <td>Las personas que en su capac</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Deficiente visual	Las personas que en su capac	Name	Collaborator			<p>Teclado Común</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: Los teclados comunes poseen teclas alfabéticas</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description			Name	Collaborator			<p>Caracteres</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: El mecanismo eleva puntos formando caracteres</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mostrar caracteres</td> <td>TECBRAI</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description			Name	Collaborator	mostrar caracteres	TECBRAI																	
Name	Description																																										
Deficiente visual	Las personas que en su capac																																										
Name	Collaborator																																										
Name	Description																																										
Name	Collaborator																																										
Name	Description																																										
Name	Collaborator																																										
mostrar caracteres	TECBRAI																																										
<p>Ciego</p> <p>Super Classes: Usuario</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: La ceguera, nos estamos refiriendo a condicione</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ceguera</td> <td>Las personas que no ven absol</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Ceguera	Las personas que no ven absol	Name	Collaborator				<p>Escrito</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: El texto que el usuario escriba será mostrado e</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Texto</td> <td>Mostrará letras en fuente gran</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mostrar Texto</td> <td>Editor</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Texto	Mostrará letras en fuente gran	Name	Collaborator	Mostrar Texto	Editor																									
Name	Description																																										
Ceguera	Las personas que no ven absol																																										
Name	Collaborator																																										
Name	Description																																										
Texto	Mostrará letras en fuente gran																																										
Name	Collaborator																																										
Mostrar Texto	Editor																																										
<p>Normovisuales</p> <p>Super Classes: Usuario</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: Persona que cuentan con la capacidad de ver c</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Normovisual</td> <td>Las personas que no tienen un</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	Normovisual	Las personas que no tienen un	Name	Collaborator				<p>Audio</p> <p>Super Classes:</p> <p>Sub Classes:</p> <p>Description: El Audio es una ayuda esencial para el ciego cu</p> <p>Atributes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TTS</td> <td>Text to Speech</td> </tr> </tbody> </table> <p>Responsibilities:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Collaborator</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reproducir Audio</td> <td>Editor</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Description	TTS	Text to Speech	Name	Collaborator	Reproducir Audio	Editor																									
Name	Description																																										
Normovisual	Las personas que no tienen un																																										
Name	Collaborator																																										
Name	Description																																										
TTS	Text to Speech																																										
Name	Collaborator																																										
Reproducir Audio	Editor																																										

Summary

Name	Documentation
 Usuario	Existen dos tipos de usuarios para este sistema, los discapacitados visuales que se dividen en dos, los ciegos y los débiles visuales, y los normovisuales.
 Lecciones	Son 5 lecciones para aprender el sistema braille.
 Editor	El editor de textos permite controlar el uso del texto en pantalla y del audio.
 Teclado Adaptado	Teclado con los relieves en braille sobre cada tecla, según corresponda el símbolo braille.
 Deficiente Visual	La deficiencia visual, se refiere a condiciones caracterizadas por una limitación muy seria de la función visual.

 Teclado Común	Los teclados comunes poseen teclas alfabéticas ordenadas de un modo tal que permitan una fácil memorización de la ubicación de las mismas para lograr una escritura más llevadera.
 Caracteres	El mecanismo eleva puntos formando caracteres en braille.
 Ciego	La ceguera, nos estamos refiriendo a condiciones caracterizadas por una limitación total de la función visual.
 Escrito	El texto que el usuario escriba será mostrado en pantalla en fuente de tamaño grande y fuente de símbolos braille.
 Normovisuales	Persona que cuentan con la capacidad de ver con los ojos.
 Audio	El Audio es una ayuda esencial para el ciego cuando está aprendiendo el sistema braille en las lecciones. También permitirá al discapacitado visual a escuchar el texto que ha escrito.

Details



Usuario

Name	Value
Documentation	Existen dos tipos de usuarios para este sistema, los discapacitados visuales que se dividen en dos, los ciegos y los débiles visuales, y los normovisuales.

Attributes

Name	Description
Ciegos	Incapacidad total de la visión
Débiles Visuales	Capacidad de la visión muy dañada, en su capacidad logran ver objetos con gran dificultad a una distancia muy corta.
Normovisuales	Capacidad de la visión con los ojos.



Lecciones

Name	Value
Documentation	Son 5 lecciones para aprender el sistema braille.

Attributes

Name	Description
Leccion [5]	De la letra A a la letra J, de la letra K a la letra S, de la letra T a la letra Z, números, caracteres especiales como acentos.



Editor

Name	Value
Documentation	El editor de textos permite controlar el uso del texto en pantalla y del audio.

Attributes

Name	Description
Escrito	Texto en caracteres comunes y símbolos braille
Audio	Reproducir en audio el texto escrito por el usuario

Responsibilities

Name	Collaborator
Mostrar Escrito	Esrito
Reproducir Audio	Audio



Teclado Adaptado

Name	Value
Documentation	Teclado con los relieves en braille sobre cada tecla, según corresponda el símbolo braille.

Attributes

Name	Description
Relieves Braille	A cada tecla le corresponde un símbolo braille.



Deficiente Visual

Name	Value
Documentation	La deficiencia visual, nos estamos refiriendo a condiciones caracterizadas por una limitación muy seria de la función visual.

Attributes

Name	Description
Deficiente visual	Las personas que en su capacidad logran ver con gran dificultad objetos a una distancia muy corta

Teclado Común

Name	Value
Documentation	Los teclados comunes poseen teclas alfabéticas ordenadas de un modo tal que permitan una fácil memorización de la ubicación de las mismas para lograr una escritura más llevadera.

Caracteres

Name	Value
Documentation	El mecanismo eleva puntos formando caracteres en braille.

Ciego

Name	Value
Documentation	La ceguera, nos estamos refiriendo a condiciones caracterizadas por una limitación total de la función visual.

Attributes

Name	Description
Ceguera	Las personas que no ven absolutamente nada

Escrito

Name	Value
Documentation	El texto que el usuario escriba será mostrado en pantalla en fuente de tamaño grande y fuente de símbolos braille.

Attributes

Name	Description
Texto	Mostrará letras en fuente grande y símbolos en braille

Responsibilities

Name	Collaborator
Mostrar Texto	Editor

Normovisuales

Name	Value
Documentation	Persona que cuentan con la capacidad de ver con los ojos

Attributes

Name	Description
Normovisual	Las personas que no tienen un problema extremo de la capacidad de la visión.



Audio

Name	Value
Documentation	El Audio es una ayuda esencial para el ciego cuando está aprendiendo el sistema braille en las lecciones. También permitirá al discapacitado visual a escuchar el texto que ha escrito.

Attributes

Name	Description
TTS	Text to Speech

Responsibilities

Name	Collaborator
Reproducir Audio	Editor

Bibliografía

- [1] INEGI, “*XII Censo General De Población y Vivienda, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*”, 2000.
- [2] OMS, “*Organización Mundial de la Salud*”, <http://www.who.int/es/>.
- [3] ONCE, “*Organización Nacional de Ciegos Españoles*”, www.once.es.
- [4] Freedom scientific, “*The world.s leader in assistive and adaptive technology for individuals who are blind, or have low vision*”, <http://www.freedomscientific.com>.
- [5] Soundblaster, “*Desarrolladores de tarjetas de sonido para PC*”, <http://www.soundblaster.com>.
- [6] Telesensory, “*For three decades Telesensory has been helping visually impaired and blind people achieve greater independence through innovative, technology-based products*”, <http://www.telesensory.com>.
- [7] Aisquared, “*Ai Squared has been a leader in the assistive technology field for 18 years*”, <http://www.aisquared.com>
- [8] Physics tiger , “*The tiger 1000 is a new generation computer printer which embosses tactile text and graphics onto standard Braille paper and plastic media*”, http://dots.physics.orst.edu/tiger_project.html
- [9] Caragol Manuel , “*Fundación de Ciegos Manuel Caragol*”, <http://www.funacaragol.org>
- [10] James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grady Booch. “*The Unified Modeling Language Reference Manual*”, Addison-Wesley Object Technology, 2004.
- [11] Nylamid®, “*Ficha Técnica de Nylamid®, versión en inglés. Disponible en www.nylamid.com.mx*”
- [12] STMicroelectronics, “*Datasheet by STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES*”.
- [13] Hamilton H.Mabie, “*Dynamics of Machinery*”, Wiley International. 1966.
- [14] Hispavila, “[13]. *Constitución de un motor de paso y Funcionamiento del motor de paso*’, www.hispavila.com
- [15] X-Robotics, “*Motores PaP, Paso Doble*”, www.x-robotics.com
- [16] Toledo Astasio, PÉrgamo J. A., “*Método de alfabetización de personas adultas ciegas*”, Ed. ONCE. 1993.
- [17] Crespo, S. E., “*La escuela y el niño ciego*”, Ed. Graficart.
- [18] Sánchez Herrero, A. Bliseo, “*Método para el aprendizaje del código de lecto escritura braille*”, Ed. ONCE. 1989

- [19] Jim Arlow, “*UML 2 and the Unified Process: Practical Object-Oriented Analysis and Design (2nd Edition)*”, Addison-Wesley Object Technology, 2007.
 - [20] Grady Booch, “*Object Solutions: Managing the Object-Oriented Project (OBT)* ”, Addison-Wesley Object Technology, 2007.
 - [21] Ivar Jacobson, Grady Booch, James Rumbaugh. “*The Unified Software Development Process*”, Addison-Wesley Object Technology, 2007.
-