

CENTRO DE ENTRENAMIENTO BRAILLE

Bellotti Marcelo; Estigarribia Luis

Universidad de la Marina Mercante, Facultad de Ingeniería
mabellotti@udemmm.edu.ar; estigarribia.correo@gmail.com

RESUMEN

La educación en la ingeniería industrial ha evolucionado de manera significativa en respuesta a las demandas cambiantes de la industria y la sociedad.

La educación inclusiva garantiza el pleno desarrollo y la participación activa de todas las personas independientemente de sus capacidades. El centro de entrenamiento braille está formado por un teclado braille con conexión bluetooth a un teléfono inteligente que permite convertir la letra seleccionada en sonido, por medio de una aplicación para tal fin. El teclado también posee la función de enviar la orden de impresión hacia una impresora de sistema braille. La impresora es de bajo ruido, y crea caracteres en un formato único a través del uso de punzones estampadores. Esto permite a las personas con discapacidad visual identificar su escritura e imprimir bajo asistencia auditiva.

El centro de entrenamiento braille es una herramienta trascendental en la educación para el acceso a la información y la participación de personas con discapacidad visual. No obstante, la escasez y el alto costo de plataformas digitales específicamente diseñadas, dificultan su utilización y crean barreras para su desarrollo académico y personal. Integrar habilidades cognitivas, mediante la conversión de texto a voz, asegura el proceso de enseñanza-aprendizaje y lectoescritura, lo que resulta fundamental en el desarrollo de habilidades de comunicación y comprensión en una sociedad que utiliza el texto como medio principal de registro y transmisión de información. La educación inclusiva, mejora la calidad de vida de las personas con discapacidad visual y asegura la igualdad de acceso a igualdad de oportunidades académicas y laborales.

Palabras Claves: Centro de entrenamiento braille, braille, aprendizaje, accesibilidad, inclusión.

ABSTRACT

Industrial engineering education has evolved significantly in response to the changing demands of industry and society.

Inclusive education ensures the full development and active participation of all individuals, regardless of their abilities. The braille training center consists of a braille keyboard with Bluetooth connectivity to a smartphone, allowing the selected letter to be converted into sound through a dedicated application. The keyboard also has the function of sending the print command to a Braille system printer. The printer operates with low noise and creates characters in a unique format using embossing punches. This enables visually impaired individuals to identify their writing and print with auditory assistance.

The braille training center is a pivotal tool in education, facilitating access to information and the engagement of individuals with visual disabilities. Nevertheless, the scarcity and high cost of specifically designed digital platforms hinder their utilization and create barriers to academic and personal development. Integrating cognitive skills through text-to-speech conversion ensures the teaching-learning process and literacy. This is essential for fostering communication and comprehension skills in a society that primarily employs text for recording and transmitting information. Inclusive education enhances the quality of life for individuals with visual impairments and guarantees equal access to academic and employment opportunities.

Keywords: Braille training center, braille, learning, accessibility, inclusion.

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios producidos en los sistemas educativos venían hace tiempo demandando transformaciones en los métodos y los contenidos de la formación. La CONEAU, en 2021, presentó los estándares de segunda generación para las carreras de Ingeniería con base en las propuestas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina, CONFEDI. La acreditación por competencias hace referencia a las aptitudes, destrezas y capacidades que tiene que adquirir el estudiante para desempeñarse en su profesión. Se incorporan competencias sociales: el saber ser, el conocer y saber hacer.

La constante evolución e integración de desarrollos tecnológicos e informáticos está permitiendo la implementación de nuevas prácticas en la forma de realizar la construcción del proceso de enseñanza-aprendizaje. Esa integración se impone, a medida que se hacen más complejos los métodos y más especializado el conocimiento, para una futura inserción laboral. Se incorporan aspectos como la ética, la moral, el saber trabajar en equipo, el saber comunicarse con efectividad, actuar con espíritu de equipo y con espíritu emprendedor. Las competencias específicas se refieren a las competencias que hacen a cada carrera y además se definen actividades reservadas para cada especialidad.

Los estándares de segunda generación atraviesan transversalmente todo el espectro de las actividades de las Instituciones de Educación Superior y apuntan a apreciar, en esas actividades de docencia, investigación y extensión, la capacidad de incidir en la comunidad y responder a las demandas cambiantes y crecientes, promoviendo cambios acordes con las necesidades del entorno, con una gestión universitaria eficiente que compatibilice los criterios académicos y la inversión producida. De este modo se podrá dar continuidad a los avances generados en la primera generación de estándares, para lograr que la evaluación y la acreditación sean una oportunidad para transitar por un círculo virtuoso de calidad.

Los cambios que ha experimentado la Educación Superior desafían a pensar nuevas estrategias que permitan un avance hacia nuevos umbrales de calidad garantizando que todos puedan tener acceso en igualdad de oportunidades.

El sistema de lenguaje braille es el principal medio de comunicación para una persona con discapacidad visual. Los caracteres braille consisten en celdas de seis puntos, en una matriz de 3 filas y 2 columnas (Figura 1). Cada punto tiene un relieve, una protuberancia, palpable con las yemas de los dedos. Se pueden formar 64 combinaciones básicas que incluyen letras y símbolos. Respetando diferentes reglas, y combinando más de un carácter, se pueden representar números y caracteres especiales [1].

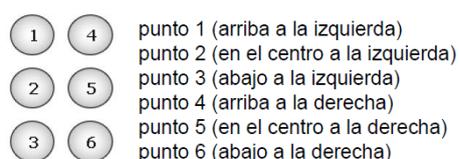


Figura 1 Celda braille

El sistema braille permite que los niños y adultos con discapacidad visual puedan leer y escribir con sus manos. Los métodos de aprendizaje tradicionales implican un proceso complejo y los costos de los recursos didácticos son altos, en algunos casos prohibitivos para personas con discapacidad. El centro de entrenamiento braille propicia un acompañamiento en esa curva de aprendizaje, apoyándose en el uso de tecnología y acercando al usuario en el empleo de dispositivos y sistemas digitales.

Consta de una serie de equipos comunicados, donde cada uno tiene una función específica y busca estimular o desarrollar el aprendizaje de lectoescritura braille. Los equipos con los que cuenta son: impresora braille, teclado braille y software de validación e interacción sonora (Figura 2).

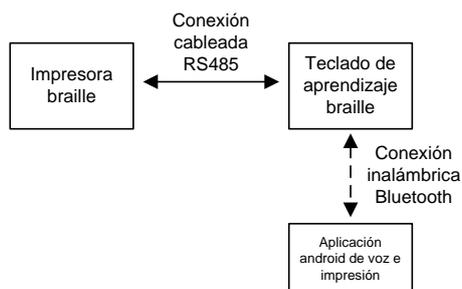


Figura 2 Equipos y comunicación del sistema de entrenamiento braille

2. TECLADO BRAILLE

El teclado braille utiliza el formato de la máquina *Perkins* (Figura 3). Está compuesto por nueve teclas, de las cuales 6 corresponden a los puntos que forman un carácter, una tecla para borrar (BKSP), una tecla para salto de línea (ENTER), la tecla espaciadora (SP) y una tecla para imprimir (PRINT). Este teclado innova al permitir la conexión inalámbrica vía bluetooth a un teléfono inteligente que mediante una aplicación instalada convierte el texto a voz, pudiendo el usuario de esta manera comprobar que el carácter enviado es correcto. El principio de funcionamiento es similar a este equipo basado en nuevas tecnologías y permitirá el entrenamiento desde edad temprana de las personas que necesitan acceder al sistema braille, irremplazable para las personas con discapacidad visual.



Figura 3 Máquina Perkins

Mediante el pulsado de las 6 teclas que forman el carácter braille entrena el músculo necesario para ir aprendiendo el sistema desde la generación a la práctica. De acuerdo a la combinación que oprima el usuario representará diferentes caracteres. Esta práctica estimula el conocimiento espacial de las posiciones de los puntos, capacidad que se hace más compleja en las personas con ceguera [2]. El teclado, se comunica de manera inalámbrica por tecnología bluetooth al teléfono inteligente, el usuario realiza el ingreso de datos desde el teclado y el resultado se obtiene mediante una devolución sonora, correspondiente al carácter que se conformó.

2.1 Operación del teclado braille.

Las teclas del 1 al 6, que pueden pulsarse de forma individual o conjunta, corresponden a los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del signo generador en braille (Figura 4). La tecla espaciadora (space) permite introducir el espacio al final de cada palabra.

Cuenta con una tecla de retroceso (BORRAR) con la que se puede regresar a una posición inmediatamente anterior. Una tecla de cambio de línea (ENTER) que se debe pulsar si se quiere cambiar de línea al finalizar un renglón (Figura 5).

Para escribir se ha de presionar todas las teclas que componen el símbolo que se quiere expresar. Esta presión debe ser simultánea. Una vez que las teclas dejan de ser presionadas el carácter es enviado al celular, que mediante la aplicación que traduce ese carácter a voz, mediante la aplicación texto a voz (Text To Speech – TTS) se imprime este carácter en pantalla.

El usuario puede optar desde la aplicación que el carácter o el texto completo ingresado sea impreso en la impresora braille. En tal caso, y si la impresora se encuentra conectada, el teclado envía la información hacia la impresora.

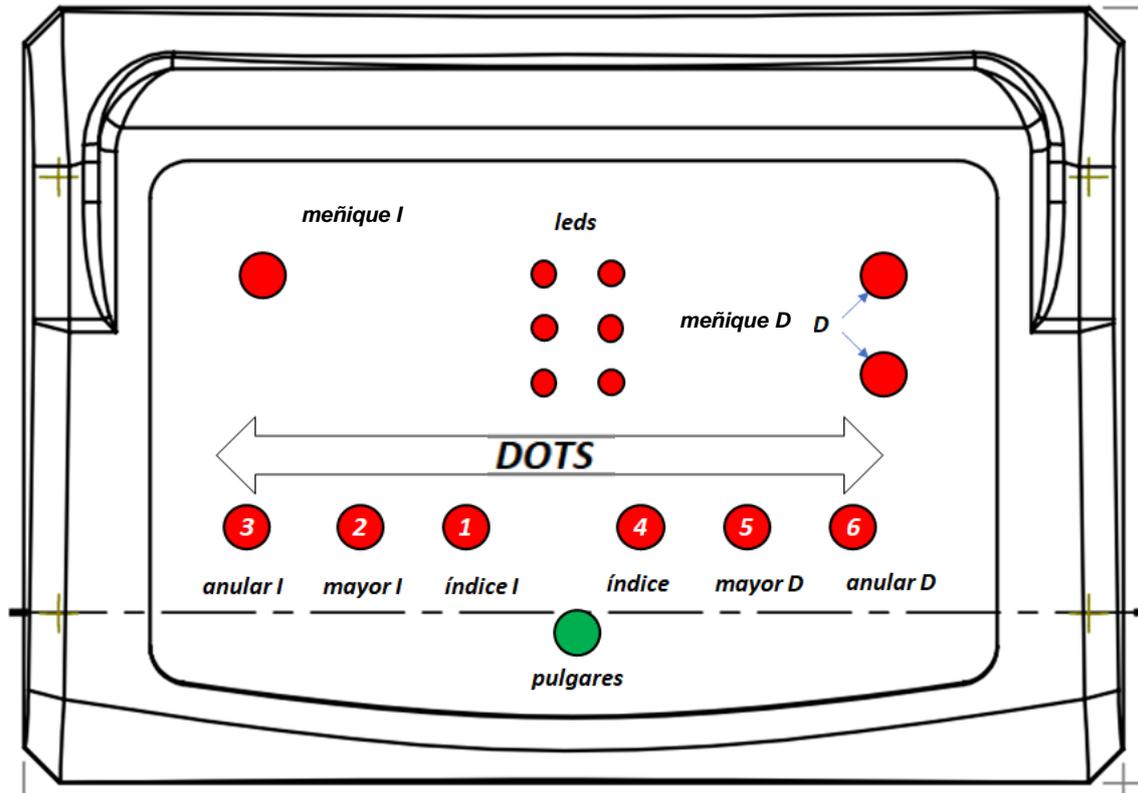


Figura 4 Disposición de botones en el teclado braille

2.2 Sistema electrónico.

El teclado braille está basado en un microcontrolador ESP32 [3] en modo SOC (System On Chip), de fácil adquisición en el mercado local, bajo costo, programable en varios lenguajes (C++/Python) y con amplia difusión y bajo costo en Argentina. Este MCU tiene gran velocidad de procesamiento y conexión inalámbrica vía Bluetooth (BT), Bluetooth Low Energy (BLE) y Wi-Fi (Figura 17).

El carácter se forma presionando simultáneamente los pulsadores que lo conforman. En el caso de la Figura 5 se conforma la letra “o”, como se puede observar la letra se forma presionando los pulsadores 1 + 3 + 5 y mediante la App la letra “o” se podrá escuchar para que el usuario pueda verificar que la misma sea la correcta.

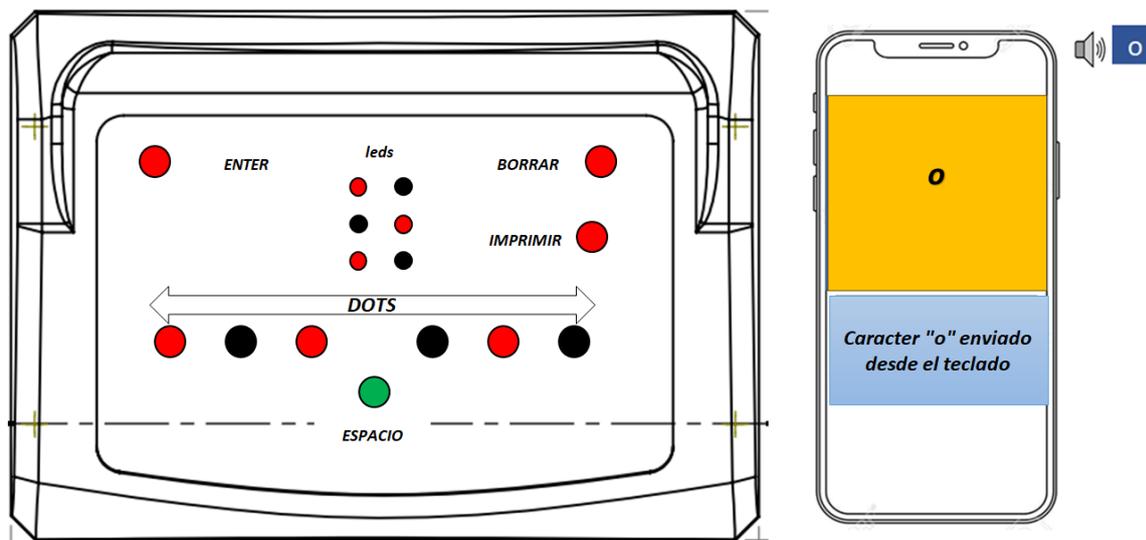


Figura 5 Caracter enviado a la App.

Los caracteres se podrán seguir conformando para formar un párrafo o frase la que podrá ser escuchada mediante la aplicación presionando el pulsador IMPRIMIR, como puede verse en la figura 6.

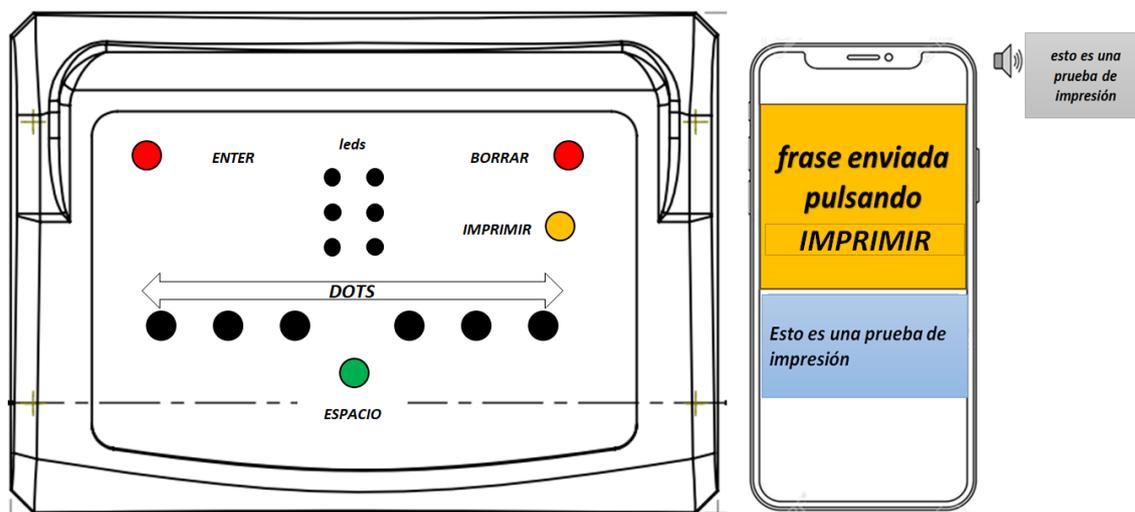


Figura 6 Frase enviada a la App

Al mismo tiempo que la frase completa se escucha se visualiza en la pantalla del celular en el que está instalada la aplicación.

El teclado también posee una tecla BORRAR que permite borrar el último carácter ingresado. La frase se borra de la memoria del teclado mediante la presión simultánea de las teclas ENTER y BORRAR.

3. IMPRESORA BRAILLE

La mayoría de las impresoras braille del mercado funcionan por percusión produciendo un alto nivel sonoro, del orden de 80 dB [4]. Este diseño funciona por estampado y presión, con muy bajo ruido siendo más cómodo su operación para el usuario no vidente, típicamente con mayor sensibilidad auditiva. El formato de cada carácter es fijo, no puede cambiarse el tamaño, facilitando la lectura del usuario. Las dimensiones de las celdas braille respetan las recomendaciones de la *Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE)*. (Figura 7).

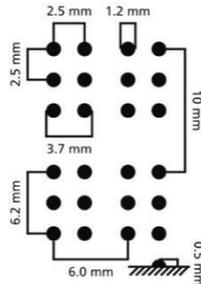


Figura 7 Dimensiones de la matriz braille

El usuario coloca el papel en el receptáculo y la impresora a través de un rodillo de goma arrastra el papel por debajo del cabezal de impresión. El cabezal tiene un movimiento perpendicular al papel, y está conformado por tres punzones que estampan de acuerdo al carácter braille enviado. Los tres punzones consisten en cilindros metálicos (Figura 8) que realizan un movimiento de traslación y estampan en el papel, dejando la impronta y la protuberancia palpable para el lector braille en el dorso de la hoja. Los tres punzones forman medio carácter braille, de manera que la impresora realiza dos movimientos para completar un carácter completo.

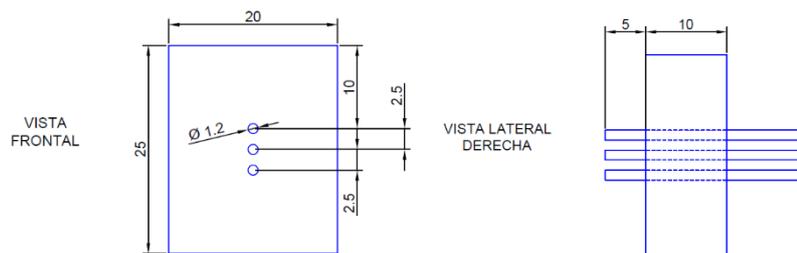


Figura 8 Dimensiones de los punzones

3.1 Cabezal de impresión.

El cabezal de impresión está compuesto por tres servomotores en posiciones fijas, respecto del cabezal. Los tres servomotores cuentan con un sistema de transmisión a través de un volante y ejes de rotación libre, modo en el que realiza el movimiento de los punzones en la matricería.

Los servomotores empleados son de corriente continua, modelo MG996R. Su control de posición es a través de una señal digital modulada por ancho de pulso (PWM) con una frecuencia de 50 Hz (Figura 9). El rango de rotación es de 120 grados y con un volante de 15 mm de diámetro, es suficiente para poder realizar un recorrido de más de 10 milímetros de movimiento de altura en los punzones. Con este recorrido la impresora realiza ajustes de cero y la profundidad configurada en cada estampado (Figura 10).



Figura 9 Servomotor utilizado en el cabezal de la impresora braille

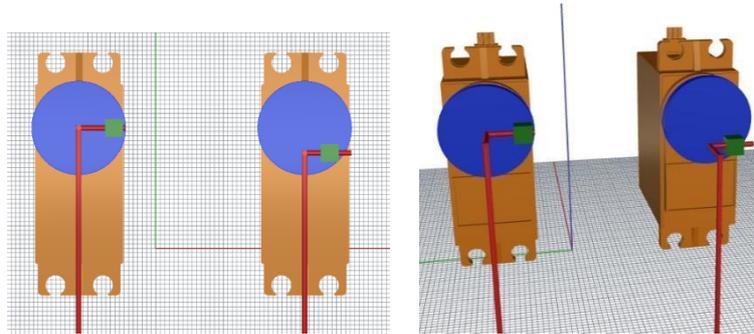


Figura 10 Rotación del servomotor y transmisión longitudinal

Los punzones están contruados con varillas de acero templado, utilizado en aeromodelismo, y cuentan con la rigidez suficiente para no flexionarse y ejercer la presión suficiente en el papel para lograr el estampado. La sujeción de la varilla con el volante de cada servomotor es a través de una pieza metálica que permite la traslación de la varilla y la rotación de su centro respecto del volante, esto permite que al rotar el eje del servo la pieza metálica se traslade y empuje la varilla del acero, transformando el movimiento angular en longitudinal.

El cabezal cuenta con piezas plásticas que unen los tres servomotores de manera fija. En el extremo de las varillas se encuentra la matriz metálica que las conduce, logrando un movimiento perpendicular y constante. De esta manera se obtiene un estampado uniforme. (Figura 11 y Figura 12).

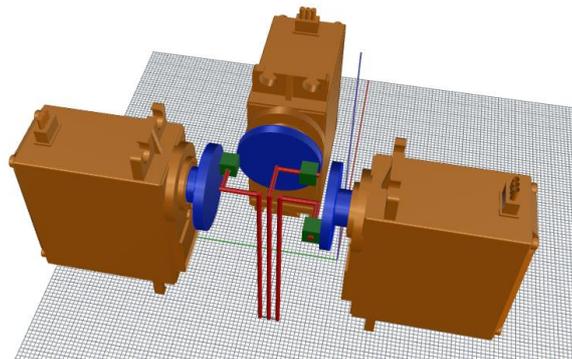


Figura 11 Posición de los servomotores y transmisión de movimiento a los punzones

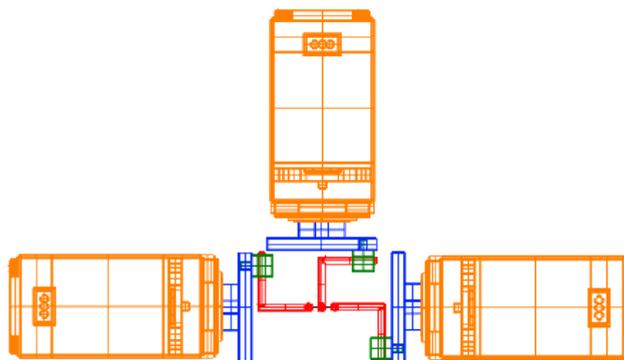


Figura 12 Posición de los servomotores. Vista superior

3.2 Estructura de la impresora.

Se emplearon perfiles extruidos de aluminio cuadrados de 20 milímetros, de manera de que la estructura sea robusta y liviana. La unión de los perfiles se realiza a través de escuadras de aluminio con montajes a través de tornillos roscados.

El diseño estructural puede verse en la Figura 13 y Figura 14. Cuenta con dimensiones suficientes para la impresión de hojas de tamaño A4 (210 mm de ancho y 297 mm de alto). En el extremo de la estructura se montó un motor paso a paso encargado del traslado horizontal del cabezal. Este movimiento se realiza a través de la rotación de un tornillo roscado, montado sobre rodamientos, que acoplado a una pieza roscada sobre la placa metálica del cabezal permite su traslado. También cuenta con finales de carrera en sus extremos para determinar los límites. Los puntos intermedios se logran con las rotaciones angulares del motor.

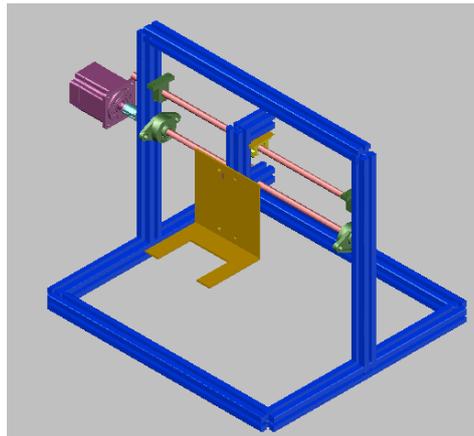


Figura 13 Esquema estructuras impresora braille

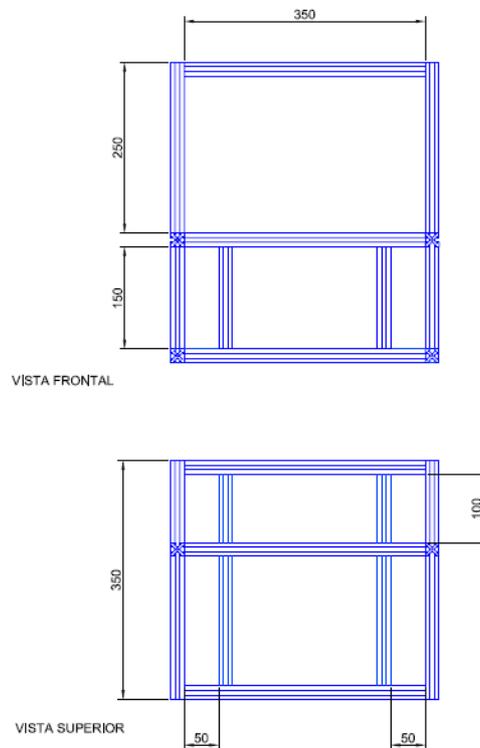


Figura 14 Dimensiones de la impresora braille

3.3 Tamaño y papel.

El tamaño de hoja sobre el cual puede trabajar la impresora debe ser igual o menor a un tamaño A4 (210 mm de ancho y 297 mm de alto). El equipo puede imprimir sobre papel comercial del tipo alcalino o de calcar, de gramaje de 75 g/m² a 120 g/m², rangos de fácil acceso. Sólo puede imprimirse en un lado de cada hoja.

La disposición máxima de caracteres braille que podrá imprimirse en una hoja A4 es de 27 caracteres de alto por 29 caracteres de ancho, dejando márgenes en todos sus extremos según se puede ver en la Figura 15.

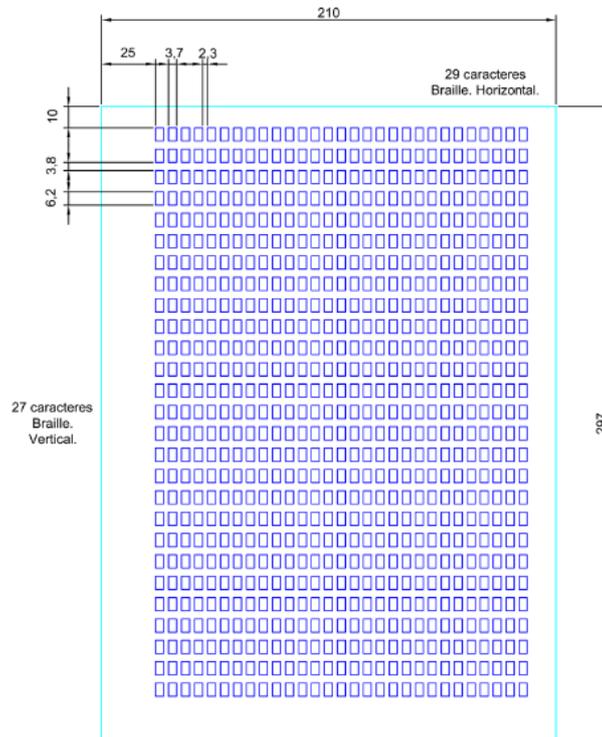


Figura 15 Distribución de caracteres en una hoja A4 y márgenes

3.4 Sistema electrónico.

El sistema electrónico incluye la lógica de control de los servomotores del cabezal y los motores para la toma de papel y el motor de movimiento del cabezal. Además, gestiona la comunicación con el teclado braille, la codificación en los movimientos de acuerdo al carácter enviado y ajustes que puede realizarse como velocidad de impresión o profundidad de estampado de los punzones.

3.4.1 Controladores de motores paso a paso.

Para controlar cada motor paso a paso se empleó el circuito integrado DRV8825 de la empresa *Texas Instruments*, montado en una placa integrada de la empresa *Pololu Corporation*. Esta placa ya tiene integrada los componentes necesarios para poder accionarlos y limitar la corriente a valores seguros. En la Figura 16 se puede observar la placa del controlador con todos sus componentes.



Figura 16 Placa controladora de motores paso a paso

3.4.2 Microcontrolador.

El microcontrolador utilizado es de 32 bits, tipo SoC (System on a chip) de bajo costo y consumo de energía, con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de la empresa *Espressif Systems*. El tamaño de memoria disponible para programa, conectividad y cantidad de puertos son adecuados para el control de la impresora (Figura 17).



Figura 17 Microcontrolador ESP32

3.4.3 Comunicación.

La impresora braille se comunica a través de un enlace cableado con el teclado braille. El protocolo de comunicación es RS485 de par diferencial, de manera de aportar gran robustez en el enlace. Se incluye en el software desarrollado control de errores a través de un protocolo de verificación de errores redundante.

Los conectores del enlace es del tipo DIN de 3 terminales roscados, de modo de asegurar una conexión firme y segura. El cable es mallado con par trenzado.

3.4.4 Configuración.

La configuración se realiza a través de botones que se encuentran en el frente de la impresora. Con ellos se puede ajustar la profundidad de estampado de los punzones, de manera individual. También se puede ajustar la posición inicial de cada punzón (ajuste de cero), confirmar la toma de papel, anular la impresión y hacer una impresión de prueba con un texto predeterminado.

La impresora cuenta con una pantalla digital de cristal líquido de 20 columnas por 4 filas, para presentar los valores de configuración y estado de la impresora. Además, las confirmaciones de ajustes son guiadas por voz.

3.4.5 Alimentación eléctrica.

La impresora funciona con una alimentación de 12 voltios de corriente continua. Cuenta con su conector dedicado y una fuente externa. Esto permite su operación con baterías externas o alimentación a través de paneles solares.

4. CONCLUSIONES.

Una sólida gestión de la educación inclusiva fomenta tanto la integración académica como laboral de las personas con discapacidad.

El impacto social del Centro de Entrenamiento Braille es de una relevancia innegable. Su enfoque se centra no sólo en ser una creación económica, versátil, robusta y escalable, sino también en facilitar un acceso más efectivo y beneficioso para las personas con discapacidad visual a diversas tecnologías electrónicas y de software.

La concepción y fabricación del centro de entrenamiento braille presentó desafíos significativos, tanto en términos técnicos como de gestión. Al tratarse de un proyecto multidisciplinario, fue imperativo tener en cuenta de manera constante los costos y la facilidad de construcción. A pesar de estas dificultades, se logró con éxito el objetivo de vincular un proyecto de contenido tecnológico con una aplicación social que lo demanda.

5. REFERENCIAS.

- [1] García Soria, F. & Ruiz Prieto, L. (2023). *Signografía básica de las lenguas cooficiales españolas*. Documento técnico B 2, Versión 3. Organización Nacional de Ciegos Españoles, ONCE, Madrid, España. Recuperado de <https://www.once.es/>
- [2] Martínez-Liévana, I. & Polo Chacón, D., (2004). *Guía didáctica para la lectoescritura braille*. Organización Nacional de Ciegos Españoles, ONCE, Madrid, España. Recuperado de <https://www.once.es/>
- [3] Espressif Systems, (2023). ESP32 Series Datasheet. Espressif Systems. Recuperado de www.espressif.com/en/products/socs/esp32
- [4] Manual Users: Everest-D V5. Hantverkssvägen Gammelstad. Sweden. Recuperado de www.indexbraille.com.
- [5] *Interactuando con Braille. Orientaciones Generales para la Enseñanza del Sistema de Lectoescritura Braille*, (2020). Bogotá D.C., Colombia, INCI, Imprenta Nacional para Ciegos.

Agradecimientos

Los autores de este estudio desean expresar su gratitud hacia la facultad de ingeniería de la Universidad de la Marina Mercante, por fomentar y potenciar el desarrollo de sistemas inclusivos, además de ser una institución comprometida con la innovación, la equidad y la responsabilidad social.