



Nombre de su equipo: B-Corp

Universidad Modelo

Escuela de Ingenierías

Nombre de los integrantes:

Jorge Alejandro Chávez Gómez

Gabriel Rivero Gómez

Mario Tadeo Caballero Córdoba

Emiliano Martínez Vargas

María Fernanda Monterrubio Antonio

Fecha de entrega: viernes 10 de mayo

Development of a Interactive and Self-learning Device for Learning Braille

Jorge Alejandro Chávez Gómez
Escuela de Ingenierías
Universidad Modelo
Mérida, Yucatán
15234657@modelo.edu.mx

María Fernanda Monterrubio Antonio
Escuela de Ingenierías
Universidad Modelo
Mérida, Yucatán
15233676@modelo.edu.mx

Emiliano Martínez Vargas
Escuela de Ingenierías
Universidad Modelo
Mérida, Yucatán
15233774@modelo.edu.mx

Mario Tadeo Caballero Córdova
Escuela de Ingenierías
Universidad Modelo
Mérida, Yucatán
62160656@modelo.edu.mx

Gabriel Rivero Gómez
Escuela de Ingeniería
Universidad Modelo
Mérida, Yucatán
15234295@modelo.edu.mx

Abstract— *El sistema Braille es un código alfabético basado en puntos en relieve que se perciben por el tacto, este es utilizado por millones de personas con algún tipo de discapacidad visual en todo el mundo y permite representar letras, números, signos de puntuación, símbolos matemáticos y musicales en distintos idiomas. Con base a esto, se realizó un dispositivo interactivo con la finalidad de aprender el lenguaje Braille de manera autónoma. Este comparte similitudes con un encoder, contando con las 27 letras del abecedario español, representadas en lenguaje Braille. Su funcionamiento se basa en el uso de solenoides para el alzado de las teclas, esto mediante los conceptos de campos magnéticos para la selección de cada letra y contando de igual manera con un módulo de voz, de esta manera el dispositivo nos brinda una retroalimentación, buscando así un proceso para facilitar este aprendizaje. Dicho esto, se realizó un dispositivo para promover el aprendizaje del lenguaje Braille, el cual tiene un método de enseñanza que permite el conocimiento adecuado de la sensación que tiene el relieve de cada una de las diferentes letras de este mismo sistema, proporcionando de igual manera un módulo de voz, interpretando las respuestas del usuario para de esta manera dar una retroalimentación, proveniente del sonido de una alarma si el usuario tiene correcta la letra, o siendo otro sonido del caso contrario. Siendo de esta manera un modelo sencillo y fácil de usar por cualquier persona, sin necesidad de ayuda externa.*

Keywords— *Braille system, interactive, self-learning, visual disability, feedback.*

I. INTRODUCCIÓN

El sistema Braille es un código alfabético basado en puntos en relieve que se perciben por el tacto. Fue inventado por Louis Braille en el siglo XIX y desde entonces es utilizado por millones de personas con algún tipo de discapacidad visual en todo el mundo. Este permite representar letras, números, signos de puntuación, símbolos matemáticos, musicales y otros idiomas.

En México, según datos del censo realizado en 2020 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el número de personas con discapacidad visual corresponde a 2 millones 691 mil 338, mientras que las cifras de quienes cuentan con alguna limitación visual son mayores con 8 millones 974 mil 853, lo que la convierte en la segunda discapacidad más común en la nación, estando sólo por debajo de aquellas relacionadas con la discapacidad motriz [1].

La presencia de discapacidades visuales, tanto parciales como totales, puede dificultar el realizar actividades básicas, tal como lo menciona la Organización Mundial de la Salud (OMS) “pueden sufrir retrasos en el desarrollo motor, lingüístico, emocional, social y cognitivo” [2], por lo que, algunos productos de escritura y lectura táctil colaboran en la

realización de dichas actividades tales como el aprendizaje, pero generan una dependencia debido a que la mayoría de estos productos requieren de la participación de una persona conocedora del tema, lo que limita el aprendizaje autónomo, y ante esta situación surgen productos como lo es el prototipo creado por Duran Encinas I., et al. [3] llamado K-Box el cual está diseñado con el fin de familiarizar a los niños con los conceptos básicos de dicho sistema, mediante la estimulación el sentido del tacto y del oído fomentando la autonomía del usuario, ya que este dispositivo, a diferencia de otros, no requiere de la intervención de otra persona con conocimientos de este.

El Braille, trae consigo distintas limitantes en ámbitos cotidianos, debido a que los materiales de apoyo suelen ser inaccesibles, no hay tanta visibilidad que promueva su aprendizaje o las cifras respecto al verdadero alcance de este sistema no son claras, de acuerdo con un estudio y recopilación realizado por Dolphin S., et al. la tasa de alfabetización de este sistema más citada por nuestros expertos entrevistados es del 10% de las personas ciegas, esta estadística surgió en la década de 1970 y, por lo tanto, ahora está desactualizada y no es válida. Además, mencionan que La Encuesta de Empleo y Rehabilitación de Adultos (ARES) de 2011, uno de los estudios más grandes de esta población hasta la fecha encontró que el 58,05% de los participantes tenían conocimientos sobre lectura táctil. Según los expertos entrevistados, la popularidad de este recurso varía entre personas con diferentes niveles y momentos de pérdida de la visión [4].

Tomando en consideración el punto anterior, y el estudio realizado por Tri Ardiansah J. [5], se hace mención a que la edad en la que las personas empiezan a presentar discapacidades visuales puede afectar en gran medida el modo de aprendizaje del Braille, ya que las personas que nacen con este tipo de discapacidades suelen recibir una educación formal sobre este sistema, mientras que las personas que lo van adquiriendo conforme la edad, suelen recurrir a un método de aprendizaje no formal.

En vista a los desafíos presentes en el uso del sistema Braille hoy en día se desarrollaron prototipos que permiten realizar actividades de manera autónoma tales como el dispositivo Braille de autoaprendizaje para aprender el alfabeto braille bengalí realizado por Abdul Kader M., et al., [6], el cual funciona por medio de dos modos, el primero es el de aprendizaje, donde el dispositivo genera un patrón braille al cambiar seis actuadores de solenoide y pronuncia un alfabeto parecido al hablante, y el segundo modo que es el de práctica, en el cual el usuario puede seleccionar una tarjeta

braille impresa y asumir el alfabeto escrito en ella sintiéndolo con la punta de su dedo.

Estas herramientas son beneficiosas para la autonomía en la formación del Braille, ya que son fáciles de usar, y aunque las personas pueden tener cierta familiaridad con el mismo, el uso de estas facilita su aprendizaje, permitiendo una mayor autonomía. Sin embargo, no todas estas brindan esta facilidad, según un estudio realizado por Konecki M., et al. [7], muchos estudiantes experimentan problemas o desafíos con la visualización de datos, ya que algunas herramientas disponibles son difíciles de aprender a utilizar, por lo que surge la necesidad de más alternativas accesibles.

Ante las distintas situaciones presentes que dificultan la enseñanza de este sistema, ya sea la edad a la que se requiere aprenderse, la necesidad de que una persona experta en el tema esté presente durante el proceso o la dificultad que podrían presentar ciertos dispositivos, surge la idea de elaborar un prototipo que imprima el alfabeto español al sistema Braille de manera didáctica con fines de aprendizaje en Mérida Yucatán con el fin de aportar otra alternativa para la formación del mismo de manera interactiva.

II. METODOLOGÍA

El prototipo propuesto comparte ciertas similitudes con un encoder debido a la función implementada en permitir el contado de las vueltas por casillas, por lo que comprende las 27 letras del abecedario en español, pero presentadas en el sistema Braille, el cual se basa en el uso de solenoides para el alzado de las letras implementando el concepto de campos magnéticos, permitiendo la selección de cada letra y con una entrada por reconocimiento de voz, el dispositivo brinda una retroalimentación, con el propósito de brindar otra alternativa que busca facilitar el proceso de aprendizaje del alfabeto Braille, el proceso de realización del prototipo se encuentra representado en el Figura 1.

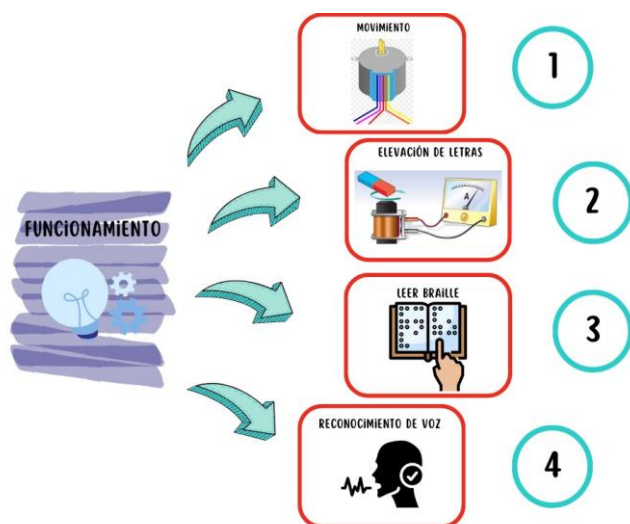


Figura 1. Proceso de la metodología.

1. Solenoide

Se utilizó el concepto de solenoide, el cual se basa en la fuerza electromagnética. Esta fuerza es generada por un campo

magnético, que se crea junto con un campo eléctrico cuando una carga eléctrica se encuentra en movimiento (Fundación Endesa) [8]. En el traductor de Braille realizado por Hemanth A. V., et al. [9], los solenoides se utilizan debido a su acción lineal de tracción y empuje. Sin embargo, nuestro dispositivo se diferencia porque utiliza un único electroimán (solenoides) para representar la letra seleccionada, en lugar de un punto del sistema.



Figura 2. Solenoide.

2. Circuito para alimentación

Se realizó un circuito de alimentación para los electroimanes, utilizando una fuente de voltaje (Figura 3). Para el alimentado de los solenoides se usan aproximadamente 5 V, esto permite no sobrepasar el límite de estos mismos permitiendo que en su tiempo de uso no se sobrecalienten.

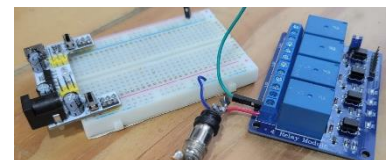


Figura 3. Circuito de alimentación.

3. Diseño de la carcasa

Se diseñó un modelo del boceto de la carcasa del dispositivo en el programa de diseño y modelado Fusion 360, en primer lugar se realizó una base circular (encoder) con un diámetro de 20 cm, la cual posea en su interior 28 circunferencias de menor tamaño, cuyos diámetros eran de 1.8 cm cada uno, también se realizaron 4 paredes para la carcasa, todas de forma cuadrada, de 21cm x 21cm y, por último, una base cuadrada para la parte inferior, la cual, de igual manera tenía unas medidas de 21cm x 21cm. Posteriormente se realizaron los cortes mediante una cortadora láser, con el fin de obtener el modelo deseado.

4. Diseño de la pizarra Braille

Se modeló un diseño 3D de una regleta o pizarra Braille (Figura 4), cumpliendo con las delimitaciones de acuerdo al primer nivel del abecedario en español Braille, el cual es representado y usado en el prototipo realizado por Ahmed F., et al. [10], quienes mencionan que el principal motivo de usar este nivel de codificación Braille es porque suele ser muy utilizado para los procesos de aprendizajes que se encuentran relacionados con el sistema, ya que presenta el alfabeto, números y caracteres especiales.

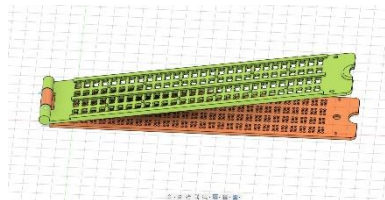


Figura 4. Regleta o pizarra de Braille.

5. Desarrollo del software

5.1 Gestión del solenoide

Para el correcto funcionamiento del solenoide se ocupan de los módulos de control de relevadores, los cuales mediante el código de programación se activa el solenoide al momento de querer mostrar la letra.

5.2 Reconocimiento de voz por Python

Se programó el dispositivo mediante el lenguaje de programación Python para la interacción del usuario, permitiendo así una retroalimentación, la cual indica la respuesta dada como correcta o incorrecta por medio de un zumbador, para esta idea de retroalimentación al usuario se basó en un prototipo que se encarga de indicar la letra Braille que deberá leerse por medio de una salida de audio, el cual fue creado por Adnan M.E., et al. [11], con la diferencia que para nuestro dispositivo se va a hacer uso de un micrófono para que el usuario sea el que diga la letra y a través de un sonido/pitido este le confirma su respuesta. Al finalizar se apaga el solenoide lo cual permitirá regresar a su posición original la letra leída por el usuario para que de este modo se repita el proceso con otra letra aleatoria.

III. RESULTADOS

El dispositivo para promover el aprendizaje del alfabeto Braille, el cual tiene un método de enseñanza simple que permite el conocimiento adecuado de la sensación que tiene el relieve de cada una de las diferentes letras de este mismo sistema, siendo este un modelo sencillo y fácil de usar por cualquier persona, sin necesidad de ayuda externa.

Este prototipo, además de proporcionar autonomía en el proceso de aprendizaje, brinda también interactividad al usuario y un estímulo de dos sentidos principalmente, el tacto y el oído, esto debido a que quien lo esté utilizando sentirá el relieve de las letras, por lo que en el proceso irá tocando y

reconociendo a estas, y además, cuenta con su respectivo módulo de voz, de forma que el dispositivo interpreta las respuestas del usuario y le brinda una retroalimentación avisando si su respuesta fue acertada con una alarma y con otro sonido en el caso contrario.

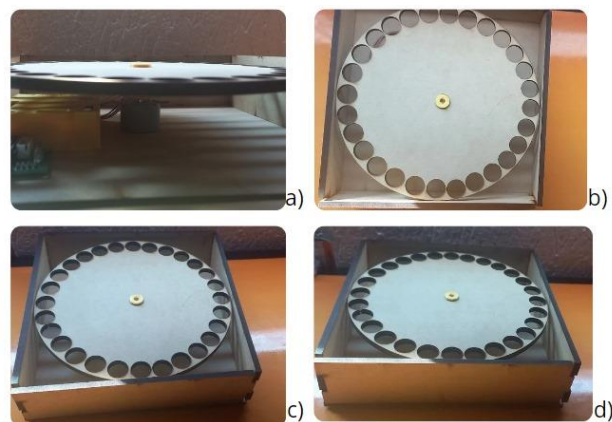


Figura 5. a) Mecanismo interno, b) Vista superior de la carcasa del dispositivo, c) y d) Vistas superiores inclinadas de la carcasa del dispositivo.

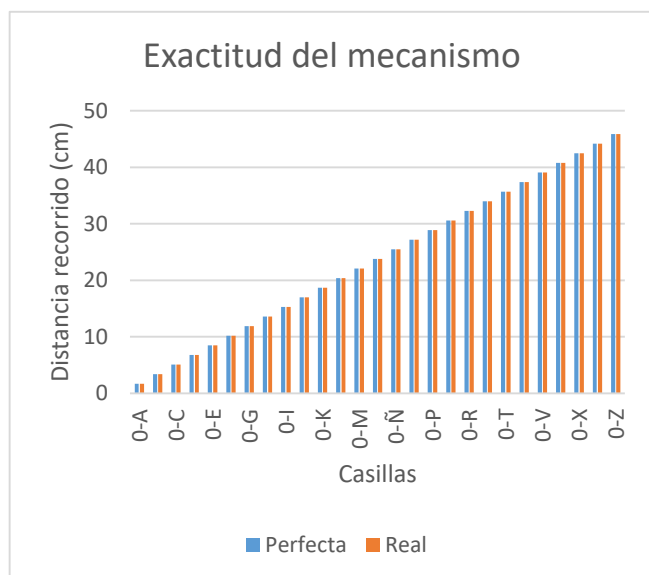
Al prototipo se le calificó el tiempo estimado de respuesta, la exactitud del mecanismo, la selección de la letra al azar, la recepción de la respuesta hablada y su retroalimentación, así como el funcionamiento del sistema infrarrojo, entre otros.

a) Tiempo estimado de respuesta



Gráfica 1. La realización de la tabla se basó en los milisegundos que tarda en girar el motor del punto base (Letra A.) a la letra correspondiente según el usuario. Es decir, de la letra A a la letra B son 112 ms, por lo tanto, si queremos una letra que esté a 7 letras de distancia, este se multiplicará por 7, dando así los resultados respectivos de la tabla, tomando en consideración de que el tiempo de respuesta no es tan tardado debido a que el motor permite invertir su giro.

b) Exactitud del mecanismo



Gráfica 2. Con base a los datos recopilados del diseño y estructura de nuestro mecanismo se obtuvo que por cada espacio de letra existe una división de 1.7 centímetros mientras que el mecanismo realiza un desplazamiento de 1.69 centímetros por lo que se obtiene una exactitud mayor al 99%.

c) Selección de letra al azar

Se desarrolló un sistema de reconocimiento de voz para permitir la interacción del usuario mediante la verbalización de respuestas. Este sistema muestra una letra al azar en la pantalla y espera la respuesta oral del usuario. Durante las pruebas, se evaluó la precisión del reconocimiento de voz de la letra proporcionada por el sistema y en la interpretación de la respuesta del usuario. Además, se compararon las respuestas reconocidas con las respuestas esperadas para medir la exactitud del sistema.

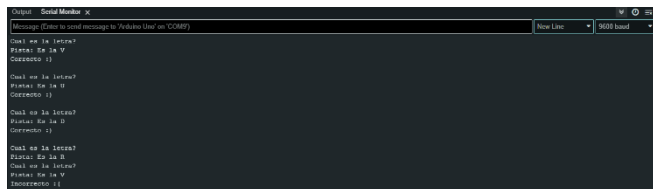


Figura 6. Selección de letra al azar.

d) Recepción de la respuesta y su retroalimentación

Se realizaron las pruebas del código en Arduino que muestra una letra al azar en la pantalla y espera la respuesta del usuario. Este proceso permite evaluar la capacidad de interacción y respuesta del usuario al estímulo visual presentado. Durante las pruebas, se registraron tanto el tiempo de reacción como la precisión de las respuestas, permitiendo identificar la letra proporcionada por el prototipo y por el usuario, para proporcionar retroalimentación de acuerdo a estas respuestas.



Figura 7. a) Retroalimentación cuando la respuesta dada es correcta, b) Retroalimentación cuando la respuesta dada es incorrecta.

e) Prueba del circuito infrarrojo

Se utilizó un circuito emisor y receptor infrarrojo para medir la cantidad de casillas que pasan a través del encoder. Este sistema permite detectar y contar las interrupciones de luz infrarroja causadas por las casillas, proporcionando datos precisos sobre el movimiento o la posición del mismo. De este modo, se puede determinar con exactitud la letra con la cual se está interactuando. Las pruebas realizadas fueron óptimas, logrando contar las casillas del encoder de una en una conforme avanzaba.

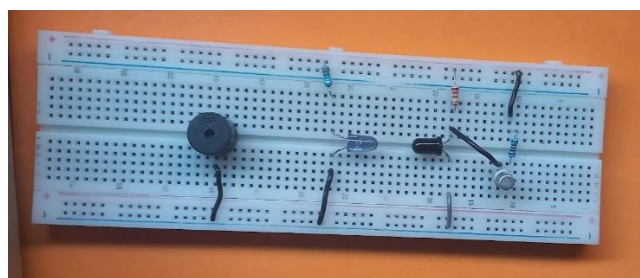
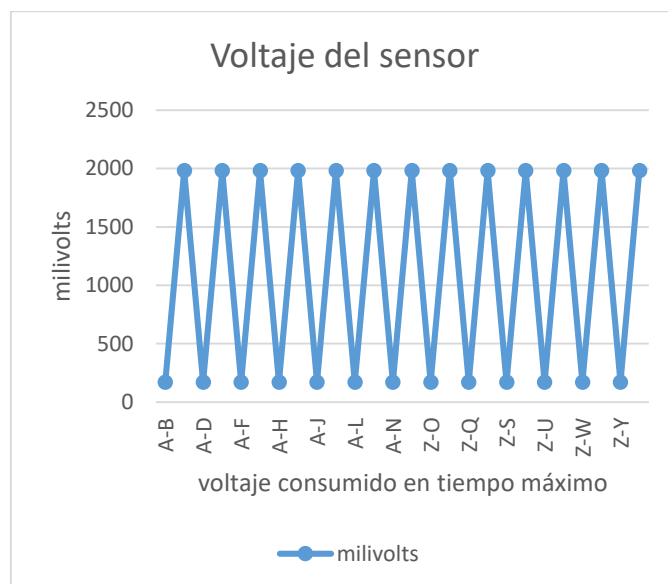


Figura 8. Circuito infrarrojo

f) Voltaje del circuito



Gráfica 3. La gráfica presente representa el voltaje que el sensor consume al momento de que cada casilla pase sobre este, cuando está en reposo, es decir, sin pasar de casilla consume 170mV, cuando pasa a otra casilla y la detecta, el voltaje consumido sube a 1,980V, demostrando que si no se detecta el cambio de voltaje no toma en cuenta la casilla.

IV. PERSPECTIVAS A FUTURO

Se planea que a futuro el dispositivo cuente con nuevos caracteres o valores que consideramos pueden ser útiles en el proceso de iniciar a aprender Braille, tal y como lo son los números, iniciando desde el 0 y concluyendo con el 9; caracteres especiales, como lo son la coma, el punto, los signos de interrogación y de afirmación, el punto y coma, dos puntos, el guion, paréntesis, diéresis, comillas y puntos suspensivos; o bien, signos aritméticos como lo son la suma, la resta, la multiplicación, la división, igual que, mayor que, menor que, porcentajes, raíces, etc.

De igual manera, se considera que otro avance o mejora que se podría realizar sería mejorar la intervención del módulo de voz al momento de dar una respuesta al usuario, para que en el caso de que este mencione una letra incorrecta, no sólo reciba un sonido predeterminado como retroalimentación, sino también una corrección hablada con la indicación de la letra correcta, lo que consideramos, mejoraría el método de aprendizaje, haciéndolo más sencillo.

V. CONCLUSIÓN

El sistema Braille es un código alfabético basado en puntos en relieve que se perciben por el tacto, este es utilizado por millones de personas con algún tipo de discapacidad visual en todo el mundo y permite representar letras, números, signos de puntuación, símbolos matemáticos y musicales en distintos idiomas. Con base a esto, se realizó un dispositivo interactivo con la finalidad de aprender el lenguaje Braille de manera autónoma. Este comparte similitudes con un encoder, contando con las 27 letras del abecedario español, representadas en lenguaje Braille. Su funcionamiento se basa en el uso de solenoides para el alzado de las teclas, esto mediante los conceptos de campos magnéticos para la selección de cada letra y contando de igual manera con un módulo de voz, de esta manera el dispositivo nos brinda una retroalimentación, buscando así un proceso para facilitar este aprendizaje. Dicho esto, se realizó un dispositivo para promover el aprendizaje del lenguaje Braille, el cual tiene un método de enseñanza que permite el conocimiento adecuado de la sensación que tiene el relieve de cada una de las diferentes letras de este mismo sistema, proporcionando de igual manera un módulo de voz, interpretando las respuestas del usuario para de esta manera dar una retroalimentación, proveniente del sonido de una alarma si el usuario tiene correcta la letra, o siendo otro sonido del caso contrario. Siendo de esta manera un modelo sencillo y fácil de usar por cualquier persona, sin necesidad de ayuda externa.

VI. REFERENCES

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s/f). Tabulados Interactivos-Genéricos.Org.mx. Recuperado el 10 de febrero de 2024, de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Discapacidad_Discapacidad_02_2c111b6a-6152-40ce-bd39-6fab2c4908e3&idrt=151&opc=t
- [2] World Health Organization (s/f). Ceguera y discapacidad visual. Recuperado el 3 de febrero de 2024, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- [3] Duran Encinas, I., Leon, M. A. C., Bringas, J. A. S., Ibarra, M. J., Cruz, M. A., & Munoz, J. G. S. (2020). Design of an interactive system to support the learning process prior to the braille system. 2020 3rd International Conference of Inclusive Technology and Education (CONTIE), 118–122. 10.1109/CONTIE51334.2020.00030
- [4] Dolphin, S., Downing, M., Cirrincione, M., Samuta, A., Leite, K., Noble, K., & Walsh, B. (2024). Information accessibility in the form of braille. IEEE open journal of engineering in medicine and biology, PP(99), 1–5. <https://doi.org/10.1109/ojemb.2024.3364065>
- [5] Tri Ardiansah, J., & Okazaki, Y. (2020). The design and prototyping of braille to speech application as a self-learning support media for visually impaired person. 2020 4th International Conference on Vocational Education and Training (ICOVET), 224–228. 10.1109/ICOVET50258.2020.9230060
- [6] Abdul Kader, M., Ahmed, R., Rahman Noman, M. I., Billah, A., & Uddin Apple, M. (2018). Developing A self-learning braille kit for

- visually impaired people. 2018 International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET), 47–51. 10.1109/ICISSET.2018.8745595
- [7] Konecki, M., LaPierre, C., & Jervis, K. (2018). Accessible data visualization in higher education. 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 0733–0737. 10.23919/MIPRO.2018.8400136
- [8] Fundación Endesa. (s/f). Electromagnetismo. Recuperado el 27 de abril de 2024, de <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educacion/recursos/que-es-el-electromagnetismo>
- [9] Hemanth, A. V., Bharadwaj, K. S., Prasanthi, V., Harikumar, M. E., & Gini, J. R. (2020). Arduino and solenoid valve-based text to braille converter. 2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT), 478–483. Doi: 10.1109/ICSSIT48917.2020.9214158
- [10] Ahmed, F., Choudhury, A. R., Rakshit, A., & Hasan, M. Z. (2020). An IoT based system for printing braille letter from speech. 2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), 344–347. Doi: 10.1109/TENSYP50017.2020.9230734
- [11] Adnan, M. E., Nur E Alam, M. M., Sirajum Monira, J. F., & Islam, M. R. (2020). A cost-effective voice controlled electronic braille for independent learning of visually impaired people. 2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), 1317–1320. Doi: 10.1109/TENSYP50017.2020.9230841