

Prototipo de sistema de alertas hápticas adaptable a lentes para personas con discapacidad auditiva

Gutiérrez Alonso, Jessica

2025

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6212>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Prototipo de sistema de alertas hápticas adaptable a lentes para personas con discapacidad auditiva

Gutiérrez Alonso Jessica (sexto semestre en Ingeniería Biomédica)¹ *, Morales Saloma Oscar Alberto (sexto semestre en Ingeniería Biomédica)¹ y Álvarez Flores Alejandro (profesor responsable)¹

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Palabras clave: Ayuda técnica, sonido, vibraciones.

***Autor Corresponsal:** jessica.gutierrez.alonso@iberopuebla.mx

Introducción

Los sentidos conforman aquellas capacidades perceptivas que permiten a los seres humanos captar, entender e interactuar con nuestro entorno [1]. La pérdida de uno de ellos (discapacidad sensorial) provoca que a una persona le resulte complicado realizar ciertas actividades [2]. La discapacidad auditiva afecta a más del 5% de la población mundial (430 millones de personas) y se estima que para 2050 esa cifra superará los 700 millones de personas [3].

Esta discapacidad se refiere a la falta, disminución o pérdida de la capacidad para oír en algún lugar del aparato auditivo, tiene múltiples causas y provoca dificultades para desenvolverse en la sociedad, debido a que esta condición limita la comunicación y el habla, afecta procesos cognitivos, dificulta detectar fuentes sonoras e identificar diferentes tipos de sonidos; todo esto provocando aislamiento social, soledad, limitaciones a la educación y al empleo y una mayor exposición a los riesgos del entorno [3] [4]. Debido a esto, es necesario e indispensable contar con soluciones que compensen esa deficiencia.

Existe una gran variedad de dispositivos enfocados a este tipo de condición, tales como aparatos auditivos, audífonos, dispositivos auxiliares o dispositivos de alerta [5], sin embargo, son pocos los que integran señales hápticas direccionales, es decir, señales que interactúen con el sentido del tacto a través de un dispositivo [6], lo cual permitiría captar información sonora a través de otro sentido.

Este proyecto tiene el objetivo de diseñar y construir un prototipo de un sistema integrado a unos lentes que sea capaz de detectar sonidos ambientales (que puedan representar un potencial riesgo) mediante micrófonos y convertirlos a vibraciones (señales hápticas), las cuales varíen en función de la intensidad y de la dirección de la fuente de sonido (derecha o izquierda). De esa manera, se pretende proporcionar una solución para mejorar la inclusión, seguridad, accesibilidad y calidad de vida de las personas con discapacidad auditiva.

Metodología

El proyecto estuvo enfocado en el desarrollo de un prototipo funcional de ayuda técnica para personas con discapacidad auditiva. Para esto, en primer lugar, se seleccionaron los componentes electrónicos del circuito de manera que este detectara sonidos y generara una respuesta de forma háptica cuando superaran cierta amplitud. Se utilizó un microcontrolador ESP32 C3 Super Mini debido a su tamaño compacto, bajo consumo energético, procesamiento de alta velocidad y bajo costo. Para la adquisición de las señales de audio, se emplearon dos módulos MAX4466 con micrófono Electret y amplificador y, para la respuesta háptica, dos motores de vibración de tipo moneda. Finalmente, se utilizó una batería LiPo de 3.7 V 250 mAh para alimentar el circuito.

La programación se hizo en lenguaje MicroPython. Se realizó la lectura de la señal analógica proveniente de los dos módulos MAX4466 conectados a los pines GPIO 0 y GPIO 3. Se calculó la amplitud de la señal mediante la diferencia entre los valores máximo y mínimo de 50 lecturas realizadas en un ciclo. Al superar cierto umbral definido, se generó una señal de modulación de ancho de pulso (PWM) en los pines GPIO 2 y GPIO 4 proporcional a la amplitud calculada para controlar la velocidad de los motores de vibración, de manera que, a mayor amplitud del sonido detectado, mayor intensidad de vibración, actuando cada motor de forma independiente.

Con el objetivo de que el sistema proporcionara al usuario información sobre la ubicación de la fuente de sonido en cuanto a su lateralización, es decir, si el sonido proviene del lado derecho o el izquierdo, tanto los micrófonos como los motores se montaron sobre el armazón de unos lentes de seguridad, uno de cada lado, con los micrófonos en la parte externa del marco y los motores en la parte interna de las varillas, cerca de las orejas. Se diseñó y se imprimió una caja en 3D para contener el circuito con el microcontrolador y la batería, y se le ensartó un resorte de tela para sostenerlo alrededor del brazo.

Finalmente, se realizaron pruebas para ajustar la sensibilidad de los micrófonos, así como el nivel de las vibraciones, de

forma que estas se activaran únicamente ante sonidos de la intensidad deseada. Se verificó el funcionamiento del prototipo mediante pruebas de usabilidad con sonidos de distinta intensidad y diferente ubicación, evaluando cualitativamente la percepción táctil del usuario ante estos estímulos.

Resultados y Discusión

El prototipo desarrollado logró cumplir con el objetivo principal: detectar sonidos ambientales de alta intensidad y traducirlos a estímulos vibratorios perceptibles para el usuario. En la Fig. 1 se muestra el diagrama del circuito y en el anexo, en la Fig. 2, un diagrama donde se explica brevemente el funcionamiento del sistema, en la Fig. 3 y la Fig. 4 se presentan los diseños de la caja que se imprimió en 3D y en la Fig. 5 una fotografía del prototipo final.

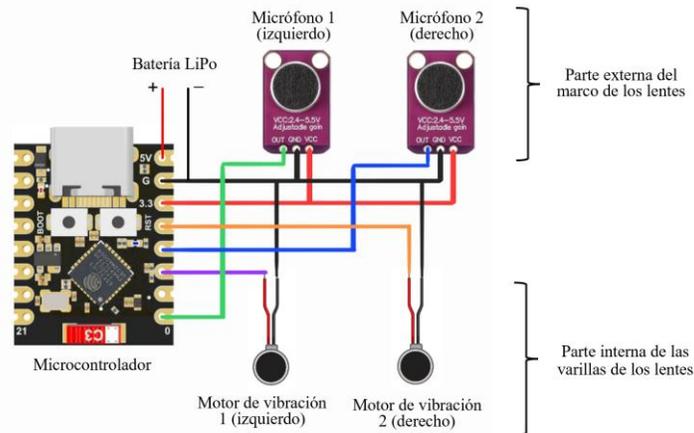


Fig. 1. Diagrama del circuito que incluye el microcontrolador (ESP32 C3 Super Mini), los módulos de amplificación de micrófono (MAX4466) y los motores de vibración tipo moneda.

Durante las pruebas de usabilidad, el sistema fue capaz de activar las vibraciones ante la presencia de sonidos fuertes como timbres o alarmas, incluso en entornos con niveles moderados de ruido de fondo.

La integración de los módulos con amplificación (MAX4466) permitió mejorar la sensibilidad en la detección de la señal de audio y tener un mayor rango de amplitud a diferencia de solo utilizar un micrófono Electret polarizado, como se había considerado en un principio. La desventaja de utilizar estos módulos es que ocupan más espacio (20 mm x 13 mm, frente a los 9 mm de diámetro del micrófono), lo cual dificultaría la integración del sistema en otro tipo de armazón.

La ubicación de los micrófonos sobre los extremos laterales del marco y de los motores de vibración sobre la parte interna de las varillas (a nivel de las orejas), acoplados al armazón de los lentes, permitió, en primer lugar, una captación más natural del entorno auditivo, simulando la forma en que el oído humano percibe el sonido, además de una ligera distinción entre derecha e izquierda sobre la ubicación de la fuente de sonido; no obstante, esta característica aún presenta áreas de oportunidad como la necesidad de una mayor precisión.

Entre las limitaciones del prototipo se encuentran la portabilidad, ya que, a pesar de que se utilizaron componentes pequeños, este no llega a ser un dispositivo vestible del todo cómodo. Se requieren seis cables para la conexión de los componentes que van desde los lentes hasta la caja atada al brazo del usuario, además, su uso está limitado a ambientes controlados, ya que no se realizaron pruebas en exteriores y el prototipo no fue diseñado para resistir al sol y a la lluvia, por ejemplo.

Conclusiones

El prototipo desarrollado representa un avance en el diseño y desarrollo de dispositivos biomédicos de ayuda técnica utilizando tecnologías hápticas que sean accesibles para personas con discapacidad auditiva total.

Los resultados obtenidos validan la viabilidad técnica del concepto y sientan las bases para el desarrollo de versiones más sofisticadas. Además, se logra el objetivo inicial de esta propuesta de ayuda técnica: mejorar la autonomía, la accesibilidad y la seguridad de estas personas al proporcionar un medio alternativo para la percepción del entorno sonoro.

La integración en unos lentes ofrece ventajas importantes sobre otros dispositivos de alerta, al ser un dispositivo portable que puede ser mejorado en versiones futuras. En este primer prototipo, el sistema solo es capaz de detectar la presencia de sonidos fuertes, pero sin diferenciar el tipo de sonido. Esta característica, si bien no compromete el objetivo de alertar al usuario, representa una oportunidad de mejora para prototipos posteriores que integren algoritmos de clasificación sonora. Adicionalmente, el que el sistema se integre en el armazón de unos lentes abre la posibilidad de futuras expansiones tecnológicas, como la inclusión de proyección holográfica de transcripción en tiempo real.

Referencias

- [1] Clínica Universidad de Navarra, "Sentido", Diccionario Médico. [En línea]. Disponible: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/sentido>. (Accedido abr. 27, 2025).
- [2] Centers for Disease Control and Prevention, "Discapacidad y salud", CDC. [En línea]. Disponible: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/disabilityandhealth/disability.html>. (Accedido abr. 27, 2025).
- [3] Organización Mundial de la Salud, "Sordera y pérdida auditiva", WHO. [En línea]. Disponible: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>. (Accedido abr. 27, 2025).
- [4] Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), "¿Qué es la discapacidad auditiva?", gob.mx. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/difnacional/articulos/que-es-la-discapacidad-auditiva>. (Accedido abr. 27, 2025).
- [5] MedlinePlus, "Problemas de audición - cuidados personales", MedlinePlus Enciclopedia Médica. [En línea]. Disponible: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000359.htm>. (Accedido abr. 28, 2025).
- [6] Imperial College London, "Haptic Technology," Engagement and Simulation Science. [En línea]. Disponible: <https://www.imperial.ac.uk/engagement-and-simulation-science/our-work/research-themes/haptic-technology/#:~:text=Haptics%20refers%20to%20the%20sense,components%20of%20this%20research%20theme>. (Accedido abr. 28, 2025).

Anexo

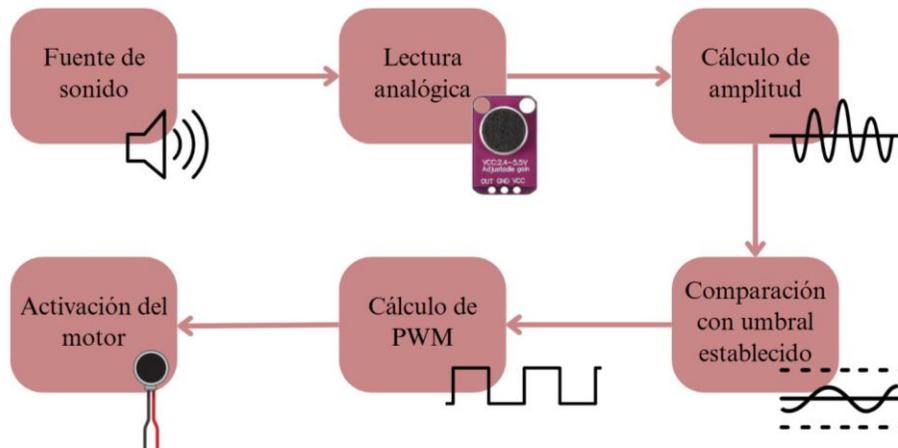


Fig. 2. Diagrama del funcionamiento del sistema. A partir de la presencia de un sonido, se realiza una lectura analógica, se calcula la amplitud, si esta supera el umbral, se activa el motor mediante modulación de ancho de pulso (PWM) proporcional a la intensidad del sonido, esto para cada lado.

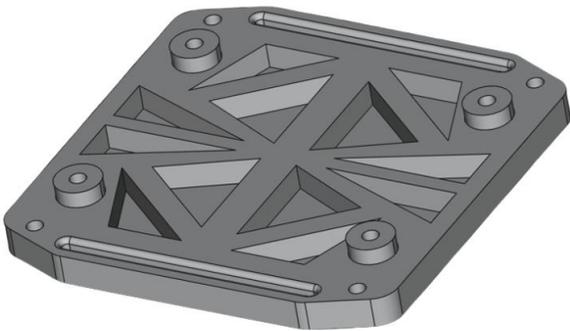


Fig. 3. Diseño de la base de la caja. Esta cuenta con ranuras para el resorte y barrenos para asegurar con tornillos el circuito y la tapa.

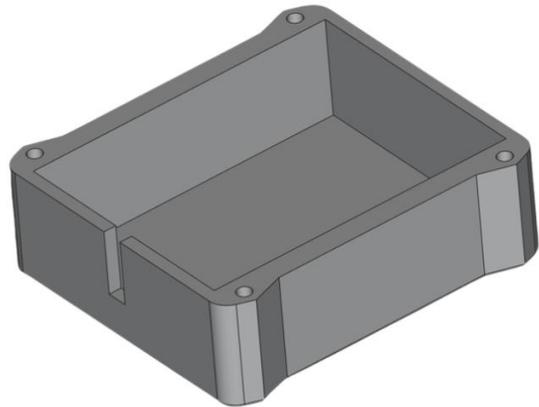


Fig. 4. Diseño de la tapa de la caja. Cuenta con una ranura para que salgan los cables y barrenos para asegurarla con tornillos a la base.



Fig. 5. Prototipo final de la ayuda técnica: lentes de alerta háptica para personas con discapacidad auditiva. Los micrófonos se encuentran fijados al marco del armazón de los lentes y los motores a cada varilla. La parte que se coloca en el brazo contiene las conexiones al microcontrolador y la batería dentro de la caja impresa en 3D.