

Artículo de Investigación

Prototype of a device adaptable to walk-sticks with a system to communicate the visible spectrum to blind people.

Prototipo de dispositivo adaptable a bastones con sistema para comunicar del espectro visible a persona invidentes.

Sebastián Díaz-Pabón¹ , Sebastián Murcia-Orozco² , Juan Diego Pimiento-Serrano³ , Carlos Andrés Torres-Ramírez⁴ , Jose Luis Sarmiento-Ramos⁵ , Diana Martínez-Reyes⁶ .

Citación: Díaz, S.; Murcia, S.; Pimiento, J.D.; Torres-Ramírez, C.A.; Sarmiento, J.L; Martínez, D.C. I + T + C Investigación, Tecnología y Ciencia. Vol 1. Num. 17. 2023

Nota del editor: Sello editorial Unicomfacauca se mantiene neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.



Derechos de autor: © 2023 por los autores. Presentado para posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY NC SA) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_ES)

- 1 Universidad Santo Tomas; sebastian00735@gmail.com.
- 2 Universidad Santo Tomas; sebasmurco2001@hotmail.com
- 3 Universidad Santo Tomas; juandiegopmientoserrano@gmail.com
- 4 Universidad Industrial de Santander; carlostorres0321@hotmail.com
- 5 Universidad Santo Tomas; joseluis_251094@hotmail.com
- 6 Universidad Santo Tomas; diana.martinez@ustabuca.edu.co

* Correspondencia: juandiego.pimiento@ustabuca.edu.co

Resumen: El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir un dispositivo adaptable a bastones para personas invidentes que les permita conocer el color de los objetos cotidianos a través de una respuesta táctil. El prototipo del dispositivo identifica los colores por medio del sensor de color TCS3200 que, al detectar la luz reflejada por los objetos la convierte en una señal eléctrica para posteriormente procesarla con el microcontrolador Arduino Nano y generar así una respuesta táctil mediante el uso de un servomotor. Para ello se desarrollaron diseños mecánicos y electrónicos de los sistemas de reconocimiento de colores y representación mediante el código de color Feelipa, y se desarrolló un prototipo funcional del dispositivo adaptable que identifica colores primarios. Se siguen desarrollando algoritmos para la clasificación de colores secundarios a partir de sus valores RGB, y mejorando los diseños mecánicos con el fin de tener en cuenta aspectos estéticos y ergonómicos que faciliten su uso.

Palabras clave: Arduino, TCS3200, colores, servomotor, personas ciegas.

Abstract: This project aims to design and build a device adaptable to canes for blind people that allows them to know the color of everyday objects through a tactile response. The prototype of the device identifies the colors by means of the TCS3200 color sensor that, when detecting the light reflected by the objects, converts it into an electrical signal to later process it with the Arduino Nano microcontroller and thus generate a tactile response using a servomotor. For this purpose, mechanical and electronic designs of the color recognition and representation systems using the Feelipa color code were developed, and a functional prototype of the adaptive device that identifies primary colors was developed. Algorithms for the classification of secondary colors from their RGB values continue to be developed, and the mechanical designs are being improved to take into account aesthetic and ergonomic aspects that facilitate their use.

Keywords: Arduino, TCS3200, colors, servo motor, blind people.

1. Introducción

El desarrollo tecnológico no solo busca la innovación en ciencia e investigación, sino también busca repercutir de forma positiva en la vida de las personas. En general, los aparatos tecnológicos se utilizan para brindar mayor comodidad en las actividades; sin embargo, para algunas personas con discapacidades estas actividades se tornan complejas y a veces, la tecnología no brinda un acceso favorable. Las discapacidades sensoriales y, en particular la visual, no solo afectan la calidad de vida sino también la percepción del entorno. Algunos dispositivos logran conectar con los sentidos de manera artificial, como los audífonos retroauriculares para la escucha. Sin embargo, al intentar abordar dispositivos similares para la visión, se hace más compleja la investigación debido a la naturaleza invasiva que pueden acarrear estos dispositivos. Es por ello que se buscan alternativas tecnológicas que brinden información visual del entorno, para mejorar la calidad de vida de las personas invidentes.

En este contexto, se ha encontrado la tesis de Kasa y Franz[1] que presenta el desarrollo de un prototipo de gafas basado en la tecnología Arduino que utiliza sensores ultrasónicos para detectar obstáculos por encima de la cintura en el entorno de una persona invidente. El prototipo envía señales de vibración a motores vibradores ubicados en los lados de la cabeza para alertar al usuario de la presencia de obstáculos. El prototipo tiene como objetivo mejorar la circulación de las personas invidentes en las calles de la ciudad de La Paz. Finalmente, la propuesta de Nowshin[2] y el desarrollo de Premarajan[3] también son relevantes. Con Nowshin proponen y diseñan un bastón alternativo de bajo costo, poco robusto y funcional, que emplea un sensor ultrasónico, un Arduino nano y un módulo Bluetooth; mientras que con Premarajan desarrollan un bastón funcional utilizando sensores detectores de agua, infrarrojo y ultrasonido en compañía de la placa Arduino Nano.

Este artículo aborda el diseño y construcción de un dispositivo adaptable a bastones que permita a las personas con discapacidad visual percibir colores a través de respuestas táctiles, transformando su interacción con el entorno y mejorando su autonomía. El objetivo es desarrollar un sistema que identifique los colores de los objetos y los traduzca en información táctil, utilizando sensores de color y figuras que representen los distintos colores. El desarrollo de un dispositivo como este presenta desafíos únicos que requieren la convergencia de conocimientos en mecatrónica, procesamiento de señales y diseño industrial. Además, este proyecto se enmarca en el contexto de una sociedad en constante evolución tecnológica, donde la inclusión y la accesibilidad son valores fundamentales.

2. Materiales y métodos

El proyecto cuenta con dos etapas conceptuales: la etapa de adquisición y procesamiento de datos, que describe la estrategia que se va a usar para la obtención de los colores; y la etapa de representación, donde se aborda el diseño y la implementación de la información en el prototipo. La metodología se presenta gráficamente en la Figura 1.

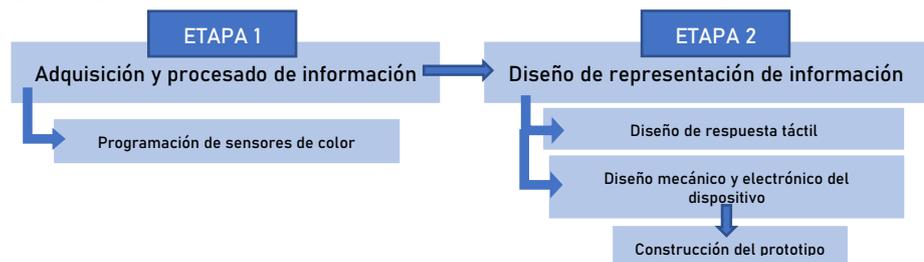


Figura 1. Metodología propuesta.

a) **Etapa de adquisición y procesamiento:**

• **Programación de Sensores:**

Para la detección de color se implementa el sensor TCS3200, Figura 2, y se programa para diferenciar los colores primarios, para lo cual se usaron objetos con gamas de colores similares. Para la programación del sensor se usa un Arduino Nano, en el cual se implementa un algoritmo que consiste en obtener la intensidad de las frecuencias RGB medidas por el sensor y clasificar si el color medido es Rojo, Azul o Verde dependiendo de cual intensidad es mayor; como se observa en el Algoritmo 1.

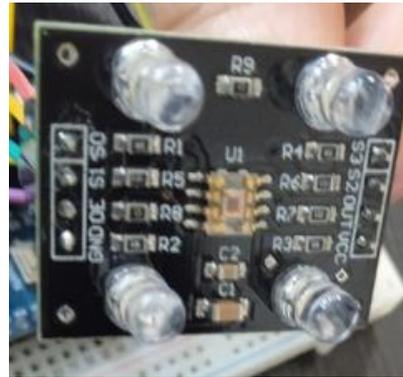


Figura 2. Sensor TCS3200.

Algoritmo 1. Algoritmo para la Lectura de Valores RGB desde el Sensor TCS3200

```

1: Inicializar sensor TCS3200
2: if error al inicializar then
3:   Terminar
4: end if
5: while Verdadero do
6: Leer valores RGB del sensor en  $r, g, b$ 
7:   Mostrar  $r, g, b$  en monitor serial
8:   if  $r$  es mayor a  $g$ , y  $r$  mayor a  $b$  then
9:     Mostrar "rojo" en puerto serial; mover servomotor a la posición de rojo.
10:   end if
11:   if  $g$  es mayor a  $r$ , y  $g$  mayor a  $b$  then
12:     Mostrar "verde" en puerto serial; mover servomotor a la posición de verde.
13:   end if
14:   if  $b$  es mayor a  $r$ , y  $b$  mayor a  $g$  then
15:     Mostrar "azul" en puerto serial; mover servomotor a la posición de azul.
16:   end if
17: end while
    
```

b) **Etapa de representación:**

• **Diseño físico**

Inicialmente, se realizó el diseño de la respuesta táctil basado en figuras geométricas con relieve, alrededor del mango del bastón, de manera que cada figura representara un color primario o secundario según la medición del sensor. Se seleccionaron las figuras con relieve como método de representación por encima de otros lenguajes no verbales pues, la representación de un color con una sola figura requiere menos espacio que representar el mismo color con otros lenguajes como el Braille.

En la Figura 3, se presenta el código de color Feelipa, un sistema que representa colores mediante figuras geométricas y sus combinaciones. Este sistema fue seleccionado por la facilidad con la cual una persona puede aprenderlo, y con la cual se puede implementar en el diseño. En la Figura 4 (a), se observa la pieza móvil diseñada con el sistema de representación mediante figuras geométricas.



Figura 3. Sistema de representación de colores mediante figuras geométricas [4].

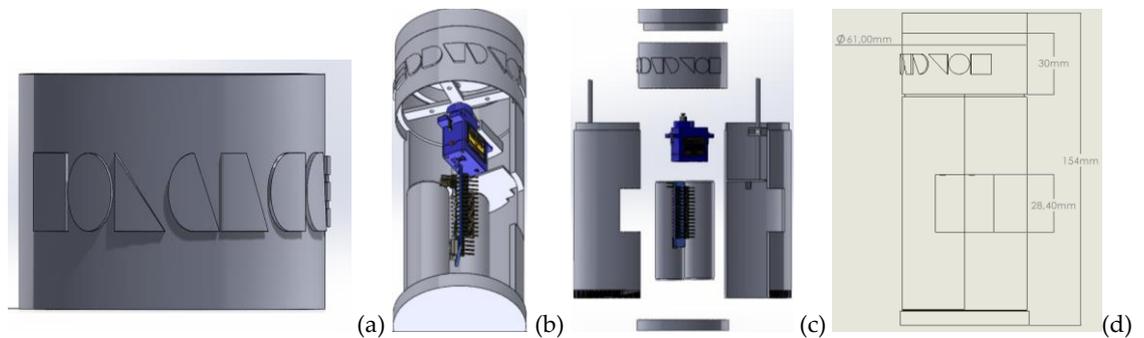


Figura 4. Diseño CAD del dispositivo. (a) Pieza móvil con sistema de representación de color mediante figuras geométricas; (b) Disposición electrónica dentro del dispositivo; (c) Vista explosionada; (d) Plano general del dispositivo.

En las Figuras 4 (b) y 4 (c) se observa el diseño CAD del dispositivo adaptable y la vista explosionada de los elementos que contiene el diseño, respectivamente. Este diseño se realizó con un diámetro de 6 cm. y un largo de 15 cm., aproximadamente, para el almacenamiento de la electrónica implementada y un espacio cuadrado de 2.8 cm. para el sensor de color TCS3200, como se observa en la Figura 4 (d).

- **Diseño electrónico**

Para el procesamiento de la lectura del sensor y controlar la posición del servomotor se utiliza un Arduino Nano junto a un circuito auxiliar para la regulación del voltaje de alimentación. El circuito auxiliar consta de un opto acoplador para la protección eléctrica y la alimentación del Arduino, un elevador de voltaje XL6009e1 para brindarle al servomotor una salida constante de voltaje, un módulo TC4056 para la carga de las baterías por puerto USB y tres transistores MOSFET IRF630 que, según la acción de control enviada por el Arduino, energiza el servomotor para que este cambie la posición según se necesite. En la Figura 5, se observa el plano electrónico del circuito anteriormente descrito.

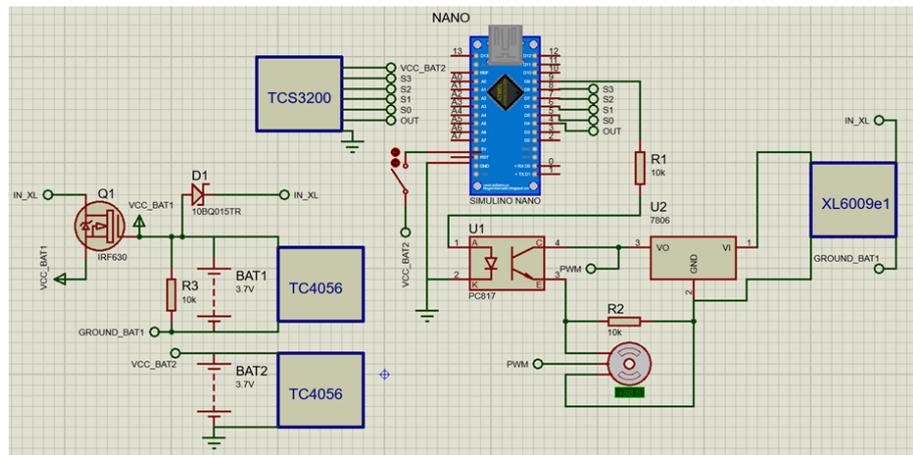


Figura 5. Plano electrónico.

3. Resultados

A partir de la diferenciación de color por medio de los valores RGB medidos por el sensor TCS3200, se realizaron pruebas de caracterización de los valores RGB con telas de diferentes colores, con el fin de obtener valores estándar para diversas tonalidades de un color. Es válido resaltar que las pruebas en cada tela se deben realizar a una distancia de 2 cm. para que la luz de los Leds integrados del sensor y la luz ambiental no alteren, en gran valor, la medición. Se redujo la medición a 8 bits para facilitar la diferenciación de colores en el algoritmo. Los valores RGB establecidos en cada condición del Algoritmo 2, son experimentales y se actualizan con cada caracterización de colores realizada. En la figura 6, se observa la caracterización de algunas telas con el sensor TCS3200 y el algoritmo 2 implementado.

Algoritmo 2. Algoritmo para la Lectura de Valores RGB desde el Sensor TCS3200

```

1: Inicializar sensor TCS3200
2: if error al inicializar then
3:     Terminar
4: end if
5: while Verdadero do
6:     Leer valores RGB del sensor en  $r, g, b$ 
7:     Mostrar  $r, g, b$  en monitor serial
8:     if  $r > 248, g < 60, b < 50$  then
9:         Mostrar "rojo" en puerto serial; mover servomotor a la posición de rojo.
10:    end if
11:    if  $r > 248, 130 < g < 170, b > 70$  then
12:        Mostrar "naranja" en puerto serial; mover servomotor a la posición de naranja.
13:    end if
14:    if  $r > 248, 190 < g < 255, b < 70$  then
15:        Mostrar "amarillo" en puerto serial; mover servomotor a la posición de amarillo.
16:    end if
17:    if  $r < 170, g > 248, b < 140$  then
18:        Mostrar "verde" en puerto serial; mover servomotor a la posición de verde.
19:    end if
20:    if  $50 < r < 180, g < 230, b > 248$  then
21:        Mostrar "azul" en puerto serial; mover servomotor a la posición de azul.
22:    end if
23:    if  $120 < r < 180, g < 60, 180 < b < 248$  then
24:        Mostrar "morado" en puerto serial; mover servomotor a la posición de morado.
25:    end if
26: end while
    
```



Figura 6. Caracterización de colores en telas con el sensor TCS3200.

La representación táctil consta de figuras geométricas en relieve en el mango del bastón, accionadas por un servomotor, seleccionadas del código de color Feelipa. El prototipo fue realizado en PLA mediante impresión 3D, por la facilidad de fabricación y el detalle logrado en las figuras geométricas de la pieza móvil, como se muestra en la Figura 7 (a). En la figura 7 (b) se observa una prueba del circuito electrónico presentado en la Figura 5, y su desarrollo final en una placa de circuitos impresos en la Figura 7(c).

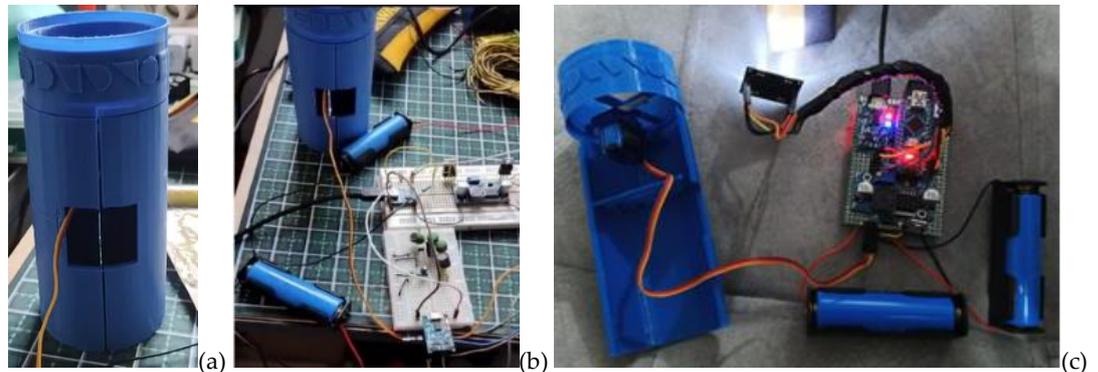


Figura 7. Prototipo 3D. (a) Prototipo; (b) Pruebas del circuito; (c) Electrónica implementada.

4. Conclusiones

- El sistema de adquisición y procesamiento realizado a partir del sensor de color TCS3200 y el algoritmo de clasificación de colores ejecutado desde la placa Arduino Nano, permite una distinción de colores primarios y secundarios en base a los valores RGB de la superficie medida con el sensor. Para una clasificación correcta, se determinó caracterizar telas de diversas gamas de colores para establecer valores RGB que se pueden aplicar a distintas tonalidades de un color.
- El desarrollo de este proyecto es importante para ofrecer alternativas que puedan mejorar la calidad de vida de las personas invidentes al proporcionarles más información sobre su entorno; abordando la problemática desde un enfoque tecnológico que conecte a la academia con la sociedad. Así mismo, en un marco de alternativas de bajo costo, como las realizadas por Nowshin [2] o Premarajan [3], un prototipo desarrollado con sensores y electrónica sencilla aporta a la accesibilidad del producto, e incluso la replicabilidad del bastón se puede con otros materiales más económicos que la impresión 3D.

Contribuciones de autor: Conceptualización, S. Diaz-Pabón y C.A. Torres-Ramírez; metodología, J.D. Pimiento-Serrano, J.L Sarmiento-Ramos y D.C. Martínez-Reyes; diseño mecánico, S. Murcia-Orozco; Diseño electrónico y prototipado, S. Murcia-Orozco; programación Juan Pimiento; redacción, J.D. Pimiento-Serrano, C.A. Torres-Ramírez, J.L. Sarmiento-Ramos y D.C. Martínez-Reyes. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Fondos: Esta investigación fue financiada por la XI convocatoria interna de semilleros de investigación de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga.

Agradecimientos: Agradecimientos a los participantes del semillero HERR de la Facultad de Ingeniería Mecatronica de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga, que apoyaron en la investigación: Carlos Galvis, Diego Niño, Dariana Torrecilla y Armando Acevedo; a los participantes aliados de la Universidad Industrial de Santander: Marian Rivera y Laura Ariza.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. V. Kasa y S. Franz. Prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/27803>
2. N. Nowshin, S. Shadman S, S. Joy, et al. An intelligent walking stick for the visually-impaired people. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 13(11), pp. 94-101, 2017.
3. P. Akhil, R. Akshara, R. Athira, et al. Smart blind walking stick with integrated sensor. *Materials Proceedings*, 10(1), 2022.
4. Feelipa Color Code. For the Visually Impaired. Disponible en: <https://feelipa.com/for-visually-impaired/>
5. K. Marcillo Parrales y B. D. Collantes Rodríguez. Diseño de un prototipo de un bastón inteligente con sensores para personas con discapacidad visual y física en la carrera de ingeniería en computación y redes. UNESUM. Facultad de Ciencias Técnicas. 2020.
6. S. Castaño River, Y. J. Peinado, y E. Carmona Brand. Construcción de un dispositivo de bajo costo como herramienta de apoyo en la identificación de objetos dentro de una residencia a personas con discapacidad visual utilizando realidad aumentada. Disponible en: https://recursos.educoas.org/sites/default/files/ponencia_arglass.pdf