



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA

SALESIANA

ECUADOR

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE
OBSTÁCULOS CON ESTABILIZACIÓN DINÁMICA PARA
BASTONES DE PERSONAS NO VIDENTES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Oscar Raúl Alvarez Alcívar
Bryan Esteban Guerra Meneses

TUTOR: Ing. Alberto Santiago Ramírez Farfán, Mgtr.

Guayaquil - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Oscar Raúl Alvarez Alcívar** con documento de identificación N° **0954486726** y **Bryan Esteban Guerra Meneses** con documento de identificación N° **0929106599**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 15 de abril del año 2024

Atentamente,



Oscar Raúl Alvarez Alcívar
0954486726



Bryan Esteban Guerra Meneses
0929106599

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Oscar Raúl Alvarez Alcívar** con documento de identificación N° **0954486726** y **Bryan Esteban Guerra Meneses** con documento de identificación N° **0929106599**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Desarrollo de un sistema de detección de obstáculos con estabilización dinámica para bastones de personas no videntes**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de Abril del año 2024

Atentamente,

Oscar Raúl Alvarez Alcívar
0954486726

Bryan Esteban Guerra Meneses
0929106599

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Alberto Santiago Ramírez Farfán**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Desarrollo de un sistema de detección de obstáculos con estabilización dinámica para bastones de personas no videntes**, realizado por **Oscar Raúl Alvarez Alcívar** con documento de identificación N° **0954486726** y por **Bryan Esteban Guerra Meneses** con documento de identificación N° **0929106599**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Artículo Académico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de Abril del año 2024

Atentamente,



Ing. Alberto Santiago Ramírez Farfán
0923348890

Desarrollo de un sistema de detección de obstáculos con estabilización dinámica para bastones de personas no videntes

Oscar R. Alvarez A.¹, Bryan E. Guerra M.², and Alberto Ramírez F.³

¹ Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil, Ecuador
oalvareza1@est.ups.edu.ec

² Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil, Ecuador
bguerram@est.ups.edu.ec

³ Docente de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Politécnica Salesiana
Guayaquil, Ecuador aramirezf@ups.edu.ec

Resumen

De acuerdo a los datos estadísticos del Consejo Nacional Para la Igualdad de Discapacidades del Ecuador existe un 11.75% de personas con discapacidad visual, para estas personas moverse de forma independiente representa un desafío. Este artículo propone un prototipo electrónico programable adherido a un bastón que detecta obstáculos mediante sensores infrarrojos estabilizados con un sistema de cardán que envía una señal hacia el módulo de control, activando vibradores que alertan al no vidente la presencia de un obstáculo y con ello tome las debidas precauciones para que se desplace con seguridad en diferentes entornos sin la necesidad de un acompañante o un lazarillo.

Abstract

According to statistical data from the National Council for Disability Equality in Ecuador, there is a 11.75% of people with visual disabilities. For these individuals, moving independently represents a challenge. This article proposes a programmable electronic prototype attached to a cane that detects obstacles through infrared sensors stabilized with a gimbal system that sends a signal to the control module, activating vibrators that alert the visually impaired person of the presence of an obstacle, thus enabling them to take the necessary precautions to move safely in different environments without the need for an attendant or guide dog.

Keywords: Discapacidad visual · Sensor infrarrojo · Sistema de Cardan · Módulo de control.

1 Introducción

Durante el año 2020 en Ecuador se realizó un censo poblacional para conocer la cantidad de personas que sufren algún tipo de discapacidad en donde solo hasta el 12 de octubre se pudo registrar 476.360 personas con alguna discapacidad en lo que predomina las discapacidades físicas. En el censo se detectó que el 11.60% sufrían de una discapacidad visual, es decir 55.246 personas [1]. Para el 2023 hubo un incremento en la tasa de personas que sufren discapacidad visual llegando a un 11.75% [2]. Estas personas cuentan con diferentes necesidades que requieren de atención para mejorar su calidad de vida.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) nos indica que las causas más determinantes de discapacidad visual son los errores de refracción y cataratas, representando el 36% y 17%, esta discapacidad visual afecta a personas de todas las edades, pero la mayoría de ellas superan los 50 años, los niños con ceguera son susceptibles a generar un retraso del tipo lingüístico, emocional, social e incluso un retraso en su sistema motriz [3].

Con la combinación de bastones blancos y tecnologías innovadoras, se busca ayudar a las personas no videntes a lograr independencia en su desplazamiento y seguridad [4]. Los nuevos desarrollos tecnológicos en este campo son el uso de sensores ultrasónicos en los bastones blancos para la detección de obstáculos [5], aplicación de navegación asistida el cual guía a la persona para su desplazamiento [6], el uso de GPS que brinda al usuario información de su posicionamiento [7], la implementación de zapatos inteligentes el cual da una alarma si encuentran un obstáculo o el suelo mojado el cual su porcentaje de precisión fue de casi 96% [8].

Este proyecto se centra en un sistema flexible que puede acoplarse a los bastones ya existentes y con esto realizar detecciones de obstáculo en la zona frontal del individuo, el cual propone facilitar la movilidad de la persona no vidente mediante una alerta háptica generada por los motores vibratorios.

2 Marco Teórico

2.1 Personas no videntes La discapacidad visual se refiere a cualquier alteración en el sentido de la vista, ya sea total o parcial. Dado que aproximadamente el 80% de la información del entorno se adquiere a través de la vista, comprender esta discapacidad implica reconocer su impacto en la percepción y comprensión del mundo exterior [9].

En cuanto a la ceguera, esta se clasifica en dos tipos principales: la ceguera total, que es la ausencia completa de percepción visual resultante de patologías graves que afectan a la retina, el nervio óptico o los centros visuales [10] y la ceguera parcial, que describe a las personas que, con la corrección visual adecuada, podrían percibir o distinguir algunos objetos a una distancia muy corta, aunque con dificultad significativa [11].

2.2 Sistema de detección de objeto El sistema de detección de objeto es una tecnología que utiliza algoritmos y modelos de aprendizaje automático para identificar y localizar la presencia de objetos específicos en imágenes o videos, estos sistemas son comúnmente utilizados en campos como la visión por computadora, la inteligencia artificial y la robótica [12].

Entre los diferentes tipos de sistemas de detección se incluye el Sistema LIDAR (Sistema de Detección y Alcance), que es una técnica de teledetección óptica que utiliza láser para obtener mediciones precisas de la superficie terrestre en coordenadas x , y , z . Se utiliza en cartografía láser aérea como alternativa rentable a la fotogrametría [13]. Las Cámaras Estéreo son una técnica de visión artificial que utiliza dos o más cámaras que proporcionen mediciones en 3D, se basa en la triangulación de rayos desde múltiples puntos de vista, imitando la percepción de profundidad en la visión humana [14]. Además, los sistemas ultrasónicos son dispositivos electrónicos que utilizan ondas sonoras de alta frecuencia para detectar objetos mediante la emisión de pulsos ultrasónicos y la medición del tiempo de retorno del eco. Su versatilidad y precisión en la determinación de distancias lo convierten en una herramienta efectiva para una variedad de aplicaciones en diversas condiciones [15]. Finalmente, los sensores infrarrojos son dispositivos optoelectrónicos que detectan la radiación infrarroja de los cuerpos en su campo de visión [16].

2.3 Estabilización dinámica

2.3.1 Estabilización dinámica servomotor Es un sistema de control que utiliza un servomotor para mantener una posición o velocidad deseada en diversas aplicaciones como robots, máquinas herramienta y vehículos. Funciona mediante un sensor que mide la posición o velocidad actual del sistema, enviando esta información al servomotor para ajustar su posición y mantener el sistema en el punto deseado [17].

2.3.2 Principios de la estabilización dinámica (giroscopio) La estabilidad dinámica es fundamental en diversos campos como el deporte, la industria y la medicina, ya que se refiere a la capacidad de un objeto o sistema para mantener su equilibrio mientras está en movimiento, manteniendo una trayectoria constante y controlada a pesar de las fuerzas externas. Este concepto es crucial para garantizar la eficiencia y seguridad en actividades y dispositivos en diferentes sectores [18].

3 Marco Metodológico

Para mejorar la precisión en la detección de proximidad, se estructuró el procedimiento en tres fases fundamentales. La primera etapa involucra la implementación de un sistema de estabilización, empleando técnicas de control de

retroalimentación para mantener la adquisición de datos de los sensores confiables. En la segunda etapa, se desarrolla un sistema de detección y alerta óptica capaz de procesar las señales del sensor y generar avisos adecuadas en función de los parámetros de distancia establecidos. La tercera etapa consiste en la implementación del sistema, integrando las fases anteriores en un entorno operativo para asegurar la interacción armónica y la eficacia del prototipo.

3.1 Sistema de estabilización La estabilización dinámica desempeña un papel fundamental en el correcto censado de obstáculos para sistemas acoplados a bastones utilizados por personas con discapacidad visual. La efectividad de estos sistemas depende en gran medida de la alineación precisa del sistema de sensores, lo que se ha logrado en este proyecto mediante la implementación de un sistema de estabilización basado en el principio de cardán. Este enfoque asegura que los sensores mantengan una orientación constante, independientemente de los movimientos y vibraciones inherentes al caminar con el bastón. La adaptación de este sistema de estabilización cardánica resulta esencial para la precisión de los sensores infrarrojos, los cuales están diseñados para detectar obstáculos de manera confiable y en tiempo real. Al compensar las variaciones causadas por el movimiento natural, el sistema no solo mejora la detección, sino que también facilita la generación de respuestas hápticas inmediatas. Así, los usuarios no videntes pueden recibir alertas sobre la presencia de obstáculos en su entorno.



Fig. 1. Imagen del sistema de estabilización con servomotor MG99

3.2 Sistema de detección y alerta háptica La detección y alerta háptica son fundamentales en el diseño de sistemas asistenciales para personas con discapacidad visual. La eficacia de estos sistemas se basa en la detección precisa y oportuna de obstáculos, lo que se ha alcanzado en este prototipo a través de sensores infrarrojos de alta sensibilidad. Este enfoque asegura que el usuario reciba una alerta inmediata y confiable ante la presencia de un obstáculo, independientemente de las condiciones ambientales o las variaciones en la superficie

de desplazamiento. La alerta háptica, generada por vibraciones controladas, es esencial para la percepción de alertas sin la necesidad de estímulos visuales o auditivos como se muestra en la figura.

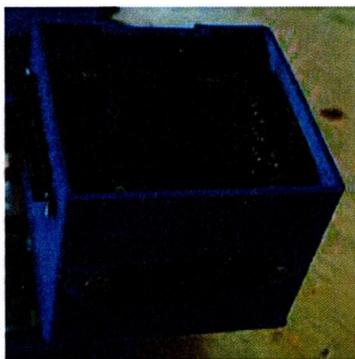


Fig. 2. Imagen del sistema de detección con sensor sharp

3.3 Implementación del sistema La implantación del sistema de detección y alerta háptica en dispositivos asistenciales representa un avance en el apoyo a individuos con limitaciones visuales. Su operación es una sincronización a través de sensores de detección de obstáculos y mecanismos de vibración que trabajan de manera conjunta para proporcionar retroalimentación en tiempo real, permitiendo una comprensión intuitiva del entorno y facilitando la navegación en espacios físicos donde pueden existir obstáculos que interfieran en su libre desplazamiento. El prototipo del diseño radica en su capacidad para ajustar la intensidad y el patrón de vibración según la proximidad y la naturaleza del obstáculo detectado, el cual se adapta a las necesidades específicas del usuario.

4 Resultados

En base a las pruebas desarrolladas con 10 personas, se realizó tres recorridos en diferentes entornos con cada una de las personas involucradas, teniendo que en el 73% de los intentos realizados, las personas consideran que se pueden desplazar con mayor seguridad, cuando se emplea el prototipo del desarrollo de un sistema de detección de obstáculos con estabilización dinámica para bastones de personas no videntes a diferencia de un bastón convencional como se observa en la figura.

Así mismo, en las 30 pruebas realizadas dentro de los diferentes circuitos propuestos en el 63% de los casos se considera que el dispositivo desarrollado es de fácil uso y posee una curva de aprendizaje poco compleja. Esto a su vez facilita la operabilidad y uso de este.

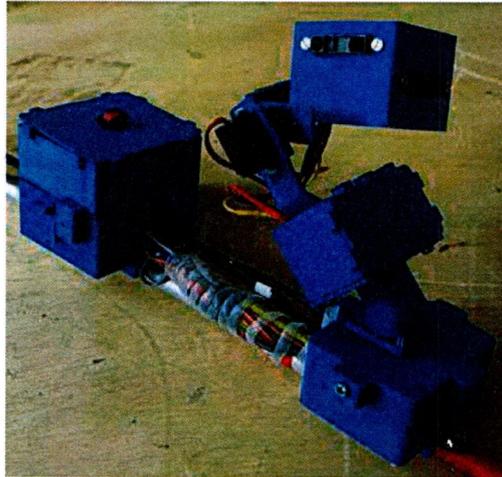


Fig. 3. Acoplamiento de sistema de estabilizacion con sistema de detección

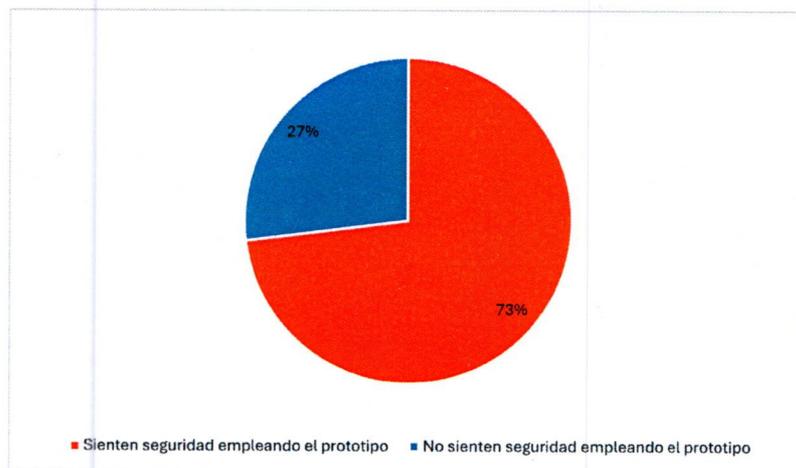


Fig. 4. Nivel de seguridad experimentado con el prototipo.

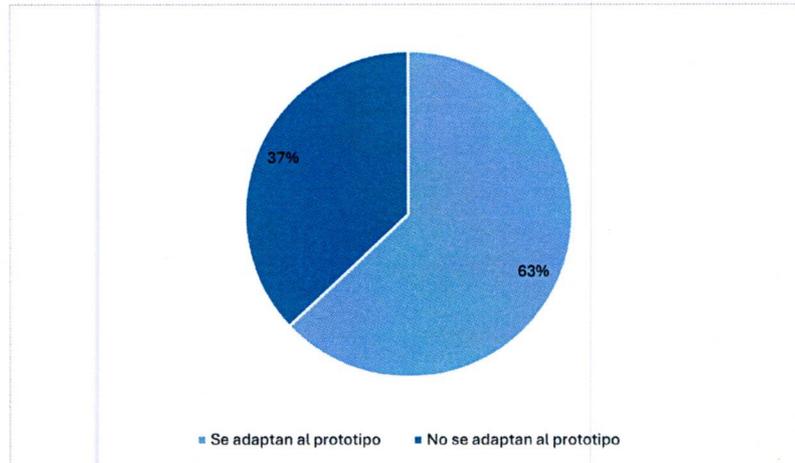


Fig. 5. Adaptabilidad del prototipo.

Finalmente, los datos recabados y la experiencia directa de los usuarios refuerzan la viabilidad del prototipo desarrollado, demostrando no solo una mejora en la seguridad y la facilidad de uso, comparado con los bastones convencionales, sino también una significativa aceptación por parte de los participantes.

5 Conclusión

Este trabajo ha presentado un sistema de detección de obstáculos con estabilización dinámica para bastones de personas no videntes, destacando la importancia de la tecnología asistida en el apoyo a la discapacidad visual en Ecuador. El prototipo ofrece una alerta háptica gracias a la sinergia entre sensores infrarrojos y un sistema de cardán, mejorando el desplazamiento en la movilidad de sus usuarios. Los ensayos preliminares indican un desempeño superior del 85%, sugiriendo una contribución significativa al campo de las ayudas técnicas para la discapacidad visual. Esto se debe a las características del sistema de cardán el cual permite que la detección de obstáculos sea eficiente.

En futuras investigaciones, el enfoque multidisciplinario demostrado en este estudio puede ser extendido para incluir un espectro más amplio de aplicaciones asistenciales, potenciando el alcance y la funcionalidad del sistema de detección de obstáculos con estabilización dinámica.

References

1. Ediciónmédica, "Ecuador registra 476.360 personas con discapacidad," 03 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.edicionmedica.ec/secciones/salud-publica/ecuador-registra-476-360-personas-con-discapacidad--96819>. Último acceso: 02 de febrero de 2024.
2. Ediciónmédica, "El 3% de las personas en Ecuador tiene discapacidad," 27 de enero de 2023. Disponible en: <https://www.edicionmedica.ec/secciones/salud-publica/el-3-de-las-personas-en-ecuador-tienen-discapacidad--100140>. Último acceso: 23 de noviembre de 2024.
3. Organización Mundial de la Salud, "Ceguera y discapacidad visual," 10 de agosto de 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. Último acceso: 02 de febrero de 2024.
4. Appiah, Obed y Elmannai, Wafa, "A Smart Cane with Fall Detection System for People with Visual Impairments," 14 de noviembre de 2023. Disponible en: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/10361350>. Último acceso: 05 de febrero de 2024.
5. Bansal, Malti y Malik, Saurabh y Kumar, Mohit y Meena, Nikita, "Arduino based Smart Walking Cane for Visually Impaired People," 19 de agosto de 2020. Disponible en: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/9171209>. Último acceso: 05 de febrero de 2024.
6. Mocanu Adrian, Sita Valentin, Avram Camelia, Radu Dan, Aștilean Adina, , "Assistive Navigation Application for Blind People using a White Cane Embedded System," 01 de julio de 2020. Disponible en: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/9129942>. Último acceso: 05 de febrero de 2024.
7. Ferdaus Ahmed, Zarin Tasnim, Masud Rana, Mohammad Monirujjaman Khan, "Development of Low Cost Smart Cane with GPS," 13 de julio de 2022. Disponible en: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/9817322>. Último acceso: 05 de febrero de 2024.
8. ABI ZEID DAOU, Roy and CHEHADE, Jeffrey and ABOU HAYDAR, Georgio and HAYEK, Ali and BOERCSOEK, Josef and OLMEDO, Jose Javier Serrano, "Design and Implementation of Smart Shoes for Blind and Visually Impaired People for More Secure Movements," 2020. Disponible en: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/9331779>. Último acceso: 01 de febrero de 2024.
9. Puntodis S.L., DISCAPACIDAD VISUAL, 2019. Disponible en: "https://puntodis.com/featured_item/discapacidad-visual/". Último acceso: 25 de marzo de 2024.
10. Fundación Adecco, "Cuáles son los tipos de discapacidad visual," 2024. Disponible en: <https://fundacionadecco.org/blog/cuales-son-los-tipos-de-discapacidad-visual/>. Último acceso: 25 de marzo de 2024.
11. Once, "Ceguera y deficiencia visual," 2024. Disponible en: <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/la-discapacidad-visual/concepto-de-ceguera-y-deficiencia-visual>. Último acceso: 25 de marzo de 2024.
12. Gamco, "Detección de objetos," 2021. Disponible en: <https://gamco.es/glosario/deteccion-de-objetos/>. Último acceso: 25 de marzo de 2024.

13. Copyright, "¿Qué son los datos LIDAR?," 2021. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/las-dataset/what-is-lidar-data-.htm>. Último acceso: 25 de marzo de 2024.
14. Clearview Imaging, "Visión Estéreo 3D para Aplicaciones de Visión Artificial," 2021. Disponible en: <https://www.clearview-imaging.com/es/blog/visi%C3%B3n-est%C3%A9reo-3d-para-aplicaciones-de-visi%C3%B3n-artificial>. Último acceso: 25 de marzo de 2024.
15. SensorGo, "¿Qué Es Y Para Qué Sirve El Sensor Ultrasónico?," 2024. Disponible en: <https://sensorgo.mx/sensor-ultrasonico/>. Último acceso: 25 de marzo de 2024.
16. Protegiendo Personas, "Sensores infrarrojos: ¿qué son y para qué se utilizan?," 2024. Disponible en: <https://protegiendopersonas.es/sensores-infrarrojos-que-son-y-para-que-se-utilizan/>. Último acceso: 25 de marzo de 2024.
17. General Driver Motor S.L., "EQUILIBRADO DINÁMICO," 2017. Disponible en: <https://www.generaldrivermotor.com/motores/equilibrado-dinamico/>. Último acceso: 29 de febrero de 2024.
18. INDUSTRIAPEDIA, "¿Qué es la estabilidad dinámica?," 2024. Disponible en: <https://industriapedia.com/que-es-la-estabilidad-dinamica/>. Último acceso: 02 de marzo de 2024.