

**Análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad
visual mediante el uso de sensores ultrasónicos**

Yullheilor Guzmán Moreno

Asesora

Gilma Paola Andrade Trujillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2024

Resumen

La presente propuesta tiene como objetivo diseñar un bastón electrónico ergonómico para personas invidentes utilizando un sensor ultrasónico y un pulsador. El diseño ergonómico y la integración de un sensor ultrasónico en el bastón permitirá mejorar la movilidad y seguridad de las personas invidentes al proporcionar información en tiempo real sobre obstáculos y peligros en su entorno, además el sensor detecta los obstáculos a través de vibraciones sutiles y precisas. De esta manera, los usuarios podrán tener una percepción clara de su entorno y tomar decisiones informadas mientras se desplazan, el pulsador permite dar una señal de sos en caso de que esta persona esté en peligro. Esta propuesta busca investigar y analizar las características técnicas, funcionales y ergonómicas necesarias efectiva para su implementación en la comunidad de usuarios, esta monografía tendrá un impacto positivo en la movilidad, seguridad, independencia, inclusión social y bienestar emocional de las personas invidentes.

Palabras clave: bastón electrónico, sensor ultrasónico, personas invidentes, diseño, seguridad, movilidad e independencia.

Abstrac

Analysis and ergonomic design of a guide cane for people with visual disabilities through the use of ultrasonic sensors. The present proposal aims to design an ergonomic guide stick for blind people using an ultrasonic sensor and a push button. The ergonomic design and the integration of an ultrasonic sensor in the cane will improve the mobility and safety of blind people by providing real-time information about obstacles and dangers in their environment, in addition the sensor detects obstacles through subtle and precise vibrations. In this way, users will be able to have a clear perception of their environment and make informed decisions while moving, the button allows an sos signal to be given in case this person is in danger. This proposal seeks to investigate and analyze the necessary technical, functional and ergonomic characteristics for its implementation in the user community, this monograph will have a positive impact on the mobility, safety, independence, social inclusion and emotional well-being of blind people.

Keywords: guide stick, ultrasonic sensor, blind people, design, security, mobility and independence.

Tabla de Contenido

Introducción	10
Justificación	12
Objetivos.....	14
Objetivos Generales	14
Objetivos Específicos.....	14
Planteamiento del Problema	15
Marco Teórico.....	22
Marco Conceptual.....	56
Marco Tecnológico	61
Marco Contextual.....	83
Marco Legal	86
Estado del Arte.....	87
<i>Mygo</i>	87
<i>iSonic</i>	88
<i>UltraCane</i>	89
<i>Eye Stick</i>	90
<i>MyMap</i>	91
<i>WeWALK</i>	92
<i>Síntesis Personal</i>	96
Metodología	98
Tipo y Diseño Metodológico de Investigación.....	98
<i>Tipo de Investigación: Mixto</i>	100

Técnicas y Herramientas de Recolección de Datos	102
Diseño Ingenieril.....	103
<i>Diagrama de Flujo o de Bloques Que Ejemplifique las Etapas</i>	103
<i>Definición de Cada una de las Etapas de Fabricación de la Monografía</i>	106
<i>Investigación y Análisis de Requisitos</i>	107
<i>Definición de Especificaciones Técnicas</i>	107
<i>Diseño Conceptual</i>	108
<i>Selección de componentes y materiales</i>	109
<i>Diseño Detallado</i>	119
<i>Simulación</i>	129
<i>Documentación y preparación para la producción</i>	132
Diagrama o Planos	135
<i>Instrumentos y Listado de Materiales</i>	137
<i>Descripción y Pruebas de Funcionamiento</i>	138
<i>Esquema de conexiones</i>	138
Resultados y Análisis	145
Análisis de Resultados	145
Impactos	147
Conclusiones y Recomendaciones	150
Recomendaciones de Actualizaciones, Uso y Mantenimiento	152
Referencia Bibliográficas.....	156

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Sensor Ultrasónico.....</i>	112
Tabla 2	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Buzzer.....</i>	114
Tabla 3	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Motor Vibratorio.....</i>	116
Tabla 4	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento de la Batería 9V.....</i>	118
Tabla 5	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Sensor Ultrasónico....</i>	122
Tabla 6	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Buzzer.....</i>	124
Tabla 7	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Motor Vibratorio.....</i>	126
Tabla 8	<i>Características Principales y Rangos de Funcionamiento de la Batería 9V.....</i>	128

Listas de Figuras

Figura 1 <i>Causas de Discapacidad Visual</i>	23
Figura 2 <i>Tipos de Discapacidad Visual</i>	24
Figura 3 <i>Tipos de Bastones para Discapacidad Visual</i>	27
Figura 4 <i>Bastón Inteligente Wewalk Detectando Obstáculo</i>	29
Figura 5 <i>Bastón Inteligente Wewalk Navegando por Google Maps</i>	30
Figura 6 <i>Consecuencias Emocionales y Sociales</i>	32
Figura 7 <i>Diagrama de Flujo de Personas Ciegas Isométrica con Imágenes Aisladas de Caracteres Humanos Durante la Serie de Tratamientos y la Ilustración de Vector de Adaptación</i>	34
Figura 8 <i>Sensor Ultrasónico HC-SR04</i>	35
Figura 9 <i>Funcionamiento del Sensor Ultrasónico HC-SR04</i>	37
Figura 10 <i>Dispositivos para Personas con Discapacidad Visual</i>	39
Figura 11 <i>Detección de Obstáculos</i>	41
Figura 12 <i>Hombre Ciego en Casa Perjudicado</i>	42
Figura 13 <i>Dispositivos Hápticos y Auditiva</i>	43
Figura 14 <i>Sensor Lidar</i>	44
Figura 15 <i>Gafas Inteligentes</i>	45
Figura 16 <i>GPS y Navegación por Satélite</i>	46
Figura 17 <i>Sensor Inercial</i>	46
Figura 18 <i>Tecnología de Redes Sociales</i>	47
Figura 19 <i>Bastón Inteligente con IA, Sistema Llamado Shelfhelp</i>	50
Figura 20 <i>Bastón Mygo</i>	88

Figura 21 <i>Bastón iSonic</i>	89
Figura 22 <i>Bastón UltraCane</i>	90
Figura 23 <i>Bastón Eye Stick</i>	91
Figura 24 <i>Bastón MyMap</i>	92
Figura 25 <i>Bastón WeWALK</i>	93
Figura 26 <i>Tipo y Diseño metodológico de Investigación</i>	98
Figura 27 <i>Diagrama de Flujo Sensor Ultrasónico HC-SR04</i>	103
Figura 28 <i>Diagrama de Flujo Buzzer</i>	104
Figura 29 <i>Diagrama de Flujo del Motor</i>	104
Figura 30 <i>Diagrama de Flujo del Pulsador</i>	105
Figura 31 <i>Diagrama de Flujo Bastón Electrónico</i>	105
Figura 32 <i>Definición de Cada una de las Etapas de Fabricación de la Monografía</i>	106
Figura 33 <i>Sensor Ultrasónico HC-SR04</i>	111
Figura 34 <i>Buzzer Pasivo 5V</i>	113
Figura 35 <i>Motor de Vibración</i>	115
Figura 36 <i>Pila 9V</i>	117
Figura 37 <i>Sensor Ultrasónico HC-SR04</i>	120
Figura 38 <i>Buzzer Pasivo 5V</i>	123
Figura 39 <i>Motor de Vibración</i>	125
Figura 40 <i>Pila 9V</i>	127
Figura 41 <i>Diseño del Bastón Electrónico</i>	130
Figura 42 <i>Plano Esquemático del Bastón Electrónico</i>	130
Figura 43 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	131

Figura 44 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	131
Figura 45 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	131
Figura 46 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	132
Figura 47 <i>Diseño del Bastón Electrónico</i>	135
Figura 48 <i>Plano Esquemático del Bastón Electrónico</i>	135
Figura 49 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	136
Figura 50 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	136
Figura 51 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	136
Figura 52 <i>Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA</i>	137
Figura 53 <i>Flujo Grama de la Descripción del Diseño</i>	138

Introducción

La importancia de la inclusión y la accesibilidad mejorando su calidad de vida ayudando a las personas invidentes a ser autónomas y confiables, la presente monografía se introduce en un área esencial: el análisis y diseño ergonómico de un bastón electrónico especialmente desarrollado para personas invidentes. Este proyecto tiene como objetivo central explorar y analizar las aplicaciones de tecnologías avanzadas, específicamente sensores ultrasónicos, con el fin de mejorar la movilidad y autonomía de este grupo de individuos.

El uso de sensores ultrasónicos abre varias posibilidades para la detección temprana de obstáculos y la percepción del entorno circundante en tiempo real. A través de este estudio, se busca analizar cómo estos sensores pueden ser implementados de manera efectiva en el diseño del bastón electrónico, ayudando así a una mayor independencia y seguridad en la navegación de personas invidentes.

En esta monografía, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los aspectos ergonómicos y funcionales del bastón electrónico mejorado. Se examinarán los retos y oportunidades en la integración de los sensores ultrasónicos, considerando tanto la precisión en la detección como la retroalimentación que proporcionan al usuario en tiempo real. Además, se profundizará en la interacción entre el usuario y el dispositivo, evaluando cómo el diseño ergonómico puede influir en la comodidad y la facilidad de uso.

La investigación también abordará aspectos técnicos, como la selección y calibración de los sensores, así como los algoritmos necesarios para procesar la información capturada y presentarla de manera comprensible al usuario. Se explorarán las posibles limitaciones tecnológicas y se propondrán soluciones para superarlas, con el objetivo de diseñar un bastón electrónico efectivo y confiable, el bastón se proyectará a intervenciones de actualizaciones.

En última instancia, esta monografía aspira a proporcionar una visión integral y detallada sobre el análisis y diseño ergonómico del bastón electrónico para personas invidentes, utilizando sensores ultrasónicos. Se espera que este trabajo no solo contribuya al conocimiento en este campo, sino que también inspire futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos en pro de la inclusión y mejora de la calidad de vida de las personas invidentes.

Justificación

La discapacidad visual es un reto significativo que afecta a miles de personas en Colombia y en todo el mundo. Para aquellos que la experimentan, la movilidad y la independencia en su vida cotidiana pueden verse severamente comprometidas. El acceso a tecnologías que mejoren su calidad de vida y les brinden la oportunidad de vivir con mayor autonomía es fundamental. En este contexto, la investigación sobre el uso de sensores ultrasónicos para mejorar la movilidad de personas invidentes en Colombia es una empresa de gran relevancia, que merece una justificación sólida y creativa.

La discapacidad visual puede imponer restricciones significativas a la movilidad, lo que a menudo limita la participación en la sociedad y la independencia personal. Sin embargo, la tecnología moderna ofrece la posibilidad de transformar estos desafíos en oportunidades. La investigación en sensores ultrasónicos es una forma de empoderar a las personas invidentes en Colombia, brindándoles las herramientas necesarias para superar obstáculos y vivir con plenitud.

Los sensores ultrasónicos representan una tecnología innovadora que puede marcar la diferencia en la vida de las personas invidentes en Colombia. Al utilizar ondas sonoras para detectar obstáculos y medir distancias, estos sensores ofrecen una solución práctica y eficiente para mejorar la movilidad en diversos entornos. Esta investigación busca aprovechar al máximo esta tecnología innovadora y aplicarla de manera creativa para promover la inclusión y la autonomía.

Colombia es un país caracterizado por su diversidad geográfica y climática. Desde las ciudades urbanas hasta las zonas rurales y selváticas, las personas invidentes se enfrentan a una amplia variedad de desafíos en su movilidad. La investigación sobre sensores ultrasónicos busca

adaptar esta tecnología a las condiciones específicas de Colombia, considerando factores como la infraestructura urbana, los obstáculos naturales y las condiciones climáticas cambiantes.

Uno de los objetivos fundamentales de esta investigación es garantizar que la tecnología de sensores ultrasónicos esté al alcance de todas las personas invidentes en Colombia. Esto implica no solo desarrollar soluciones técnicas efectivas, sino también abordar cuestiones de costo y accesibilidad. La justificación radica en la creencia de que todas las personas, independientemente de sus circunstancias, deben tener igualdad de oportunidades para acceder a tecnologías que mejoren su calidad de vida.

La investigación sobre sensores ultrasónicos tiene el potencial de generar un impacto significativo en la sociedad colombiana. Al mejorar la movilidad de personas invidentes, se promueve su participación en la vida laboral, educativa y social, lo que a su vez puede contribuir al crecimiento económico y a la construcción de una sociedad más inclusiva.

Colombia tiene un gran potencial para convertirse en un líder en el desarrollo y la implementación de tecnologías de asistencia para personas invidentes. La investigación en sensores ultrasónicos puede impulsar la innovación tecnológica en el país y aumentar su competitividad a nivel nacional e internacional.

Esta investigación también busca inspirar a la comunidad científica y tecnológica, así como a la sociedad en general, a involucrarse en proyectos que tengan un impacto positivo en la vida de las personas invidentes. La creatividad y la innovación desempeñan un papel fundamental en esta empresa, ya que la búsqueda de soluciones originales puede abrir nuevas posibilidades y perspectivas.

Objetivos

Objetivos Generales

Diseñar un dispositivo tecnológico que mejore la movilidad y la autonomía de las personas invidentes, enfocado en utilizar tecnología avanzada para dar información en tiempo real sobre el entorno que los rodea y facilitando su desplazamiento de manera segura e independiente.

Objetivos Específicos

Investigar y analizar el estado del arte de las diferentes aplicaciones que se refieren a bastones inteligentes para personas con limitación visual, de tal manera que se puedan establecer las ventajas, desventajas y diferencias entre ellos.

Diseñar, programar y configurar los algoritmos de inteligencia artificial para el procesamiento y análisis de datos recopilados por los sensores del modelo y partes del bastón.

Realizar ajustes y mejoras al diseño del bastón electrónico, basándose en los resultados de las pruebas.

Planteamiento del Problema

La discapacidad visual es una condición que afecta a un segmento significativo de la población colombiana, tanto por causas congénitas como adquiridas a lo largo de la vida. Según datos del Instituto Nacional para Ciegos (INCI) de Colombia, se estima que alrededor de 550,000 personas tienen discapacidad visual en el país, lo que representa aproximadamente el 1.2% de la población total. Este grupo diverso incluye a personas con ceguera total, así como a personas con baja visión que tienen dificultades para realizar tareas cotidianas. La discapacidad visual no solo implica la pérdida o la disminución de la capacidad para ver, sino que también puede afectar otras habilidades relacionadas con la percepción, la orientación y la movilidad así limitando su capacidad para realizar actividades básicas como desplazarse de un lugar a otro, leer, trabajar y participar en la vida social y comunitaria.

A pesar de los avances tecnológicos en diversas áreas, la movilidad de las personas con discapacidad visual en Colombia sigue siendo una serie de desafíos en su entorno físico y social considerable, porque la accesibilidad a espacios públicos y privados es una preocupación importante, ya que muchos lugares carecen de infraestructura y servicios adecuados para satisfacer las necesidades de las personas invidentes. Esto incluye aceras y calles mal diseñadas, edificios sin señalización táctil o auditiva, y sistemas de transporte inaccesibles; uno de los retos más apremiantes que enfrentan es la detección y evitación de obstáculos porque es un inconveniente para esta población moverse de manera autónoma y segura en entornos tanto interiores como exteriores haciendo difícil la orientación en espacios desconocidos. Estos desafíos pueden dividirse en varias categorías principales:

Detección y evitación de obstáculos: Las personas invidentes a menudo encuentran dificultades para detectar y evitar obstáculos en su entorno, lo que puede poner en peligro su

seguridad y bienestar. Esto incluye obstáculos como postes, vehículos estacionados, escalones, baches en la acera y objetos en movimiento. La falta de visión adecuada dificulta la identificación temprana de estos obstáculos, lo que puede llevar a accidentes y lesiones.

Orientación en entornos desconocidos: Navegar en espacios desconocidos presenta un desafío adicional para las personas invidentes, ya que dependen en gran medida de la memoria, la orientación espacial y las habilidades de navegación auditiva para moverse de manera segura y eficiente. La falta de referencias visuales dificulta la creación de mapas mentales y la planificación de rutas, lo que puede provocar desorientación y pérdida.

Limitaciones de los dispositivos de asistencia tradicionales: Si bien existen bastones electrónicos y otros dispositivos de asistencia diseñados para personas con discapacidad visual, estos a menudo presentan limitaciones en términos de precisión y funcionalidad. Por ejemplo, algunos bastones electrónicos solo pueden detectar obstáculos a corta distancia y no proporcionan retroalimentación detallada sobre la naturaleza y la ubicación de los obstáculos detectados. Esto puede dificultar la toma de decisiones informadas y la navegación segura.

Necesidad de retroalimentación inmediata: Para una movilidad efectiva, las personas invidentes necesitan retroalimentación inmediata sobre su entorno y cualquier obstáculo potencial. La falta de retroalimentación en tiempo real puede aumentar su vulnerabilidad y disminuir su confianza al desplazarse. Además, la incapacidad para obtener información detallada sobre el entorno puede limitar su independencia y autonomía.

Si bien existen bastones electrónicos y otros dispositivos de asistencia tradicionales, estos a menudo tienen limitaciones en términos de precisión y capacidad para detectar obstáculos en diferentes alturas y distancias. Además, la falta de retroalimentación inmediata y la incapacidad para proporcionar información detallada sobre el entorno dificultan aún más la movilidad

independiente, Además de los desafíos físicos, las personas invidentes en Colombia también enfrentan barreras sociales y económicas. La discriminación, el estigma y la falta de oportunidades laborales son problemas comunes que afectan su inclusión y participación en la sociedad. Muchas personas con discapacidad visual luchan por acceder a servicios de salud, educación y empleo adecuados, lo que puede perpetuar su marginación y exclusión social.

La tecnología de sensores ultrasónicos emerge como una solución prometedora para abordar los desafíos específicos de movilidad que enfrentan las personas invidentes en Colombia. Los sensores ultrasónicos utilizan ondas sonoras de alta frecuencia para detectar objetos y medir distancias, lo que los hace adecuados para la detección de obstáculos en tiempo real. Estos sensores tienen la capacidad de proporcionar información precisa sobre la proximidad de objetos y obstáculos en entornos tanto interiores como exteriores, los convierte en una herramienta valiosa para mejorar la seguridad y la autonomía de las personas invidentes, esto podría ser especialmente beneficioso en las condiciones variadas de Colombia.

Detección precisa de obstáculos: Los sensores ultrasónicos pueden detectar objetos con una precisión excepcional, lo que permite a las personas invidentes navegar de manera más segura y eficiente en entornos complejos y variados. Su capacidad para medir distancias con precisión ayuda a identificar obstáculos a diferentes alturas y distancias, lo que minimiza el riesgo de accidentes y lesiones.

Adaptabilidad a diferentes entornos: Los sensores ultrasónicos son altamente adaptables y pueden funcionar en una variedad de entornos y condiciones ambientales. Desde entornos urbanos densamente poblados hasta áreas rurales remotas, estos sensores pueden proporcionar información útil sobre el entorno circundante, lo que permite una movilidad más fluida y segura para las personas invidentes.

Retroalimentación en tiempo real: Los sensores ultrasónicos ofrecen retroalimentación instantánea sobre la presencia y la ubicación de obstáculos, lo que permite a las personas invidentes tomar decisiones informadas mientras se desplazan. Esta retroalimentación en tiempo real es crucial para aumentar la confianza y la independencia de los usuarios, permitiéndoles navegar de manera más autónoma en su entorno.

Facilidad de integración en dispositivos de asistencia: Los sensores ultrasónicos son compactos y versátiles, lo que los hace fáciles de integrar en dispositivos de asistencia existentes, como bastones electrónicos y sistemas de navegación. Su capacidad para funcionar de manera sincronizada con otros componentes electrónicos permite una integración sin problemas en una variedad de dispositivos diseñados para personas invidentes.

Sin embargo, a pesar del potencial de los sensores ultrasónicos, existen varios obstáculos que limitan su adopción y efectividad en la mejora de la movilidad de las personas invidentes en Colombia. Estos obstáculos incluyen:

- Limitaciones técnicas y de infraestructura: Colombia enfrenta desafíos en términos de infraestructura y condiciones ambientales diversas que pueden afectar la efectividad de los sensores ultrasónicos. Por ejemplo, la presencia de ruido ambiental, obstáculos móviles y condiciones climáticas adversas pueden interferir con la capacidad de los sensores para detectar objetos con precisión. Además, la falta de infraestructura adecuada, como calles y aceras bien mantenidas, puede dificultar el despliegue efectivo de sistemas de asistencia basados en sensores ultrasónicos.

- Costo y accesibilidad: Aunque los sensores ultrasónicos son cada vez más asequibles, el costo sigue siendo un factor limitante para su adopción generalizada, especialmente entre las personas invidentes de bajos ingresos. Además, la disponibilidad y

accesibilidad de dispositivos equipados con sensores ultrasónicos pueden ser limitadas en algunas regiones de Colombia, lo que dificulta su acceso para quienes más lo necesitan.

- **Entrenamiento y adaptación:** Las personas invidentes en Colombia necesitan capacitación adecuada para utilizar eficazmente la tecnología de sensores ultrasónicos y adaptarla a sus necesidades individuales. Esto incluye aprender a interpretar la retroalimentación proporcionada por los sensores, así como a integrar la información capturada en su proceso de toma de decisiones mientras se desplazan. La falta de programas de capacitación y apoyo puede limitar la efectividad de los sensores ultrasónicos como herramientas de asistencia para la movilidad.

- **Desarrollo de políticas:** La falta de políticas y regulaciones específicas en Colombia que respalden la accesibilidad y el uso de tecnología de asistencia basada en sensores ultrasónicos puede ser un obstáculo para su adopción generalizada. Se necesitan políticas claras y medidas de apoyo para promover la investigación, el desarrollo y la implementación de soluciones basadas en sensores ultrasónicos, así como para garantizar su disponibilidad y accesibilidad para todas las personas invidentes en el país.

- **Impacto psicosocial:** Además de los aspectos técnicos y logísticos, también se deben considerar los aspectos psicosociales relacionados con la aceptación y la percepción de la tecnología de sensores ultrasónicos por parte de las personas invidentes en Colombia. Es importante abordar las preocupaciones y expectativas de los usuarios, así como promover una cultura de aceptación y apoyo para la adopción exitosa de esta tecnología.

Necesidad de abordar los desafíos para mejorar la movilidad y la calidad de vida

En el contexto colombiano, es esencial abordar los desafíos y obstáculos mencionados anteriormente para aprovechar al máximo el potencial de la tecnología de sensores ultrasónicos y mejorar la movilidad, la autonomía y la calidad de vida de las personas invidentes.

Esto implica una serie de acciones y enfoques:

Investigación y desarrollo tecnológico: Se necesita una mayor investigación y desarrollo tecnológico para mejorar la precisión, la funcionalidad y la adaptabilidad de los sensores ultrasónicos en entornos colombianos específicos. Esto incluye la creación de algoritmos avanzados de procesamiento de señales, la integración de sensores múltiples para una detección más precisa y la mejora de la durabilidad y el rendimiento de los dispositivos.

Educación y capacitación: Se deben establecer programas educativos y de capacitación para familiarizar a las personas invidentes y a los profesionales de la salud con el uso de la tecnología de sensores ultrasónicos. Esto incluye la enseñanza de habilidades de navegación y orientación utilizando dispositivos de asistencia basados en sensores, así como el desarrollo de recursos de aprendizaje accesibles y adaptados.

Accesibilidad y disponibilidad: Es fundamental garantizar que los dispositivos equipados con sensores ultrasónicos estén disponibles y sean accesibles para todas las personas invidentes en Colombia, independientemente de su ubicación geográfica o su situación socioeconómica. Esto requiere colaboración entre el gobierno, la industria y las organizaciones sin fines de lucro para proporcionar subsidios, descuentos y programas de financiamiento para adquirir estos dispositivos.

Desarrollo de políticas: Se deben desarrollar y promulgar políticas y regulaciones específicas que respalden la accesibilidad y el uso de tecnología de asistencia basada en sensores ultrasónicos en Colombia. Esto incluye la creación de estándares de calidad y seguridad para

estos dispositivos, así como la implementación de incentivos fiscales y programas de subvenciones para fomentar su adopción y uso.

Sensibilización y aceptación: Es importante promover una mayor sensibilización y aceptación de la tecnología de sensores ultrasónicos entre la población colombiana en general, así como entre las personas invidentes y sus familias. Esto incluye campañas de sensibilización pública, eventos educativos y testimonios de usuarios para destacar los beneficios y las posibilidades de esta tecnología en la mejora de la movilidad y la calidad de vida.

Marco Teórico

En el marco teórico de esta monografía, se explorarán dos áreas fundamentales: la discapacidad visual y la tecnología de sensores ultrasónicos aplicada a dispositivos de asistencia.

En primer lugar, la discapacidad visual es una condición que afecta a millones de personas en todo el mundo, además afecta la percepción visual y la movilidad de las personas, lo que puede tener un impacto significativamente su capacidad para participar plenamente en la sociedad y llevar una vida independiente y autónoma en su vida diaria. Para comprender mejor esta afección, es importante analizar sus causas, los tipos de discapacidad visual, su impacto en la vida diaria y las estrategias tradicionales utilizadas para superar los desafíos relacionados.

Causas de la discapacidad visual:

Enfermedades oculares: numerosas enfermedades oculares pueden conducir a la discapacidad visual. Algunas de las más comunes incluyen el glaucoma, una enfermedad que daña el nervio óptico; la retinopatía diabética, que afecta a las personas con diabetes; la degeneración macular, que daña la mácula en la retina; y las cataratas, que nublan el cristalino.

Lesiones oculares: accidentes, golpes o heridas penetrantes en los ojos pueden causar discapacidad visual. Estas lesiones pueden dañar la estructura ocular y, en algunos casos, resultar en pérdida de visión parcial o total.

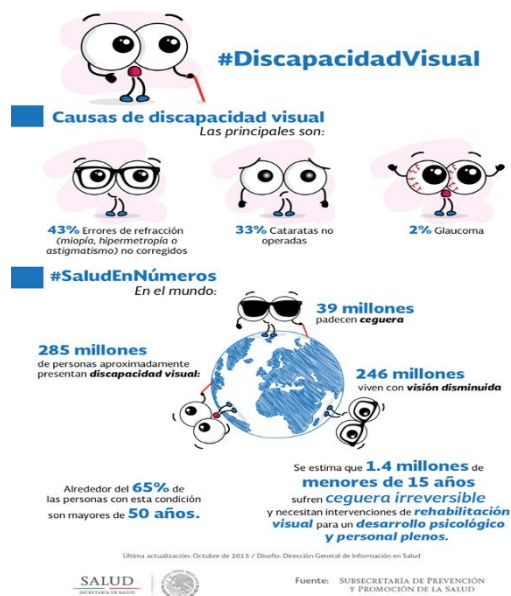
Condiciones congénitas: algunas personas nacen con discapacidades visuales debido a anomalías en la estructura del ojo o el sistema visual. Ejemplos de condiciones congénitas incluyen la macroftalmia, donde el ojo es más pequeño de lo normal, y el coloboma, una abertura anormal en una parte del ojo.

Condiciones genéticas: enfermedades genéticas, como la retinosis pigmentaria, se manifiestan a lo largo del tiempo y pueden resultar en una pérdida gradual de la visión.

Problemas neurológicos: algunas discapacidades visuales tienen su origen en problemas neurológicos, como el daño cerebral traumático o las condiciones que afectan el sistema nervioso central.

Figura 1

Causas de Discapacidad Visual



Nota. Adaptado de Facebook, Dr. Mondragón Oftalmólogo, Discapacidad visual, de Subsecretaría de prevención y promoción de la salud. (2015). Causas de discapacidad visual [Fotografía]. Fuente

https://web.facebook.com/DrAlbertoMondragon/photos/pb.100063529901662.-2207520000/3367979423216926/?type=3&locale=zh_CN

Tipos de discapacidad visual:

- Ceguera total: en casos de ceguera total, las personas no tienen percepción visual. Esto significa que no pueden ver luz, sombras ni formas. Se basan en otros sentidos para comprender su entorno.
- Baja visión: la baja visión se caracteriza por una pérdida significativa de la agudeza visual, lo que limita la capacidad de ver detalles finos. Las personas con baja visión pueden tener dificultades para leer, escribir y reconocer caras.
- Ceguera legal: en Colombia, la ceguera legal se define legalmente como una agudeza visual de 20/200 o menos en el mejor ojo, incluso con corrección. Esta definición específica se utiliza para determinar el acceso a servicios y beneficios destinados a personas con discapacidad visual.

Figura 2

Tipos de Discapacidad Visual



Nota. Adaptado de [somos tuOptometria.com](https://www.tuoptometria.com), Clasificación de los niveles de campo visual en la ‘BAJA VISIÓN’ visual. Clasificación de los niveles de campo visual en la ‘BAJA VISIÓN’ visual [Fotografía]. Fuente <https://www.tuoptometrista.com/baja-vision/>

Las personas invidentes enfrentan una serie de desafíos en su vida diaria que pueden afectar su independencia, autonomía y participación en la sociedad. Alguno de sus desafíos más

significativos es la movilidad y la orientación en entornos tanto interiores como exteriores y la participación en actividades cotidianas. La falta de visión puede dificultar la detección de obstáculos y la planificación de rutas, lo que puede aumentar el riesgo de accidentes y lesiones. Además, la discapacidad visual puede afectar la capacidad de una persona para acceder a la información visual, lo que puede limitar su participación en actividades educativas, laborales y sociales. Es importante tener en cuenta que la discapacidad visual no es una condición homogénea, sino que abarca una amplia gama de condiciones y niveles de gravedad. Algunas personas pueden experimentar una pérdida de visión total, mientras que otras pueden tener una visión parcial o limitada. Además, la discapacidad visual puede ser temporal o permanente, y puede fluctuar con el tiempo debido a factores como la progresión de la enfermedad, el tratamiento médico o la rehabilitación visual.

Por lo tanto, es fundamental adoptar un enfoque centrado en la persona al diseñar soluciones para personas invidentes, reconociendo su diferencia y respetando su individuales, habilidades, necesidades y autonomía.

La movilidad y la orientación son aspectos fundamentales de la vida diaria para las personas con discapacidad visual. La capacidad de desplazarse de manera segura y eficiente en entornos tanto interiores como exteriores es crucial para su independencia y autonomía, les permite acceder a servicios, participar en actividades sociales y recreativas, desempeñar un papel activo en la comunidad. Además, una buena movilidad y orientación pueden mejorar la autoestima y la confianza de las personas con discapacidad visual, permitiéndoles desenvolverse de manera más independiente en su entorno.

En respuesta a los desafíos en la movilidad y orientación, se han desarrollado una variedad de tecnologías de asistencia diseñadas para mejorar la independencia y autonomía de

las personas invidentes. Estas tecnologías pueden incluir bastones guías electrónicos, sistemas de navegación por GPS, aplicaciones móviles de mapeo y dispositivos portátiles de asistencia visual, entre otros. Al proporcionar información auditiva, táctil o verbal sobre el entorno circundante, estas tecnologías pueden ayudar a las personas con discapacidad visual a desplazarse de manera más segura y eficiente, aumentando su independencia y confianza en sí mismas.

En este contexto, el análisis y diseño ergonómico de un bastón electrónico para personas invidentes mediante el uso de sensores ultrasónicos emerge como un área de desarrollo tecnológico e investigación con el potencial de abordar algunos de estos desafíos y mejorar la calidad de vida de las personas afectadas. Los bastones guías tradicionales han sido durante mucho tiempo una herramienta invaluable para las personas con discapacidad visual, proporcionando apoyo físico y retroalimentación táctil para navegar y reconocer el entorno el cual se desenvuelve de forma cotidiana. Sin embargo, estos bastones tienen limitaciones en términos de su capacidad para detectar obstáculos en diferentes alturas y distancias, así como para proporcionar retroalimentación en tiempo real sobre el entorno circundante.

Figura 3

Tipos de Bastones para Discapacidad Visual



Nota. Adaptado de Somosdis@, tipos de bastones para ciegos, de Ana miguel Renioso. (2019).

Tipos de bastones para discapacidad visual [Fotografía]. Fuente <https://somosdisca.es/tipos-de-bastones-para-ciegos/>

A pesar de los avances en tecnología de asistencia, todavía existen desafíos significativos que limitan su efectividad y accesibilidad para las personas invidentes. Estos desafíos pueden incluir barreras financieras, falta de accesibilidad, falta de conciencia y capacitación limitada en el uso de la tecnología. Sin embargo, también existen oportunidades para innovar y mejorar las tecnologías de asistencia, aprovechando los avances en campos como la inteligencia artificial, la robótica y la computación en la nube para desarrollar soluciones más efectivas y accesibles.

La ergonomía es un campo multidisciplinario que se ocupa de diseñar productos, sistemas y entornos que se adaptan a las necesidades y capacidades de las personas que los utilizan. En el contexto del análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad visual, la ergonomía desempeña un papel crucial en garantizar que el dispositivo sea cómodo, seguro y fácil de usar para el usuario.

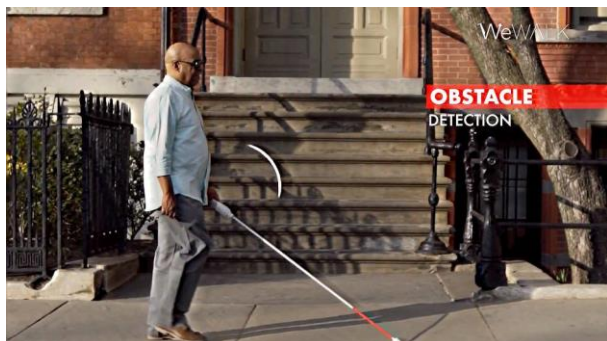
La ergonomía se basa en una serie de principios fundamentales que guían el diseño de productos y sistemas. Estos principios incluyen la adaptación al usuario, la consideración de las capacidades y limitaciones humanas, la minimización de la fatiga y el estrés, y la optimización de la eficiencia y la comodidad. Al aplicar estos principios al diseño de un bastón guía para personas con discapacidad visual, se busca crear un dispositivo que se adapte de manera natural a las necesidades y preferencias del usuario, facilitando su uso en diferentes situaciones y entornos.

El diseño ergonómico del bastón electrónico para personas invidentes es fundamental para garantizar su efectividad y utilidad en la vida cotidiana del usuario. Esto incluye consideraciones sobre el tamaño, la forma, el peso y la disposición de los controles, así como la retroalimentación proporcionada al usuario durante su uso. Por ejemplo, el bastón debe ser lo suficientemente ligero como para ser fácil de manejar, pero lo suficientemente resistente como para proporcionar apoyo y estabilidad al usuario. Además, los controles deben ser intuitivos y de fácil acceso, permitiendo al usuario interactuar con el dispositivo de manera rápida y sencilla.

La interacción entre el usuario y el dispositivo es un aspecto fundamental del diseño ergonómico del bastón electrónico. Es importante que el dispositivo proporcione retroalimentación clara y comprensible al usuario, permitiéndole interpretar y responder a la información proporcionada por el dispositivo de manera efectiva. Esto puede incluir señales auditivas, táctiles o visuales que indiquen la presencia de obstáculos o cambios en el entorno circundante. Además, el dispositivo debe ser lo suficientemente versátil como para adaptarse a las necesidades individuales del usuario, permitiéndole personalizar la configuración y ajustarla según sus preferencias y habilidades.

Figura 4

Bastón Inteligente Wewalk Detectando Obstáculo



Nota. Adaptado de kayfreem.pics, WeWalk, el bastón para personas ciegas que se conecta a tu móvil y a Google Maps Gadgets Cinco Días. Bastón inteligente WeWALK detectando obstáculo [Fotografía]. Fuente https://kayfreem.pics/product_details/17301578.html

El diseño ergonómico del bastón electrónico para personas invidentes es un proceso continuo que requiere evaluación y mejora constante. Esto puede implicar pruebas de usabilidad con usuarios reales para identificar áreas de mejora y realizar ajustes en el diseño del dispositivo. Además, es importante tener en cuenta los comentarios y sugerencias de los usuarios para garantizar que el dispositivo satisfaga sus necesidades y expectativas de manera efectiva. Al adoptar un enfoque centrado en el usuario y estar abiertos a la retroalimentación, podemos crear dispositivos que mejoren la calidad de vida y la autonomía de las personas con discapacidad visual.

Los bastones guías electrónicos equipados con sensores ultrasónicos. Estos dispositivos utilizan ondas sonoras de alta frecuencia para detectar objetos y medir distancias, proporcionando retroalimentación en tiempo real sobre la presencia y la ubicación de obstáculos en el entorno circundante. Al integrar estos sensores en el diseño ergonómico de un bastón guía,

se espera mejorar la autonomía (movilidad, reconocimiento del entorno) de las personas con discapacidad visual, permitiéndoles navegar de manera más segura y eficiente en su entorno.

Figura 5

Bastón Inteligente Wewalk Navegando por Google Maps



Nota. Adaptado de Tifloproductos CR, Bastón Inteligente WeWalk. Bastón inteligente

WeWALK navegando por Google Maps [Fotografía]. Fuente

<https://tifloproductoscr.com/producto/baston-inteligente-wewalk/>

El objetivo de este marco teórico es proporcionar una visión integral de los diferentes aspectos relacionados con el análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad visual mediante el uso de sensores ultrasónicos. Exploraremos la discapacidad visual y sus impactos en la vida diaria de las personas afectadas, así como los conceptos de ergonomía y tecnología de sensores ultrasónicos. Además, discutiremos las aplicaciones prácticas de esta tecnología en dispositivos de asistencia, los desafíos y obstáculos asociados con su implementación. Al comprender estos conceptos y consideraciones, podremos avanzar en el desarrollo de soluciones efectivas que mejoren la calidad de vida de las personas con discapacidad visual y promuevan la inclusión y la igualdad de acceso a la tecnología.

Para comprender mejor esta afección, es importante analizar su impacto en la vida diaria y las estrategias tradicionales utilizadas para superar los desafíos relacionados.

Efectos en la vida diaria:

La discapacidad visual puede tener una amplia gama de efectos en la vida cotidiana de las personas:

- Limitaciones en la movilidad: la falta de percepción visual puede hacer que las personas sean cautelosas al moverse y, en algunos casos, pueden requerir ayuda de bastones o perros guía para navegar de manera segura.
- Desafíos en la educación: los estudiantes con discapacidad visual pueden necesitar adaptaciones educativas especiales, como material en braille o dispositivos de lectura de pantalla, para acceder a la educación de manera efectiva.
- Dificultades en el empleo: en el ámbito laboral, las personas invidentes pueden enfrentar obstáculos para acceder a empleos y adaptarse a entornos de trabajo no accesibles.
- Impacto emocional y social: la discapacidad visual puede afectar la autoestima y la salud mental de las personas, así como su capacidad para socializar y participar en actividades comunes.

Figura 6*Consecuencias Emocionales y Sociales*

Nota. Adaptado de PSICOGLOBAL, ¿Cómo afecta perder los sentidos a la salud emocional?, de Sara Montejano Martín. (2019). Consecuencias emocionales y sociales [Fotografía]. Fuente <https://www.psicoglobal.com/blog/perdida-sentidos-salud-emocional>

Estrategias tradicionales para superar desafíos:

- **Entrenamiento en movilidad:** las personas con discapacidad visual pueden recibir entrenamiento en movilidad para aprender a desplazarse de manera segura utilizando bastones, técnicas de orientación y, en algunos casos, perros guía.
- **Educación especializada:** la educación especializada, como el aprendizaje del braille y el uso de tecnología de asistencia, puede ayudar a las personas invidentes a acceder a la información y la educación de manera efectiva.
- **Apoyo psicológico:** el apoyo psicológico y la terapia pueden ayudar a las personas a enfrentar los desafíos emocionales y sociales asociados con la discapacidad visual.

- **Accesibilidad universal:** la promoción de la accesibilidad en entornos públicos y privados, así como en la tecnología, es fundamental para mejorar la calidad de vida de las personas invidentes y garantizar su plena participación en la sociedad.
- **Acceso a servicios de salud:** las personas con ceguera legal pueden tener derecho a recibir servicios de salud especializados, incluyendo evaluaciones oculares regulares y tratamientos para mantener o mejorar su visión.
- **Educación especializada:** los estudiantes que cumplen con la definición de ceguera legal pueden acceder a programas de educación especializada que incluyen la enseñanza de braille, dispositivos de lectura de pantalla y otros recursos adaptativos para facilitar su aprendizaje.
- **Apoyo en el empleo:** en el ámbito laboral, las personas con ceguera legal pueden solicitar adaptaciones razonables, como tecnología de asistencia y modificaciones en el entorno de trabajo, para facilitar su participación en el empleo.
- **Beneficios sociales y económicos:** la definición de ceguera legal también puede determinar el acceso a beneficios sociales y económicos, como pensiones o subsidios destinados a personas invidentes.

Las personas afectadas pueden beneficiarse de las siguientes estrategias:

Formación en movilidad y orientación: las personas con ceguera legal pueden recibir entrenamiento en movilidad y orientación para aprender a desplazarse de manera segura en su entorno, utilizando bastones o perros guía.

Educación especializada: la educación en braille y el uso de tecnología de asistencia, como lectores de pantalla y sistemas de lectura de documentos, son esenciales para acceder a la información y la educación de manera efectiva.

Participación en organizaciones de apoyo: unirse a organizaciones de apoyo de personas con discapacidad visual en Colombia puede proporcionar un espacio para compartir experiencias, obtener información valiosa y acceder a recursos adicionales.

Promoción de la accesibilidad: fomentar la accesibilidad en espacios públicos, transporte, tecnología y servicios es fundamental para garantizar la inclusión y la igualdad de oportunidades para las personas con ceguera legal en Colombia.

Figura 7

Diagrama de Flujo de Personas Ciegas Isométrica con Imágenes Aisladas de Caracteres Humanos Durante la Serie de Tratamientos y la Ilustración de Vector de Adaptación



Nota. Adaptado de 123RF, Diagrama de flujo de personas ciegas isométrica con imágenes aisladas de caracteres humanos durante la serie de tratamientos y la ilustración de vector de adaptación, de macrovector. (2024). Diagrama de flujo de personas ciegas isométrica con imágenes aisladas de caracteres humanos durante la serie de tratamientos y la ilustración de vector de adaptación [Fotografía]. Fuente https://es.123rf.com/photo_88167334_diagrama-de-

[flujo-de-personas-ciegas-isom%C3%A9trica-con-im%C3%A1genes-aisladas-de-caracteres-humanos-durante.html](#)

Por otro lado, los sensores ultrasónicos son dispositivos que emplean ondas sonoras de alta frecuencia conocidas como ultrasonidos, para medir distancias y detectar objetos en su entorno. En el contexto del análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad visual, los sensores ultrasónicos desempeñan un papel crucial al proporcionar retroalimentación en tiempo real sobre obstáculos y peligros en el entorno circundante.

Figura 8

Sensor Ultrasónico HC-SR04



Nota. Adaptado de solectro, ¿Cómo funciona el sensor de ultrasonidos medidor de distancia?

(2021). Sensor ultrasónico HC-SR04 [Fotografía]. Fuente

<https://solectroshop.com/es/blog/como-funciona-el-sensor-de-ultrasonidos-medidor-de-distancia-n99>

El funcionamiento de un sensor ultrasónico se divide en los siguientes pasos:

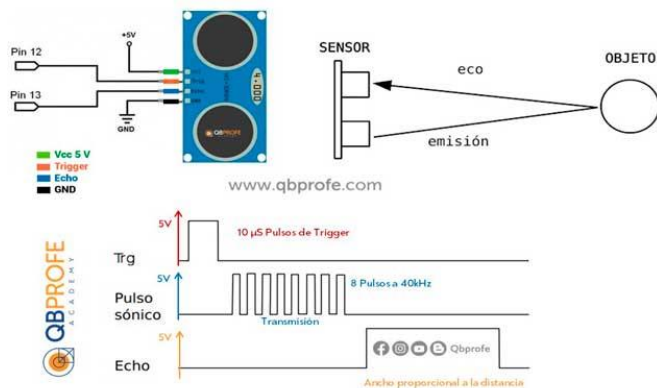
- Generación del pulso: el sensor ultrasónico emite un pulso de ultrasonido a través de un transductor ultrasónico, que convierte una señal eléctrica en una onda ultrasónica.

- Viaje de la onda ultrasónica: la onda ultrasónica se propaga a través del aire o el medio en el que se encuentra a una velocidad constante, que es aproximadamente de 343 metros por segundo a 20 grados celsius.
- Reflejo en un objeto: cuando la onda ultrasónica encuentra un objeto en su camino, parte de la energía ultrasónica es reflejada de vuelta hacia el sensor debido a la diferencia en las densidades acústicas entre el aire o el medio y el objeto.
- Detección del eco: el sensor detecta el eco del pulso reflejado y mide el tiempo que transcurre desde la emisión del pulso hasta la recepción del eco.
- Cálculo de la distancia: utilizando la velocidad conocida del sonido en el medio (generalmente el aire) y el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción del eco, el sensor calcula la distancia al objeto.

Los sensores ultrasónicos se utilizan para medir distancias y detectar objetos en una amplia gama de aplicaciones gracias a su precisión y confiabilidad. Pueden medir distancias en un rango que va desde unos pocos centímetros hasta varios metros, dependiendo del diseño del sensor y la potencia de la señal ultrasónica.

Figura 9

Funcionamiento del Sensor Ultrasónico HC-SR04



Nota. Adaptado de QBPROFE ACADEMY, Tutorial de Arduino con Sensor ultrasónico HC-SR04. (2021). ¿Cómo funciona el sensor HC-SR04? [Fotografía]. Fuente

<https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/tutorial-de-arduino-con-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>

Los sensores ultrasónicos se utilizan en una variedad de dispositivos de asistencia diseñados para mejorar la movilidad y la autonomía de las personas invidentes. Estos dispositivos pueden incluir bastones guía electrónicos, sistemas de detección de obstáculos y dispositivos portátiles de asistencia visual, entre otros. Al proporcionar retroalimentación en tiempo real sobre la presencia y la ubicación de obstáculos en el entorno circundante, los sensores ultrasónicos pueden ayudar a las personas con discapacidad visual a desplazarse de manera más segura y eficiente, aumentando su independencia y confianza en sí mismas.

Robótica: los sensores ultrasónicos son esenciales en la navegación de robots móviles. Permiten a los robots detectar obstáculos y evitar colisiones mientras se mueven en entornos desconocidos o dinámicos. Por ejemplo, los robots de limpieza autónomos utilizan sensores

ultrasónicos para evitar obstáculos en el hogar y completar sus tareas de limpieza de manera eficiente.

Automatización industrial: en entornos industriales, los sensores ultrasónicos se emplean para medir distancias precisas, detectar objetos en líneas de montaje y realizar inspecciones de calidad. Por ejemplo, pueden utilizarse para medir la distancia entre objetos en una línea de ensamblaje o para detectar la presencia de objetos en una cinta transportadora.

Detección de obstáculos en vehículos: los sensores ultrasónicos se utilizan en automóviles y vehículos autónomos para detectar obstáculos cercanos al vehículo. Estos sensores ayudan en la asistencia al estacionamiento y la prevención de colisiones al proporcionar información en tiempo real sobre la distancia a obstáculos como otros vehículos, paredes o peatones.

Detección de nivel de líquidos: en aplicaciones industriales y domésticas, los sensores ultrasónicos miden el nivel de líquidos en tanques. Esto es útil en la gestión de recursos como el agua y el petróleo, así como en la operación de sistemas de riego y almacenamiento de líquidos.

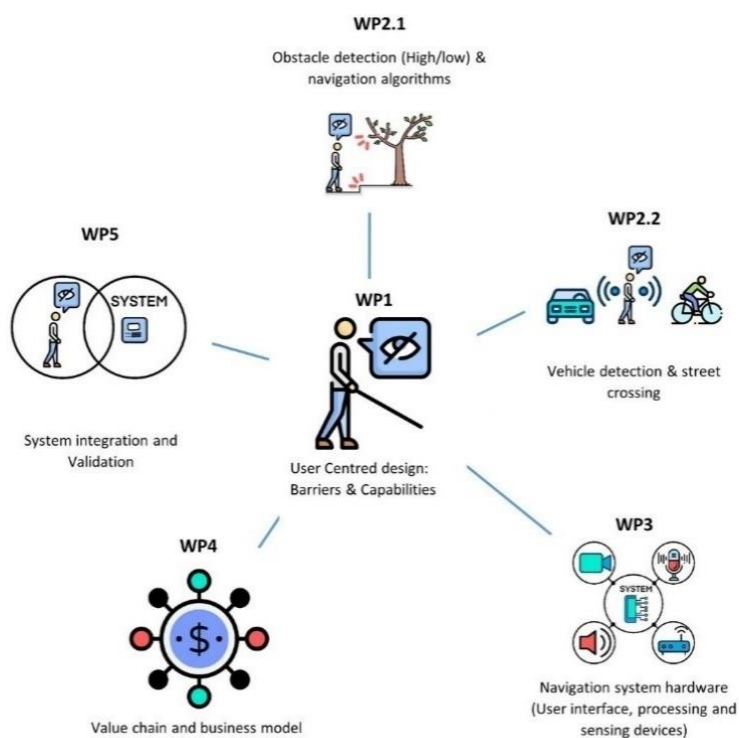
A pesar de sus ventajas, los sensores ultrasónicos también enfrentan una serie de desafíos y consideraciones en su implementación en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Estos desafíos pueden incluir la precisión de la detección, la interferencia de otras fuentes de sonido, la variabilidad en las condiciones ambientales y la limitación en el rango de detección. Además, es importante tener en cuenta las preferencias individuales del usuario y adaptar la configuración del sensor según sus necesidades y habilidades.

A medida que avanza la tecnología, se están desarrollando nuevos enfoques y técnicas para mejorar la eficiencia y la precisión de los sensores ultrasónicos. Esto puede incluir el uso de algoritmos avanzados de procesamiento de señales, la integración de múltiples sensores para

mejorar la cobertura y la detección, y la incorporación de tecnologías complementarias, como la visión artificial y el aprendizaje automático. Estos avances tienen el potencial de mejorar significativamente la efectividad y utilidad de los sensores ultrasónicos en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, aumentando su independencia y calidad de vida.

Figura 10

Dispositivos para Personas con Discapacidad Visual



Nota. Adaptado de Universidad Autónoma de Occidente, Dispositivos para personas con discapacidad visual. (2021). Dispositivos para personas con discapacidad visual

[Fotografía]. Fuente <https://www.uao.edu.co/ingenieria/dispositivo-para-personas-con-discapacidad-visual/>

Potencial para mejorar la movilidad de personas invidentes:

En el contexto de la movilidad de personas invidentes, los sensores ultrasónicos en el diseño del bastón guía es un proceso fundamental que requiere consideraciones específicas y representan una tecnología crucial que puede marcar una gran diferencia en la independencia y seguridad de estas personas.

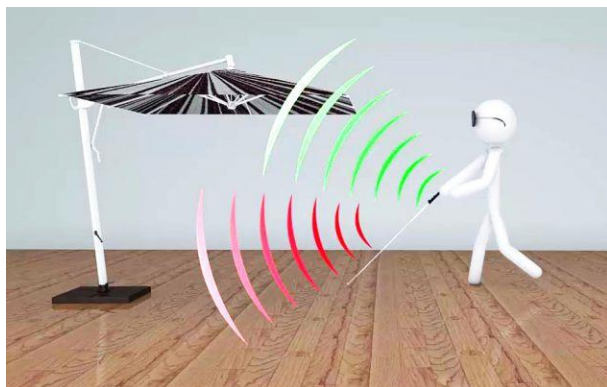
Uno de los aspectos clave en la integración de sensores ultrasónicos es el diseño y la distribución de estos en el bastón guía. Es importante colocar los sensores de manera estratégica a lo largo del bastón para proporcionar una cobertura adecuada del entorno circundante. Esto puede implicar la incorporación de sensores en la parte superior, media y/o inferior del bastón, así como en otras ubicaciones que maximicen la detección de obstáculos en diferentes alturas y distancias.

Los sensores ultrasónicos pueden mejorar la movilidad y la seguridad de personas invidentes a través de bastones electrónicos equipados con esta tecnología:

Detección de obstáculos variados: los sensores ultrasónicos tienen la capacidad de detectar una amplia variedad de obstáculos, independientemente de su altura. Esto incluye obstáculos bajos que podrían pasar desapercibidos para otros dispositivos, como bordillos, escalones bajos, ramas caídas o incluso objetos pequeños en el suelo. Esta capacidad permite a las personas invidentes moverse de manera más segura y sin preocuparse por tropiezos o caídas inesperadas.

Figura 11

Detección de Obstáculos



Nota. Adaptado de SER 1∞, Los invidentes podrán detectar obstáculos en altura con un bastón.

(2024). Detección de obstáculos [Fotografía]. Fuente

https://cadenaser.com/emisora/2018/07/09/radio_alicante/1531147155_452878.html

Navegación en espacios interiores: los sensores ultrasónicos también son efectivos en entornos interiores, donde pueden detectar muebles, paredes y otros obstáculos que podrían dificultar la movilidad de las personas invidentes en lugares como hogares, colegios, universidades, oficinas o centros comerciales. Esto les brinda mayor independencia y confianza para explorar espacios interiores de manera autónoma.

Figura 12

Hombre Ciego en Casa Perjudicado



Nota. Adaptado de dreamstime, hombre ciego en casa perjudicado. (2024). Hombre ciego en casa perjudicado [Fotografía]. Fuente

https://cadenaser.com/emisora/2018/07/09/radio_alicante/1531147155_452878.html

Retroalimentación háptica o auditiva: los sensores ultrasónicos pueden integrarse con sistemas de retroalimentación háptica o auditiva en los bastones electrónicos. Cuando un obstáculo se detecta en tiempo real, el usuario recibe una señal táctil o auditiva que indica la proximidad del obstáculo y su dirección. Por ejemplo, una leve vibración en el mango del bastón o una señal sonora pueden alertar al usuario sobre un obstáculo frente a ellos.

Figura 13

Dispositivos Hápticos y Auditiva



Nota. Adaptado de INFOTECNOVISION, INFORME ASSISTRONIC, de Ricardo Abad.

(2024). Dispositivos hápticos y auditiva [Fotografía]. Fuente

<https://www.infotecnovision.com/presentamos-el-informe-de-preferencias-y-tendencias-en-dispositivos-tecnologicos-de-orientacion-y-guiado-para-personas-con-discapacidad-visual-informe-assistronic/>

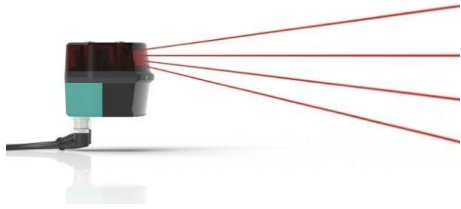
Asistencia en la toma de decisiones: además de simplemente detectar obstáculos, los sistemas de sensores ultrasónicos pueden proporcionar información adicional, como la distancia estimada al objeto y su tamaño relativo. Esto ayuda a las personas con discapacidad visual a tomar decisiones informadas sobre cómo evitar el obstáculo, como moverse hacia la izquierda o la derecha, agacharse o detenerse.

Sensores de lidar (light detection and ranging): los sensores lidar utilizan pulsos láser para medir distancias y crear mapas detallados del entorno. Estos sensores son extremadamente precisos y pueden proporcionar información tridimensional sobre obstáculos y el terreno

circundante. Se utilizan en vehículos autónomos y drones, pero también se pueden adaptar para aplicaciones de movilidad de personas invidentes combinando sensores ultrasónicos.

Figura 14

Sensor Lidar



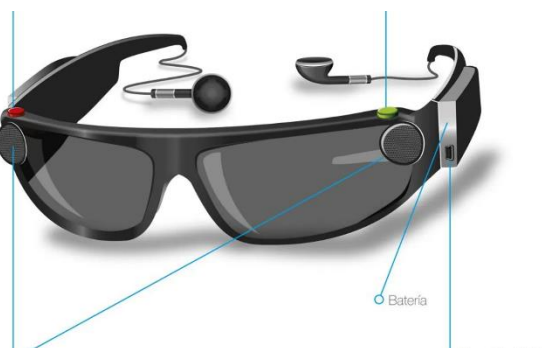
Nota. Adaptado de PEPPERL+FUCHS, Funciona con la tecnología Pulse Ranging Technology.

Sensor lidar [Fotografía]. Fuente https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/R2300_photoelectric_sensors.htm

Cámaras y visión por computadora: las cámaras equipadas con software de visión por computadora pueden detectar obstáculos y reconocer objetos, señales y personas. La información visual se puede convertir en retroalimentación auditiva o táctil para el usuario. Estos sistemas son efectivos tanto en interiores como en exteriores y se utilizan en gafas inteligentes con cámaras y dispositivos interconectadas al bastón para un análisis exhaustivo del entorno.

Figura 15

Gafas Inteligentes



Nota. Adaptado de LA RAZÓN, Las gafas para ciegos que acabarán con el bastón y el perro guía, de LA RAZÓN. (2013). Gafas inteligentes [Fotografía]. Fuente

<https://www.larazon.es/sociedad/ciencia/las-gafas-para-ciegos-que-acabaran-con-el-baston-y-el-perro-guia-XF4412653/>

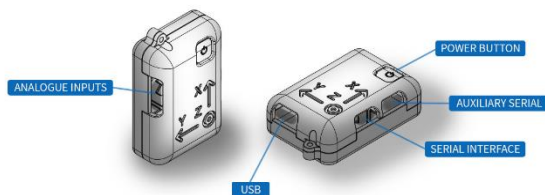
GPS y navegación por satélite: los sistemas de navegación por satélite, como el gps, se utilizan para proporcionar orientación y ubicación precisas. Los dispositivos gps pueden integrarse con sistemas de voz o braille para ofrecer indicaciones de navegación y alertas sobre puntos de interés cercanos.

Figura 16*GPS y Navegación por Satélite*

Nota. Adaptado de UABDivulga, Crean el primer "GPS" para invidentes, UABDivulga. (2012).

GPS y navegación por satélite [Fotografía]. Fuente <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/crean-el-primer-gps-para-invidentes-1345680342040.html?noticiaid=1345685379333>

Sensores inerciales: los sensores inerciales, como acelerómetros y giroscopios, pueden ayudar a detectar cambios en la dirección y la velocidad de movimiento. Estos sensores son comunes en dispositivos de movilidad como smartphones y se pueden utilizar en combinación con otros sensores para proporcionar información detallada sobre el movimiento mediante una app que conecte el teléfono con el bastón electrónico.

Figura 17*Sensor Inercial*

Nota. Adaptado de STTSYSTEMS, ¿Qué es y para qué se utiliza la unidad de medición inercial IMU? Sensor inercial [Fotografía]. Fuente <https://www.stt-systems.com/es/blog/que-es-y-para-que-se-utiliza-la-unidad-de-medicion-inercial-imu/>

Tecnología de redes sociales y colaboración: las aplicaciones y plataformas de redes sociales pueden permitir a las personas invidentes obtener información en tiempo real sobre su entorno a través de la colaboración con otras personas que pueden proporcionar descripciones y orientación a distancia.

Figura 18

Tecnología de Redes Sociales



Nota. Adaptado de DIGITALTROUPE, Las Redes Sociales también son para las personas con discapacidad visual. Tecnología de redes sociales [Fotografía]. Fuente

<https://www.digitaltroupe.com/las-redes-sociales-tambien-son-para-las-personas-con-discapacidad-visual/>

Una vez que los sensores ultrasónicos se han incorporado al bastón guía, es fundamental llevar a cabo la calibración y ajustes correspondientes para garantizar su precisión y confiabilidad en distintas situaciones ambientales. Esto implica ajustar parámetros como sensibilidad, alcance de detección y frecuencia de muestreo para adaptarse a las preferencias y necesidades del usuario. La calibración y ajustes de los sensores ultrasónicos son procesos críticos que pueden demandar tiempo y esfuerzo para optimizar el desempeño del dispositivo. Es esencial realizar pruebas exhaustivas para determinar la configuración más adecuada de los

sensores en diversos entornos y circunstancias. Asimismo, resulta crucial llevar a cabo pruebas de campo para evaluar el funcionamiento del sistema en condiciones reales y hacer ajustes según sea necesario.

La usabilidad es fundamental al incorporar sensores ultrasónicos en el diseño del bastón electrónico. Es crucial ofrecer al usuario información clara sobre la presencia y ubicación de obstáculos. Esto implica señales auditivas, táctiles o visuales que señalen la proximidad y dirección de los obstáculos detectados. Asimismo, es esencial considerar las preferencias individuales del usuario y permitir la personalización de la interfaz para ajustarse a sus necesidades y capacidades.

La combinación de detección de obstáculos precisa y retroalimentación inmediata brinda a las personas invidentes una mayor confianza en su capacidad para navegar en entornos desconocidos y variados. Les permite moverse de manera más independiente, explorar nuevos lugares y realizar actividades diarias con menos obstáculos y preocupaciones. Esto no solo mejora su calidad de vida, sino que también fomenta su participación en la sociedad y su sensación de autonomía.

Una vez que se haya completado el diseño e implementación del bastón electrónico con sensores ultrasónicos, es crucial llevar a cabo pruebas y evaluaciones de usabilidad con usuarios reales con el fin de asegurar su eficacia y practicidad en situaciones del día a día. Estas pruebas pueden incluir evaluaciones en entornos urbanos y rurales para analizar el desempeño del sistema bajo diversas condiciones ambientales y niveles de iluminación. Asimismo, resulta fundamental obtener retroalimentación y sugerencias por parte de los usuarios para detectar áreas de mejora y realizar ajustes en el diseño del dispositivo según sea necesario. La incorporación de sensores ultrasónicos en el diseño de un bastón guía para personas con discapacidad visual

plantea diversos desafíos y oportunidades que requieren una atención minuciosa y exhaustiva para garantizar la efectividad y utilidad del aparato.

Uno de los desafíos primordiales al implementar sensores ultrasónicos radica en asegurar su precisión y confiabilidad al detectar obstáculos, lo cual puede ser influenciado por factores como la interferencia de sonidos externos, variaciones en las condiciones del entorno y las diferencias en la forma, tamaño y composición de los objetos identificados.

Otra tarea crucial consiste en garantizar la armonía y la efectiva incorporación de los sensores ultrasónicos con otros elementos del bastón electrónico, como la interfaz de usuario, los controles y los sistemas de retroalimentación, lo cual podría exigir la colaboración entre distintos equipos de diseño y desarrollo.

La inclusión de sensores ultrasónicos en el diseño del bastón guía brinda posibilidades para la innovación tecnológica y la creación de soluciones más sofisticadas y efectivas. Esto implica la utilización de algoritmos de procesamiento de señales avanzados, la incorporación de tecnologías complementarias como la inteligencia artificial y la realidad aumentada, y la investigación de nuevas estrategias y métodos de detección de obstáculos.

Figura 19

Bastón Inteligente con IA, Sistema Llamado Shelfhelp



Nota. Adaptado de IEEE Xplore, A Novel Perceptive Robotic Cane with Haptic Navigation for Enabling Vision-Independent Participation in the Social Dynamics of Seat Choice, de Shivendra Agrawal, Mary Etta West, and Bradley Hayes. (2022). Bastón inteligente con IA, sistema llamado ShelfHelp [Fotografía]. Fuente <https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9981219>

Al abordar los desafíos relacionados con la incorporación de sensores ultrasónicos, podemos incrementar la movilidad y autonomía de las personas con discapacidad visual, permitiéndoles desplazarse de forma más segura y efectiva en su entorno. Este avance podría tener un impacto relevante en su calidad de vida y bienestar emocional al brindarles mayor independencia y confianza en sí mismas.

La inclusión de sensores ultrasónicos en la concepción del bastón guía también brinda la posibilidad de fomentar la accesibilidad universal y la integración social de individuos con

discapacidad visual. Al crear dispositivos que sean eficaces y accesibles para diversos usuarios, podemos disminuir los obstáculos físicos y sociales que las personas con discapacidad visual encuentran en su rutina diaria.

La integración de tecnologías de apoyo para individuos con discapacidades visuales, como los bastones guía con sensores ultrasónicos, requiere no solo aspectos técnicos y de diseño, sino también consideraciones éticas y sociales que deben ser abordadas de manera integral para garantizar el respeto por los derechos y la dignidad de los usuarios. En esta sección, examinaremos diversos temas relacionados con la ética y la sociedad en el ámbito de estas tecnologías, abarcando la autonomía y dignidad, la privacidad y confidencialidad, la equidad y accesibilidad, así como el impacto social y cultural.

Uno de los principios éticos esenciales que debe orientar la creación y puesta en marcha de tecnologías auxiliares es el respeto por la autonomía y la dignidad de las personas con discapacidad visual. Es vital desarrollar dispositivos que potencien a los usuarios y les permitan tomar decisiones bien fundamentadas acerca de su propio cuidado y bienestar. Esto implica reconocer la capacidad de los individuos para manejar su entorno y proporcionarles las herramientas necesarias para hacerlo de manera eficaz. Asimismo, resulta crucial tener en cuenta las preferencias y necesidades individuales de los usuarios al diseñar y personalizar las tecnologías auxiliares, permitiéndoles adaptar los dispositivos conforme a sus propias habilidades y circunstancias.

La recolección y procesamiento de datos personales mediante tecnologías de asistencia plantean importantes cuestiones éticas y legales en relación con la privacidad y confidencialidad de la información del usuario. Los sensores ultrasónicos pueden capturar información del entorno, como la ubicación y la presencia de objetos y personas. Es esencial asegurar que estos

datos sean manejados de forma ética y segura, protegiendo la privacidad y confidencialidad de los usuarios. Esto implica implementar medidas de seguridad y encriptación para resguardar los datos obtenidos, así como obtener el consentimiento informado de los usuarios antes de recopilar o utilizar sus datos personales.

La introducción de tecnologías de asistencia puede tener un impacto significativo tanto en la sociedad en su conjunto como en la vida de las personas con discapacidad visual. Es crucial considerar cómo estas tecnologías pueden afectar las relaciones entre individuos, la integración en la comunidad y la percepción social de la discapacidad. Esto requiere concienciar y educar a la sociedad acerca de las habilidades y necesidades de las personas con discapacidad visual, fomentando actitudes inclusivas y respetuosas hacia la diversidad funcional. Asimismo, es fundamental promover la participación de las personas con discapacidad visual en el desarrollo y la implementación de tecnologías de asistencia, asegurando que sus opiniones y vivencias sean consideradas en todas las etapas del proceso.

La implementación de tecnologías de apoyo para individuos con discapacidad visual en Colombia requiere abordar consideraciones legales y regulatorias específicas para asegurar su uso ético, efectivo y seguro. En este sentido, se explorarán diversas áreas relacionadas con la legislación y regulación de estas tecnologías en el contexto colombiano, que incluyen normativas de seguridad y calidad, estándares de accesibilidad, protección de datos y responsabilidad legal.

Los fabricantes de tecnologías de asistencia en Colombia tienen obligaciones legales con respecto a la seguridad y eficacia de sus productos, así como a la atención al cliente y al soporte técnico. Estas responsabilidades abarcan desde defectos en la fabricación o diseño hasta el cumplimiento de garantías y promesas al consumidor, así como la provisión de información clara sobre el funcionamiento y uso de los dispositivos. Es esencial que los fabricantes establezcan

políticas y procedimientos claros para abordar problemas o reclamaciones, respondiendo de manera oportuna y adecuada a las necesidades y preocupaciones de los usuarios en Colombia.

La introducción de tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual en Colombia tiene un impacto significativo en la economía del país, incluyendo aspectos como costos, beneficios, acceso, asequibilidad, generación de empleo y desarrollo económico. Se analizarán detalladamente estas áreas para comprender mejor cómo estas tecnologías afectan la economía y cómo se pueden utilizar para fomentar el crecimiento y la inclusión económica en Colombia.

Evaluar los costos y beneficios de las tecnologías de asistencia es clave para analizar su impacto económico en Colombia. A pesar de una inversión inicial considerable, los beneficios a largo plazo pueden ser aún mayores, ya que contribuyen a mejorar la calidad de vida y autonomía de las personas con discapacidad visual, reduciendo los costos relacionados con la atención médica y la rehabilitación. Además, estas tecnologías pueden aumentar la productividad y la participación en el mercado laboral, lo que a su vez impulsa el crecimiento económico y el desarrollo social.

La accesibilidad y disponibilidad de tecnologías de asistencia son elementos clave para asegurar que en Colombia todas las personas que las requieran puedan hacer uso de ellas. A pesar de que algunas de estas tecnologías pueden resultar costosas, es esencial trabajar en la reducción de barreras económicas para que estén al alcance de todos los ciudadanos, sin importar su situación financiera. Esto podría implicar la implementación de políticas de subsidios o financiamiento, además de fomentar la competencia en el mercado para disminuir los precios y mejorar la calidad de las tecnologías de asistencia.

La adopción de tecnologías de asistencia también puede tener un impacto positivo en la creación de empleo en Colombia, particularmente en sectores relacionados como la investigación y desarrollo, la manufactura, la distribución y la prestación de servicios de soporte y mantenimiento. Esto podría contribuir a reducir la tasa de desempleo y generar oportunidades laborales para personas con discapacidad visual y otros grupos marginados. Asimismo, el fortalecimiento de capacidades y habilidades en estos sectores puede impulsar el crecimiento económico a largo plazo y mejorar la competitividad global de la economía colombiana.

El impacto económico de las tecnologías de asistencia trasciende los beneficios individuales y puede tener un efecto más amplio en el desarrollo económico a nivel nacional y local en Colombia. Al favorecer la participación e inclusión de individuos con discapacidad visual en la sociedad y en la economía, estas tecnologías pueden contribuir a la disminución de la pobreza, fomentar la igualdad de oportunidades y fortalecer la cohesión social. Además, el desarrollo de capacidades y habilidades en el campo de las tecnologías de asistencia puede impulsar la innovación y la competitividad en otros sectores económicos, colaborando así al crecimiento sostenible y al desarrollo a largo plazo del país.

Las tecnologías de apoyo para individuos con discapacidad visual no solo generan impacto económico y financiero, sino que también influyen en diversos aspectos sociales y culturales en Colombia. En esta sección, analizaremos en detalle cómo estas tecnologías impactan la percepción social de la discapacidad visual, fomentan la inclusión y la igualdad de oportunidades, y contribuyen al desarrollo de una sociedad más diversa y empática.

En Colombia, al igual que en otras sociedades, la discapacidad visual ha sido históricamente estigmatizada y malinterpretada. Las personas con discapacidad visual a menudo se enfrentan a discriminación y obstáculos en diferentes áreas de la vida, desde el acceso a la

educación y el empleo hasta la participación en la vida social y cultural. No obstante, las tecnologías de asistencia están empezando a modificar esta percepción social al suministrar herramientas y recursos que facilitan la integración en la rutina diaria. Al posibilitar que las personas con discapacidad visual sean más autónomas e independientes, estas tecnologías desafían los estereotipos y prejuicios arraigados, promoviendo una visión más inclusiva y respetuosa de la discapacidad visual en la sociedad colombiana.

La promoción de la inclusión y la igualdad de oportunidades para individuos con discapacidad visual es un pilar esencial en el desarrollo social de Colombia.

Las tecnologías de asistencia desempeñan un rol fundamental al brindar acceso a la información, educación y empleo, eliminando obstáculos y facilitando la participación plena en la sociedad. Estas tecnologías contribuyen a la creación de una sociedad más equitativa e inclusiva al capacitar a las personas con discapacidad visual, fomentando su autonomía y dignidad, fortaleciendo así la cohesión social y comunitaria en el país.

El impacto de estas tecnologías se extiende a nivel familiar y comunitario al promover la participación de las personas con discapacidad visual en diferentes ámbitos, fortaleciendo los lazos y mejorando la calidad de vida de toda la comunidad.

La combinación de estos dos enfoques explorará cómo la tecnología de sensores ultrasónicos, junto con otras tecnologías, abre una amplia gama de posibilidades para mejorar la movilidad y la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Estas soluciones innovadoras proporcionan información detallada y contextual sobre el medio ambiente, lo que permite una navegación más segura y autónoma. Personalizar estas tecnologías para satisfacer las necesidades individuales de los usuarios es esencial para lograr resultados óptimos y promover la inclusión de las personas con discapacidad visual en la sociedad. Las tecnologías de

asistencia también juegan un papel importante en el fomento de la diversidad y la empatía en la sociedad colombiana. Al sensibilizar a la población sobre las necesidades y capacidades de las personas con discapacidad visual, estas tecnologías promueven una mayor comprensión y aceptación de la diversidad humana. Al fomentar la colaboración y el apoyo mutuo entre personas con y sin discapacidad visual, estas tecnologías promueven el desarrollo de una sociedad más inclusiva, diversa y empática en Colombia.

Marco Conceptual

El marco conceptual establece un conjunto interconectado de conceptos clave que forman la base del análisis y diseño ergonómico de un bastón electrónico mejorado para personas invidentes, utilizando sensores ultrasónicos.

Discapacidad visual: se refiere a la pérdida total o parcial de la visión, que puede ser congénita o adquirida a lo largo de la vida. Las personas con discapacidad visual enfrentan desafíos significativos en su movilidad y autonomía.

Movilidad: en el contexto de personas invidentes, se refiere a la capacidad de moverse de manera independiente y segura en su entorno, incluyendo la navegación en interiores y exteriores, el cruce de calles y la exploración de lugares nuevos.

Sensores ultrasónicos: son dispositivos electrónicos que emiten y detectan ondas ultrasónicas, que son ondas sonoras de alta frecuencia. Estos sensores se utilizan para medir distancias y detectar objetos en el entorno.

Principio de funcionamiento: los sensores ultrasónicos emiten pulsos de ultrasonido y miden el tiempo que tarda en reflejarse en un objeto y regresar al sensor. Utilizando la velocidad del sonido en el medio, pueden calcular la distancia al objeto.

Navegación y detección de obstáculos: los sensores ultrasónicos se utilizan en una amplia gama de aplicaciones para detectar obstáculos y evitar colisiones, tanto en entornos móviles como fijos.

Robótica: en la robótica, los sensores ultrasónicos son esenciales para la detección de obstáculos y la navegación autónoma de robots móviles.

Asistencia en la conducción: en la industria automotriz, se utilizan sensores ultrasónicos para sistemas de estacionamiento asistido y detección de objetos cercanos.

Aplicaciones médicas: los sensores ultrasónicos se utilizan en aplicaciones médicas, como ecografías, para imágenes y diagnósticos.

Bastones guía con sensores ultrasónicos: los bastones guía equipados con sensores ultrasónicos pueden ayudar a las personas con discapacidad visual a detectar obstáculos y mejorar su movilidad.

Retroalimentación háptica y auditiva: los sensores ultrasónicos pueden integrarse con sistemas de retroalimentación háptica (vibraciones) o auditiva (sonidos) para informar a los usuarios sobre la proximidad de objetos u obstáculos.

Navegación y orientación: los sensores ultrasónicos pueden utilizarse en sistemas de navegación y orientación diseñados para personas invidentes, proporcionando información sobre el entorno y las rutas seguras.

Precisión y fiabilidad: los sensores ultrasónicos deben ser precisos y confiables para garantizar la seguridad de las personas invidentes.

Costo y accesibilidad: el costo de la tecnología de sensores ultrasónicos puede ser un factor limitante, por lo que es importante considerar la accesibilidad económica.

Personalización: la adaptación de los sistemas de sensores ultrasónicos a las necesidades individuales de las personas invidentes es esencial para maximizar su efectividad.

Integración tecnológica: la combinación de sensores ultrasónicos con otras tecnologías, como la visión por computadora y la realidad aumentada, tiene un gran potencial para mejorar aún más la movilidad.

Accesibilidad global: el desarrollo de soluciones asequibles y accesibles es fundamental para garantizar que todas las personas invidentes puedan beneficiarse de la tecnología de sensores ultrasónicos.

Sensores de lidar (light detection and ranging): estos sensores utilizan pulsos láser para medir distancias y crear mapas detallados del entorno. Su alta precisión y capacidad para proporcionar información tridimensional los hacen útiles en aplicaciones de movilidad personal.

Cámaras y visión por computadora: la combinación de cámaras y sistemas de visión por computadora permite la detección de obstáculos y la identificación de objetos y señales visuales. Estos sistemas pueden ofrecer retroalimentación auditiva o táctil a personas con discapacidad visual.

Gps y navegación por satélite: los sistemas de navegación por satélite, como el gps, proporcionan información geoespacial precisa sobre la ubicación y la dirección. Estos datos pueden integrarse con sistemas de asistencia para la navegación y la orientación.

Sensores inerciales: los sensores inerciales, como acelerómetros y giroscopios, pueden detectar cambios en la dirección y la velocidad de movimiento. Se utilizan en dispositivos como smartphones para proporcionar información sobre la orientación y el movimiento del usuario.

Colaboración en línea: las aplicaciones y plataformas de redes sociales pueden facilitar la colaboración en línea entre personas con discapacidad visual y voluntarios que pueden ofrecer descripciones y orientación a distancia.

Enfoques integrados: la combinación de diferentes tecnologías, como sensores ultrasónicos, lidar, cámaras y sistemas de navegación, puede ofrecer soluciones más completas y personalizadas para la movilidad de personas invidentes.

Adaptación a necesidades individuales: la personalización de estas tecnologías según las necesidades y preferencias individuales de los usuarios es esencial para garantizar que las soluciones sean efectivas y satisfagan las demandas específicas de la comunidad con discapacidad visual.

Precisión y rango de detección: los desafíos técnicos incluyen mejorar la precisión de los sensores ultrasónicos y ampliar su rango de detección para abordar situaciones de movilidad más complejas y variadas.

Filtrado de datos: la reducción del ruido y la mejora en la interpretación de los datos recopilados por los sensores ultrasónicos son áreas clave de investigación para garantizar mediciones confiables.

Entrenamiento de usuarios: la capacitación adecuada es esencial para que las personas invidentes puedan aprovechar al máximo la tecnología de sensores ultrasónicos y comprender cómo interpretar la información proporcionada.

Adaptación al uso cotidiano: comprender cómo las personas invidentes integran la tecnología en su vida diaria y cómo esta se adapta a sus necesidades específicas es crucial para el diseño efectivo de sistemas y dispositivos.

Empoderamiento y confianza: el uso exitoso de la tecnología de sensores ultrasónicos puede aumentar la confianza y la sensación de empoderamiento de las personas invidentes, lo que a su vez mejora su calidad de vida.

Participación en la sociedad: la tecnología puede facilitar la participación activa de las personas invidentes en la sociedad al permitirles acceder a lugares, servicios y oportunidades de manera más independiente.

Accesibilidad y derechos: la implementación efectiva de la tecnología de sensores ultrasónicos requiere políticas y regulaciones que promuevan la accesibilidad y protejan los derechos de las personas invidentes.

Ética en la tecnología: se deben considerar cuestiones éticas relacionadas con la privacidad, la seguridad y el uso responsable de la tecnología en el contexto de la discapacidad visual.

Cooperación entre disciplinas: el desarrollo y la implementación exitosa de tecnología de asistencia para personas invidentes a menudo requieren colaboración entre diversas disciplinas, incluyendo la ingeniería, la psicología, la rehabilitación y la sociología.

Investigación conjunta: la investigación interdisciplinaria puede generar soluciones más efectivas y centradas en el usuario al abordar no solo los aspectos técnicos, sino también los psicosociales y éticos de la tecnología de sensores ultrasónicos.

Este marco conceptual proporciona una visión integral del tema de la tecnología de sensores ultrasónicos y su aplicación en la mejora de la movilidad de personas invidentes. Puede servir como base sólida para desarrollar investigaciones, proyectos o programas destinados a hacer que la tecnología sea más inclusiva y beneficiosa para esta comunidad.

Marco Tecnológico

El marco tecnológico es una parte fundamental de cualquier investigación o proyecto que involucre el análisis y diseño de dispositivos innovadores. En el contexto de la presente monografía, centrada en el análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad visual la cual abarca las diversas tecnologías de software y hardware que se implementan para proporcionar funciones avanzadas de asistencia a personas invidentes, se analizara y diseñara ergonómicamente un bastón guía electrónico. utilizando sensores ultrasónicos.

El marco tecnológico proporciona una visión general de las tecnologías clave que sustentan el desarrollo de este dispositivo asistencial vital; La tecnología desempeña un papel cada vez más importante en la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, ofreciendo soluciones innovadoras que promueven la autonomía, la seguridad y la inclusión social.

El objetivo de la monografía es mejorar la movilidad y autonomía de este grupo al proporcionar información en tiempo real sobre obstáculos y peligros en su entorno. La investigación aborda aspectos técnicos como la selección y calibración de los sensores, así como los algoritmos necesarios para procesar y presentar la información capturada.

El propósito de esta introducción al marco tecnológico es proporcionar una visión holística de las tecnologías relevantes para el diseño del bastón guía, explorando sus

características, aplicaciones y tendencias actuales. Al comprender mejor el panorama tecnológico, los diseñadores y desarrolladores pueden tomar decisiones informadas y desarrollar soluciones innovadoras que aborden las necesidades específicas de las personas con discapacidad visual, mejorando así su calidad de vida y promoviendo la inclusión y la igualdad de oportunidades.

En las secciones siguientes de este marco tecnológico, se examinarán en detalle diversas tecnologías clave, incluyendo los sensores ultrasónicos, los microcontroladores y unidades de procesamiento, las interfaces de usuario y retroalimentación, la gestión de energía, la conectividad inalámbrica y las tendencias actuales y futuras en el campo de la asistencia a personas con discapacidad visual. Al analizar estas tecnologías desde una perspectiva integral, se espera proporcionar una base sólida para el diseño y desarrollo del bastón guía, promoviendo así la independencia, la seguridad y la inclusión de las personas con discapacidad visual en la sociedad. El bastón guía representa un elemento crucial para la movilidad y la orientación de las personas con discapacidad visual, y su diseño ergonómico y la integración de tecnologías avanzadas como los sensores ultrasónicos son fundamentales para maximizar su eficacia y utilidad.

Los sensores ultrasónicos son componentes esenciales en el diseño de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, como el bastón guía en estudio. Estos dispositivos utilizan ondas sonoras de alta frecuencia para detectar objetos en el entorno circundante y proporcionar información sobre su ubicación y distancia. En esta sección, exploraremos en detalle los fundamentos de los sensores ultrasónicos, sus características principales y sus diversas aplicaciones en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual.

Los sensores ultrasónicos funcionan según el principio del eco: emiten pulsos de sonido de alta frecuencia que rebotan en los objetos cercanos y regresan al sensor. Midiendo el tiempo que tarda en regresar el eco, el sensor puede determinar la distancia al objeto. Estos sensores suelen operar en el rango de ultrasonido, con frecuencias que van desde los 20 kHz hasta varios cientos de kHz, lo que les permite detectar objetos a distancias variables.

Los sensores ultrasónicos presentan varias características clave que los hacen adecuados para su uso en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Entre estas características se incluyen:

Rango de Detección: Los sensores ultrasónicos pueden detectar objetos a distancias que van desde unos pocos centímetros hasta varios metros, dependiendo de la potencia del sensor y las condiciones ambientales.

Precisión: Los sensores ultrasónicos suelen tener una alta precisión en la medición de la distancia, con errores mínimos en la estimación de la ubicación de los objetos.

Velocidad de Muestreo: Estos sensores pueden muestrear el entorno circundante a una velocidad rápida, lo que les permite proporcionar retroalimentación en tiempo real al usuario del dispositivo.

Compatibilidad con Diferentes Superficies: Los sensores ultrasónicos pueden detectar objetos en una variedad de superficies, incluyendo materiales sólidos, líquidos y semisólidos, lo que los hace adecuados para su uso en entornos diversos.

Los sensores ultrasónicos tienen diversas aplicaciones en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, incluido el bastón electrónico en estudio. Algunas de estas aplicaciones incluyen:

Detección de Obstáculos: Los sensores ultrasónicos pueden detectar obstáculos en el entorno circundante y proporcionar retroalimentación al usuario para evitar colisiones.

Percepción del Entorno: Estos sensores pueden ayudar a las personas con discapacidad visual a tener una mejor comprensión del entorno circundante, identificando la ubicación y distancia de los objetos cercanos.

Navegación y Orientación: Los sensores ultrasónicos pueden utilizarse para proporcionar indicaciones de dirección y orientación al usuario, facilitando la navegación en entornos desconocidos.

Los microcontroladores y las unidades de procesamiento desempeñan un papel crucial en el funcionamiento y control de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, como el bastón guía. Estos componentes son responsables de recibir datos de los sensores, procesar la información y generar respuestas adecuadas para proporcionar retroalimentación al usuario. En esta sección, exploraremos en detalle los microcontroladores y unidades de procesamiento utilizados en dispositivos de asistencia, sus características principales y su papel en el diseño y funcionamiento del bastón electrónico.

Los microcontroladores son dispositivos electrónicos integrados que contienen una unidad central de procesamiento (CPU), memoria, periféricos de entrada/salida y otros componentes para ejecutar programas de control. Estos circuitos complejos permiten al dispositivo realizar diversas funciones, como la conversión de señales analógicas a digitales, el almacenamiento de datos y la activación de terminales digitales. Los microcontroladores también son programables y pueden ejecutar instrucciones y operaciones aritméticas y lógicas. Estos dispositivos son responsables de controlar el funcionamiento del bastón guía, incluida la adquisición de datos de los sensores ultrasónicos, el procesamiento de la información y la

generación de respuestas adecuadas para el usuario. Algunas de las características principales de los microcontroladores incluyen:

Arquitectura: Los microcontroladores pueden tener diferentes arquitecturas, como RISC (Reduced Instruction Set Computing) o CISC (Complex Instruction Set Computing), que afectan su rendimiento y eficiencia energética.

Memoria: Los microcontroladores suelen tener memoria integrada, incluyendo memoria flash para almacenar programas y datos, y RAM para almacenamiento temporal y manipulación de datos.

Periféricos: Estos dispositivos pueden incluir una variedad de periféricos de entrada/salida, como puertos seriales, puertos USB, conversores analógico-digitales (ADC) y conversores digital-analógicos (DAC), que permiten la conexión y comunicación con otros dispositivos.

Además de los microcontroladores, las unidades de procesamiento más potentes, como los procesadores de señales digitales (DSP) o los procesadores de propósito general (GPU), pueden utilizarse para realizar tareas más complejas de procesamiento de señales y control en dispositivos de asistencia. Estas unidades de procesamiento pueden ejecutar algoritmos avanzados de procesamiento de señales y control, como filtros, algoritmos de detección de objetos y algoritmos de navegación, que mejoran la eficacia y funcionalidad del bastón guía. Algunas de las funciones específicas de las unidades de procesamiento incluyen:

Procesamiento de Señales: Las unidades de procesamiento pueden realizar procesamiento digital de señales para filtrar y analizar los datos de los sensores ultrasónicos, eliminando el ruido y extrayendo características relevantes para la detección de obstáculos.

Control de Movimiento: Estas unidades pueden generar comandos de control para el movimiento del bastón guía, ajustando su velocidad y dirección en función de la información del entorno proporcionada por los sensores ultrasónicos.

La integración y programación de microcontroladores y unidades de procesamiento en el diseño del bastón guía requiere un enfoque sistemático y cuidadoso. Los diseñadores deben seleccionar los microcontroladores y unidades de procesamiento adecuados para satisfacer los requisitos de rendimiento y funcionalidad del dispositivo, considerando factores como la potencia de procesamiento, el consumo de energía y el costo. Además, los desarrolladores deben programar los microcontroladores y unidades de procesamiento con algoritmos de control eficientes y robustos, que optimicen el rendimiento del bastón guía y mejoren la experiencia del usuario.

Las interfaces de usuario y la retroalimentación háptica son elementos esenciales en el diseño de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, como el bastón guía. Estos componentes facilitan la interacción entre el usuario y el dispositivo, proporcionando información sobre el entorno circundante y el estado del dispositivo de manera intuitiva y accesible. En esta sección, exploraremos en detalle las interfaces de usuario y la retroalimentación háptica utilizadas en dispositivos de asistencia, sus características principales y su importancia en el diseño ergonómico del bastón guía.

Las interfaces de usuario en dispositivos de asistencia deben ser accesibles y fáciles de usar para las personas con discapacidad visual. Esto puede incluir interfaces táctiles, interfaces de voz, botones táctiles y otros dispositivos de entrada que permitan al usuario interactuar con el dispositivo de manera eficiente. Algunas características importantes de las interfaces de usuario para personas con discapacidad visual incluyen:

Accesibilidad: Las interfaces deben ser accesibles para personas con diferentes niveles de discapacidad visual, utilizando técnicas como el contraste de colores, el tamaño de fuente ajustable y la retroiluminación para mejorar la legibilidad.

Facilidad de Uso: Las interfaces deben ser intuitivas y fáciles de usar, con una disposición lógica de los controles y funciones para facilitar la navegación y la interacción del usuario.

Adaptabilidad: Las interfaces deben ser adaptables a las necesidades individuales del usuario, permitiendo la personalización de las configuraciones y preferencias según sus preferencias y habilidades.

La retroalimentación háptica es una forma efectiva de proporcionar información al usuario sobre el estado del dispositivo y el entorno circundante. Esto puede incluir vibraciones, pulsaciones y otros estímulos táctiles que informan al usuario sobre la detección de obstáculos, cambios en la dirección o cualquier otra información relevante. Algunas características importantes de la retroalimentación háptica incluyen:

Sensibilidad: La retroalimentación háptica debe ser lo suficientemente sensible como para alertar al usuario sobre cambios en el entorno o el estado del dispositivo, pero no tan intrusiva como para causar molestias o distracciones.

Personalización: La retroalimentación háptica debe ser personalizable según las preferencias y necesidades del usuario, permitiendo ajustes en la intensidad, duración y tipo de retroalimentación proporcionada.

Precisión: La retroalimentación háptica debe ser precisa y confiable, proporcionando información clara y comprensible al usuario sobre el entorno circundante y el estado del dispositivo.

Las interfaces de usuario y la retroalimentación háptica desempeñan un papel crucial en el diseño ergonómico del bastón guía, mejorando la experiencia del usuario y promoviendo su autonomía y seguridad. Al proporcionar interfaces intuitivas y retroalimentación háptica efectiva, los diseñadores pueden facilitar la interacción entre el usuario y el dispositivo, permitiendo una navegación más fácil y segura en entornos desconocidos. Además, estas características pueden mejorar la confianza y la independencia del usuario, promoviendo así su inclusión y calidad de vida.

La gestión de energía es un aspecto crítico en el diseño de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, como el bastón guía. Estos dispositivos dependen de fuentes de energía para su funcionamiento y deben ser diseñados para maximizar la eficiencia energética y la autonomía de la batería. En esta sección, exploraremos en detalle las estrategias de gestión de energía utilizadas en dispositivos de asistencia, sus desafíos y soluciones, y su importancia en el diseño del bastón guía.

La gestión de energía en dispositivos de asistencia presenta varios desafíos únicos, especialmente en el caso del bastón guía, donde el tamaño y el peso del dispositivo son factores críticos. Algunos de los desafíos comunes en la gestión de energía incluyen:

Limitaciones de Espacio: El bastón guía debe ser lo suficientemente compacto y ligero para ser portátil y fácil de usar, lo que limita el tamaño y la capacidad de la batería.

Consumo de Energía: Los componentes electrónicos y los sensores del bastón guía pueden consumir cantidades significativas de energía, especialmente durante el funcionamiento continuo.

Duración de la Batería: La duración de la batería es crucial para la funcionalidad del bastón guía, ya que los usuarios dependen de él para su movilidad y seguridad.

Para abordar estos desafíos, se utilizan varias estrategias de gestión de energía en dispositivos de asistencia, incluido el bastón guía. Algunas de estas estrategias incluyen:

Optimización del Hardware: Se utilizan componentes de bajo consumo de energía y técnicas de diseño eficientes para minimizar el consumo de energía del dispositivo.

Modos de Ahorro de Energía: Se implementan modos de ahorro de energía que reducen el consumo de energía cuando el dispositivo no está en uso o en situaciones de baja actividad.

Gestión Dinámica de la Batería: Se utilizan algoritmos de gestión de la batería que monitorean y controlan el estado de carga de la batería, optimizando su rendimiento y durabilidad.

Recarga Eficiente: Se implementan sistemas de recarga eficientes que maximizan la capacidad de la batería y reducen el tiempo de recarga, proporcionando una mayor autonomía al usuario.

La gestión de energía juega un papel crucial en el diseño del bastón guía, ya que afecta directamente la autonomía y la funcionalidad del dispositivo. Un diseño eficiente de la gestión de energía puede prolongar la duración de la batería del bastón guía, proporcionando a los usuarios una mayor autonomía y confiabilidad en su uso diario. Además, una gestión de energía adecuada

puede reducir el peso y el tamaño del dispositivo, haciéndolo más cómodo y fácil de transportar para los usuarios.

La conectividad inalámbrica y la comunicación son aspectos fundamentales en el diseño de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, como el bastón guía. Estos dispositivos pueden aprovechar tecnologías inalámbricas para comunicarse con otros dispositivos, enviar alertas y recibir actualizaciones sobre el entorno circundante. En esta sección, exploraremos en detalle las tecnologías de conectividad inalámbrica utilizadas en dispositivos de asistencia, sus aplicaciones y su importancia en el diseño del bastón guía.

Existen varias tecnologías de conectividad inalámbrica que se utilizan en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Algunas de las más comunes incluyen:

El "Internet de las cosas" es un concepto que se refiere a la conexión digital de objetos cotidianos a internet. Los avances tecnológicos en las últimas décadas en las Tecnologías de la Información y la Comunicación han hecho que el acceso a internet sea cada vez más fácil y económico. Ahora tenemos acceso a dispositivos como teléfonos, electrodomésticos, automóviles, relojes, gafas, etc., y a tecnologías de conexión más amplias como las redes 3G, 4G y LTE.

Bluetooth: Bluetooth es una tecnología inalámbrica de corto alcance que se utiliza para la comunicación entre dispositivos cercanos, como el bastón guía y un teléfono inteligente o auriculares Bluetooth.

Wi-Fi: Wi-Fi proporciona conectividad a Internet de alta velocidad y se puede utilizar para acceder a servicios en la nube, como la navegación por GPS y la transmisión de datos en tiempo real.

NFC (Near Field Communication): NFC es una tecnología de corto alcance que se utiliza para la comunicación entre dispositivos cuando están en proximidad cercana, como el pago sin contacto o el emparejamiento de dispositivos.

Redes Celulares: Las redes celulares proporcionan conectividad a Internet en todo momento y en cualquier lugar, lo que permite la transmisión de datos y la comunicación con servicios remotos.

Las tecnologías de conectividad inalámbrica tienen una amplia gama de aplicaciones en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Algunas de estas aplicaciones incluyen:

Navegación Asistida: Los dispositivos de asistencia pueden utilizar la conectividad inalámbrica para acceder a servicios de navegación por GPS y proporcionar indicaciones de dirección al usuario.

Alertas y Notificaciones: Los dispositivos pueden enviar alertas y notificaciones al usuario a través de la conectividad inalámbrica, informándoles sobre obstáculos, cambios en el entorno o actualizaciones de software.

Comunicación con Otros Dispositivos: Los dispositivos pueden comunicarse entre sí a través de la conectividad inalámbrica, permitiendo la transferencia de datos y la coordinación de acciones entre dispositivos.

La conectividad inalámbrica es fundamental en el diseño del bastón guía, ya que amplía las capacidades del dispositivo y mejora la experiencia del usuario. Al proporcionar acceso a servicios en la nube, como la navegación por GPS y la transmisión de datos en tiempo real, la conectividad inalámbrica permite al usuario tener una mejor comprensión de su entorno y tomar

decisiones informadas mientras se desplaza. Además, la comunicación inalámbrica con otros dispositivos y servicios remotos aumenta la funcionalidad del bastón guía, proporcionando acceso a una amplia gama de servicios y recursos que mejoran la independencia y la seguridad del usuario.

La seguridad y privacidad son aspectos críticos en el diseño de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, como el bastón guía. Estos dispositivos manejan información sensible sobre la ubicación y las actividades de los usuarios, por lo que es fundamental garantizar la protección de estos datos y la seguridad del usuario. En esta sección, exploraremos en detalle las consideraciones de seguridad y privacidad en dispositivos de asistencia, las amenazas potenciales y las medidas de protección que se pueden implementar para mitigar los riesgos.

Los dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual enfrentan una serie de consideraciones de seguridad únicas, debido a la naturaleza de su uso y los datos sensibles que manejan. Algunas de las consideraciones de seguridad más importantes incluyen:

Protección de Datos Sensibles: Los dispositivos deben proteger los datos sensibles del usuario, como la ubicación y las actividades, contra el acceso no autorizado y el uso indebido.

Integridad de los Datos: Los dispositivos deben garantizar la integridad de los datos, evitando la alteración o manipulación no autorizada de la información almacenada o transmitida.

Seguridad del Dispositivo: Los dispositivos deben ser seguros contra ataques físicos y cibernéticos, como la manipulación de hardware, el robo de datos y el malware.

Existen varias amenazas potenciales y vulnerabilidades que pueden afectar la seguridad de los dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Algunas de estas amenazas incluyen:

Ataques de Ingeniería Social: Los usuarios pueden ser engañados para revelar información confidencial o realizar acciones no deseadas a través de técnicas de ingeniería social, como el phishing y la suplantación de identidad.

Vulnerabilidades del Software: Los dispositivos pueden contener vulnerabilidades de software que podrían ser explotadas por atacantes para acceder a datos sensibles o controlar el dispositivo de forma remota.

-Interferencia Electrónica: Los dispositivos pueden ser susceptibles a interferencias electrónicas que podrían afectar su funcionamiento y comprometer la seguridad del usuario.

Para mitigar los riesgos de seguridad y privacidad en dispositivos de asistencia, se pueden implementar varias medidas de protección, como:

Cifrado de Datos: Los datos sensibles deben ser cifrados para protegerlos contra el acceso no autorizado durante el almacenamiento y la transmisión.

Autenticación de Usuarios: Los dispositivos deben implementar mecanismos de autenticación robustos para verificar la identidad del usuario y prevenir el acceso no autorizado.

Actualizaciones de Seguridad: Los dispositivos deben recibir regularmente actualizaciones de seguridad para abordar nuevas vulnerabilidades y amenazas emergentes.

Auditorías de Seguridad: Los dispositivos deben someterse a auditorías periódicas de seguridad para identificar y remediar posibles vulnerabilidades y riesgos de seguridad.

La integración de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (AA) está transformando el campo de la tecnología de asistencia para personas con discapacidad visual. Estas tecnologías avanzadas ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la precisión, la

eficiencia y la accesibilidad de los dispositivos de asistencia, como el bastón guía. En esta sección, exploraremos en detalle cómo la IA y el AA se están utilizando en dispositivos de asistencia, sus aplicaciones prácticas y su impacto en el diseño del bastón guía.

La IA y el AA tienen una amplia gama de aplicaciones en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Algunas de estas aplicaciones incluyen:

Detección y Reconocimiento de Objetos: Los algoritmos de IA y AA pueden analizar imágenes y videos en tiempo real para detectar y reconocer objetos, como peatones, vehículos y obstáculos, y proporcionar información al usuario sobre su entorno circundante.

Navegación y Ruta Óptima: Los algoritmos de IA pueden analizar datos de sensores y mapas digitales para calcular rutas óptimas y proporcionar instrucciones de navegación detalladas al usuario, ayudándoles a moverse de manera eficiente y segura.

Interacción y Control por Voz: Los sistemas de reconocimiento de voz basados en IA permiten a los usuarios controlar el dispositivo de asistencia y acceder a funciones y servicios utilizando comandos de voz naturales, mejorando así la accesibilidad y la facilidad de uso.

Adaptación y Personalización: Los algoritmos de IA pueden aprender y adaptarse al comportamiento y las preferencias del usuario con el tiempo, personalizando la experiencia de uso del dispositivo para satisfacer sus necesidades individuales de manera más efectiva.

La integración de IA y AA tiene un impacto significativo en el diseño del bastón guía, mejorando su precisión, funcionalidad y usabilidad. Al aprovechar estas tecnologías avanzadas, los diseñadores pueden desarrollar soluciones más inteligentes y eficientes que mejoren la experiencia del usuario y promuevan su independencia y seguridad. Además, la IA y el AA pueden abrir nuevas posibilidades para la innovación en el diseño del bastón guía, permitiendo el

desarrollo de funciones y características avanzadas que no serían posibles con enfoques tradicionales.

A pesar de sus beneficios, la integración de IA y AA en dispositivos de asistencia también presenta desafíos y consideraciones importantes. Estos incluyen:

Requisitos de Hardware y Software: La implementación de algoritmos de IA y AA puede requerir hardware y software específicos que pueden aumentar los costos y la complejidad del dispositivo.

Privacidad y Seguridad de los Datos: La recopilación y el procesamiento de datos personales por parte de algoritmos de IA pueden plantear preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos del usuario.

Interpretación y Fiabilidad: La interpretación de los resultados generados por algoritmos de IA puede ser difícil y requiere validación y verificación cuidadosas para garantizar su precisión y confiabilidad.

Los avances en sensores y tecnologías de detección juegan un papel fundamental en la mejora de los dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Estas innovaciones permiten una detección más precisa y confiable de obstáculos y entornos, lo que a su vez mejora la seguridad y la autonomía de los usuarios. En esta sección, exploraremos las últimas innovaciones en sensores y tecnologías de detección y su aplicación en el diseño del bastón electrónico.

Arduino es una plataforma de código abierto que facilita la creación de prototipos utilizando hardware y software libre. Las placas de Arduino pueden recibir información y producir una respuesta, como encender un motor o un LED, e incluso enviar información en línea. Para lograr esto, se utiliza el lenguaje de programación Arduino y el software Arduino

IDE. A lo largo de los años, Arduino ha sido utilizado en una amplia variedad de proyectos, desde objetos cotidianos hasta instrumentos científicos complejos.

El Arduino Uno es una placa electrónica que contiene un microprocesador Atmega328 y circuitos de soporte, diseñada para la programación y creación de prototipos utilizando los microcontroladores Atmel. El software de Arduino se utiliza para programar la electrónica, utilizando diversos componentes electrónicos como sensores ultrasónicos o el módulo bluetooth para la comunicación con dispositivos móviles. El entorno de trabajo de Arduino es muy amigable, ya que su lenguaje de programación está basado en processing, lo que brinda ventajas al desarrollador en términos de agilidad en la ejecución de programas. Para poder ejecutar los programas en Arduino, es necesario utilizar una placa. En este proyecto, se utilizó la placa Arduino UNO. Existen diferentes tipos de placas Arduino en el mercado, pero todas cumplen la misma función, diferenciándose únicamente en su tamaño. La placa Arduino se considera un sistema embebido, debido a su capacidad para controlar dispositivos electrónicos en tiempo real.

En la tecnología para personas con discapacidad visual, los sensores de proximidad son ampliamente utilizados en actividades de orientación y movilidad. Existen diferentes tipos de sensores de proximidad, como los inductivos, capacitivos, ultrasónicos, ópticos y magnéticos. Estos dispositivos funcionan de manera similar a los órganos de ecolocalización utilizados por animales como los murciélagos y los delfines. Los sensores ultrasónicos constan de un transmisor que emite una señal ultrasónica y un receptor que recibe la señal después de que rebota en un objeto u obstáculo. Los ultrasonidos son ondas sonoras con una frecuencia superior a los 20.000 Hz, que no son perceptibles para el oído humano.

Los sensores de ultrasonido contienen transductores ultrasónicos, que son componentes capaces de convertir una forma de energía en otra. En el caso de los sensores ultrasónicos, el

transductor permite emitir un pulso ultrasónico. El sensor ultrasónico se utiliza para medir la distancia del objetivo midiendo el tiempo que tarda en rebotar la onda ultrasónica. Esto se logra mediante la detección del eco del pulso original una vez que rebota en una superficie. El tiempo que tarda la señal ultrasónica en viajar desde la emisión hasta el rebote y de regreso al sensor determina la distancia del objeto. En aplicaciones de movilidad, se requiere un sistema de sensor ultrasónico de alto rendimiento para detectar obstáculos y evitar peligros.

En el presente texto se presenta el sensor HC-SR04, el cual es un sensor de distancia ultrasónica económico con un rango de operación de 2cm a 400cm. Es ampliamente utilizado en diversos proyectos debido a su pequeño tamaño, bajo consumo de energía y alta precisión. Una característica destacada de este sensor es su "par de ojos", que consiste en un emisor y un receptor de ultrasonidos que trabajan a una frecuencia de 40KHz, inaudible para las personas. Este sensor cuenta con 4 pines: alimentación (Vcc), señal de entrada (Trig), señal de salida (Echo) y tierra (GND).

La conexión entre el sensor HC-S04 y Arduino se realiza utilizando dos pines digitales: el pin de disparo (trigger) y el pin eco (echo). Cada uno de estos pines tiene una función específica.

Algunas características que se debe tener en cuenta al momento de implementar un Sensor Ultrasónico HC-SR04 en Arduino son:

Alimentación de 5 volts

Interfaz sencilla: Solamente 4 hilos Vcc, Trigger, Echo, GND

Rango de medición: desde 2cm a 40 cm

Corriente de alimentación: 15 mA

Frecuencia del pulso: 40 khz

Apertura del pulso ultrasónico: 15 grados

Señal de disparo: 10 u

Dimensiones del módulo: 45 x 20 x 15 mm. [3]

Sensores de Visión Computarizada

Los sensores de visión computarizada utilizan cámaras y algoritmos de procesamiento de imágenes para detectar y reconocer objetos y obstáculos en el entorno circundante. Estos sensores son capaces de proporcionar información detallada sobre la forma, el tamaño y la posición de los objetos, lo que los hace ideales para su uso en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual.

Sensores LiDAR

Los sensores LiDAR utilizan pulsos láser para medir la distancia entre el dispositivo y los objetos en su entorno. Estos sensores son altamente precisos y pueden detectar objetos a largas distancias, lo que los hace especialmente útiles para la navegación en entornos exteriores y la detección de obstáculos a larga distancia.

Sensores Ultrasónicos Mejorados

Los sensores ultrasónicos han sido una herramienta común en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual debido a su bajo costo y su capacidad para detectar objetos cercanos. Sin embargo, los últimos avances en tecnología han mejorado la precisión y la sensibilidad de estos sensores, lo que los hace más efectivos en la detección de obstáculos y la percepción del entorno circundante.

Sensores de Radar

Los sensores de radar utilizan ondas de radio para detectar objetos y obstáculos en el entorno circundante. Estos sensores son capaces de operar en condiciones climáticas adversas y

pueden proporcionar información precisa sobre la posición y el movimiento de los objetos, lo que los hace adecuados para su uso en dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual.

En los bastones electrónicos, se utilizan estos sensores para detectar obstáculos y proporcionar alertas tempranas a las personas invidentes a través de medios de audio o vibración. Este módulo bluetooth está diseñado específicamente para funcionar con placas Arduino, permitiendo establecer conexiones inalámbricas para interactuar con software o aplicaciones móviles. Esto brinda flexibilidad en la interacción con el software, ya sea a través del Arduino software o del software Arduino, mejorando la dinámica de la interacción.

Un transistor es un dispositivo que regula la corriente o el voltaje y puede funcionar como un interruptor o una puerta para señales electrónicas. Está compuesto por tres capas de un material semiconductor, cada una de las cuales puede conducir corriente. El transistor fue inventado por científicos de los Laboratorios Bell en 1947, lo que les valió el premio Nobel en 1956 por esta innovadora invención. Rápidamente reemplazó al tubo de vacío como regulador de señales electrónicas.

Módulo de audio EMIC 2 es un sintetizador de voz desarrollado en colaboración entre Parallax y Grand Idea Studio que permite sintetizar voz en varios idiomas mediante la conversión de texto a voz.

Características:

- Sintetizador de alta calidad en Inglés y Español (Castellano)
- 9 voces predefinidas y configurables: hombre, mujer y niño
- Control dinámico permitiendo modificar: pitch, velocidad y énfasis
- Potente motor de procesamiento DECTalk (5.0.E1)

- Conector de tan solo 6 pines compatible con breadboard
- Alimentación: 5V (DC)
- Consumo: 30 mA en reposo, 46-220 mA activo
- Comunicación: Asíncrona 9600bps (8N1)
- Rango de temperatura: -20°C a 70°C (BricoGeek)

Se puede utilizar un buzzer o zumbador, que es un pequeño dispositivo capaz de convertir la energía eléctrica en sonido. Para hacerlo funcionar, simplemente se debe conectar el positivo y el negativo de una batería o fuente de corriente directa. En la Figura 19 se muestra una ilustración del buzzer.

El Módulo TP4056 Cargador De Batería Litio Lipo es un pequeño dispositivo ideal para cargar baterías LiPo o Li-ion de una sola celda de 3.7V 1 Ah o superior, como las 16550 o las 18650. Ahora incluye un circuito de protección para evitar daños en tus baterías. Este módulo se basa en los chips TP4056 y DW01 para proporcionar una corriente de carga de 1A, y se detendrá automáticamente cuando la carga esté completa, lo que ayuda a prolongar la vida útil de tu batería. Además, el chip de protección desconectará la carga si el voltaje de la batería cae por debajo de 2.4V, evitando que funcione con una tensión demasiado baja. También protege contra sobretensiones y conexiones de polaridad inversa que podrían dañar la batería.

El texto habla sobre un mini motor vibrador tipo moneda que es fácil de usar y solo necesita ser alimentado con voltaje de 2 a 5 V. El cable rojo del motor es el positivo y el cable negro es el negativo. Cuanto mayor sea el voltaje de alimentación, mayor será el consumo de corriente y la velocidad de vibración, similar a poner el teléfono en modo silencioso.

El término "Diagrama Electrónico" se refiere a una representación visual simplificada de algo utilizando símbolos. Un diagrama esquemático, por otro lado, es una imagen que muestra

los componentes de un proceso, dispositivo u objeto utilizando símbolos y líneas abstractas. En este caso de investigación aplicada, el diagrama esquemático representa los componentes electrónicos del sistema y sus conexiones para resolver el problema en cuestión.

Aplicaciones en el Diseño del Bastón Guía

Las innovaciones en sensores y tecnologías de detección tienen una amplia gama de aplicaciones en el diseño del bastón guía. Estos incluyen la mejora de la precisión y la sensibilidad de los sensores para una detección más confiable de obstáculos y entornos, la incorporación de sensores de visión computarizada para una detección avanzada de objetos y una mayor comprensión del entorno circundante, la utilización de sensores LiDAR para la navegación en entornos exteriores y la detección de obstáculos a larga distancia, la integración de sensores ultrasónicos mejorados para una detección precisa de objetos cercanos y una percepción del entorno en tiempo real, y el empleo de sensores de radar para una detección precisa y confiable de objetos en condiciones climáticas adversas.

Los avances en la interfaz de usuario (UI) y la experiencia del usuario (UX) desempeñan un papel crucial en el diseño y la eficacia de los dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Una interfaz de usuario bien diseñada y una experiencia de usuario intuitiva pueden mejorar significativamente la accesibilidad, la usabilidad y la aceptación de estos dispositivos. En esta sección, exploraremos los últimos avances en UI/UX y su impacto en el diseño del bastón guía.

El diseño centrado en el usuario es fundamental para el desarrollo de dispositivos de asistencia efectivos. Esto implica comprender las necesidades, capacidades y preferencias de los usuarios finales y diseñar soluciones que se adapten a sus contextos y situaciones de uso. Los

últimos avances en diseño centrado en el usuario han llevado a la creación de bastones guía más personalizados y centrados en las necesidades individuales de los usuarios.

Las interfaces sensoriales y hápticas están ganando popularidad en el diseño de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Estas interfaces utilizan retroalimentación táctil y háptica para proporcionar información al usuario de manera no visual, lo que mejora la accesibilidad y la usabilidad del dispositivo. Los últimos avances en interfaces sensoriales y hápticas han permitido el desarrollo de bastones guía con capacidades mejoradas de retroalimentación táctil y háptica, lo que facilita la navegación y la detección de obstáculos.

La integración de tecnologías vestibles en el diseño del bastón guía está abriendo nuevas posibilidades para mejorar la experiencia del usuario. Los dispositivos vestibles, como los dispositivos de realidad aumentada y los dispositivos de seguimiento de la actividad física, pueden proporcionar información adicional sobre el entorno circundante y el rendimiento del usuario, lo que mejora la seguridad y la autonomía del usuario. Los últimos avances en tecnologías vestibles han permitido la creación de bastones guía más inteligentes y conectados, que se adaptan dinámicamente a las necesidades y preferencias del usuario.

La personalización y adaptabilidad son elementos clave en el diseño de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Permitir a los usuarios personalizar y adaptar el dispositivo según sus necesidades individuales mejora la usabilidad y la aceptación del dispositivo. Los últimos avances en personalización y adaptabilidad han llevado al desarrollo de bastones guía con interfaces altamente personalizables y funciones adaptables, que se ajustan a las preferencias y habilidades únicas de cada usuario.

La integración de feedback auditivo y visual en el diseño del bastón guía es crucial para proporcionar información al usuario de manera clara y comprensible. Los últimos avances en

feedback auditivo y visual han mejorado la calidad y la claridad de la retroalimentación proporcionada por el dispositivo, lo que facilita la navegación y la detección de obstáculos para el usuario. La integración de feedback auditivo y visual también puede mejorar la conciencia situacional del usuario y promover una mayor confianza y seguridad durante la navegación.

Marco Contextual

El Marco Contextual ofrece una comprensión detallada del contexto en el que se enfoca el estudio sobre el análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad visual utilizando sensores ultrasónicos. Este marco contextual analiza distintos aspectos sociales, económicos, culturales y tecnológicos que impactan en el desarrollo, implementación y aceptación de tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual.

En la sociedad actual, la inclusión y accesibilidad para las personas con discapacidad visual representan desafíos significativos. A pesar de los progresos en la legislación y la conciencia social, aún existen obstáculos que restringen la plena participación de estas personas en la vida diaria, como la estigmatización, la falta de infraestructura adecuada y la escasa conciencia son solo algunas de las dificultades que enfrentan las personas con discapacidad visual en su búsqueda de autonomía e independencia.

Desde una perspectiva económica, los sistemas de salud y seguridad social pueden enfrentar restricciones en cuanto a la financiación de dispositivos avanzados como los bastones guía mejorados. El costo de estos dispositivos puede ser prohibitivo para muchas personas con discapacidad visual, especialmente en países con ingresos bajos o medios. No obstante, el crecimiento del mercado de dispositivos para personas con discapacidad visual ha generado una mayor competencia entre fabricantes, lo que podría resultar en precios más accesibles y una mayor diversidad de opciones para los usuarios. Asimismo, la innovación tecnológica podría

llevar a una reducción de costos y a una mejora en la accesibilidad de estos dispositivos a largo plazo.

Los valores culturales y las creencias sociales también desempeñan un papel importante en la aceptación y adopción de tecnologías de asistencia para personas con discapacidad visual. En determinados contextos culturales, la discapacidad se considera una carga o una limitación, que puede dar lugar a marginación y exclusión. Sin embargo, en otros contextos se valora la diversidad y se promueve la inclusión de todos los individuos, independientemente de sus capacidades o limitaciones.

El progreso tecnológico ha sido fundamental para el avance de dispositivos de ayuda destinados a individuos con discapacidad visual. Desde los primeros bastones guía hasta los dispositivos más sofisticados que cuentan con sensores ultrasónicos y tecnología de inteligencia artificial, la evolución tecnológica ha potenciado las capacidades y prestaciones de estos dispositivos, beneficiando la calidad de vida de quienes los utilizan.

Dentro de esta situación, la creación de dispositivos de ayuda ergonómicos y eficaces, como el bastón guía equipado con sensores ultrasónicos mejorados, puede influir de manera importante en la calidad de vida de individuos con discapacidad visual. No solamente brinda una mayor seguridad e independencia en el desplazamiento, sino que también fomenta la integración social y la participación en la comunidad.

El entorno económico impacta en la disponibilidad y acceso a tecnologías de asistencia para individuos con discapacidad visual. En diversas naciones, los sistemas de salud y seguridad social pueden carecer de los recursos necesarios para sufragar dispositivos avanzados como los bastones guía mejorados. Asimismo, el precio de estos dispositivos puede resultar prohibitivo

para muchos individuos con discapacidad visual, especialmente en países de ingresos bajos o medios.

No obstante, se presentan chances económicas en la creación y venta de tecnologías de asistencia. El aumento en la demanda de dispositivos para individuos con discapacidad visual ha provocado una competencia más intensa entre los productores, lo que podría traducirse en precios más asequibles y una amplia gama de alternativas para los usuarios. Adicionalmente, la innovación tecnológica puede resultar en la disminución de costos y en la mejora de la accesibilidad a largo plazo de estos dispositivos.

Considerar estas disparidades culturales es crucial al momento de desarrollar y difundir tecnologías de asistencia. Es esencial tener sensibilidad cultural e integrar las perspectivas de los usuarios para asegurar la aceptación y el uso eficaz de los dispositivos en distintos entornos culturales.

El progreso tecnológico ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de ayudas para individuos con limitaciones visuales. Desde los primeros bastones de orientación hasta los dispositivos más sofisticados con sensores ultrasónicos y tecnología de IA, el avance tecnológico ha aumentado las capacidades y prestaciones de estos dispositivos, beneficiando la vida cotidiana de los usuarios.

El avance de dispositivos de asistencia se ha beneficiado significativamente del desarrollo de sensores más pequeños, precisos y asequibles. Los sensores ultrasónicos, en particular, se han destacado por su utilidad en la detección de obstáculos y la percepción del entorno en tiempo real. Asimismo, la inclusión de tecnologías portátiles como la realidad aumentada y los dispositivos de seguimiento ha ampliado las oportunidades para mejorar la interacción del usuario y la eficacia de los dispositivos de asistencia.

Marco Legal

El marco legal en Colombia proporciona un contexto normativo y jurídico fundamental para el análisis y diseño ergonómico de un bastón guía destinado a personas con discapacidad visual, particularmente mediante el uso de sensores ultrasónicos. Este marco abarca una serie de leyes, regulaciones y políticas que tienen como objetivo principal garantizar la accesibilidad, seguridad y protección de los derechos de las personas con discapacidad visual en el país.

En primer lugar, la Ley 1618 de 2013 establece el marco legal para la protección y promoción de los derechos de las personas con discapacidad en Colombia. Esta ley reconoce el derecho fundamental de las personas con discapacidad a la igualdad de oportunidades, la participación plena en la sociedad y el acceso a la educación, el empleo y los servicios de salud. Además, promueve la eliminación de barreras físicas, sociales y culturales que puedan limitar la participación de las personas con discapacidad en la vida cotidiana.

Por otro lado, la Ley 1346 de 2009 establece disposiciones específicas para garantizar la accesibilidad de las personas con discapacidad visual en los espacios públicos y privados. Esta ley exige la eliminación de barreras arquitectónicas y la implementación de medidas de accesibilidad en edificios, transporte público, sitios web y otros entornos para garantizar que las personas con discapacidad visual puedan acceder y participar plenamente en la sociedad.

Además, el gobierno colombiano ha implementado una serie de políticas y programas destinados a promover la inclusión y accesibilidad para personas con discapacidad visual. El Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad" incluye medidas para garantizar la igualdad de oportunidades y la inclusión de las personas con discapacidad en todos los aspectos de la vida social, económica y política del país.

Un ejemplo de estos esfuerzos es el Programa Colombia Incluyente, creado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, que tiene como objetivo promover el acceso de las personas con discapacidad visual a las tecnologías de la información y la comunicación. Este programa ofrece capacitación, subsidios y apoyo técnico para mejorar la accesibilidad de los sitios web, aplicaciones móviles y otros servicios digitales, lo que contribuye a garantizar la inclusión digital de este grupo de personas.

En el ámbito específico de dispositivos médicos, como el bastón guía para personas con discapacidad visual, la regulación está a cargo del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). Este organismo se encarga de regular la importación, fabricación, comercialización y uso de dispositivos médicos en el país, asegurando que cumplan con los estándares de seguridad y calidad establecidos.

El Decreto 4725 de 2005 establece los requisitos técnicos y administrativos para la comercialización de dispositivos médicos en Colombia, incluidos los dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual. Este decreto define los procedimientos para la evaluación de la conformidad, la expedición de registros sanitarios y la vigilancia postcomercialización de estos dispositivos, garantizando su seguridad y eficacia para el usuario final.

Estado del Arte

Mygo

Este dispositivo es un prototipo de bastón diseñado por Sebastian Ritzler, estudiante de Arte y Diseño de la Academia de Kiel en Alemania. Está equipado con una cámara de video y sensores de proximidad que permiten detectar el entorno del usuario. La información recopilada se procesa y se envía a través de comandos de voz a unos auriculares que el usuario ciego llevaría puestos. El bastón también cuenta con una rueda en su extremo inferior que puede ser

controlada mediante la empuñadura. Es resistente al agua, ajustable en altura y ha sido reconocido en el Concurso Internacional de Diseño IDEA 2007. Esta solución es similar a Dandella, un dispositivo con GPS destinado a niños y ancianos con problemas de Alzheimer.

Figura 20

Bastón Mygo



Nota. Adaptado de Mygo, un bastón para invidentes que sirve de lazarillo electrónico, de tuexperto.com. (2007). Bastón Mygo [Fotografía]. fuente

<https://www.tuexperto.com/2007/10/03/mygo-un-baston-para-invidentes-que-sirve-de-lazarillo-electronico/>

iSonic

En el año 2012, la empresa surcoreana PRIMPO desarrolló un dispositivo llamado bastón que tiene la capacidad de alertar al usuario sobre la presencia de obstáculos en su camino. Esto se logra gracias a un sensor supersónico que puede detectar obstáculos hasta la altura de la cintura del usuario. El sensor tiene un rango de detección que va desde los 3 centímetros hasta los 2 metros, y emite vibraciones más intensas a medida que el obstáculo se acerca. Además, el bastón cuenta con un sensor de colores que puede detectar hasta 10 colores y su intensidad, y toda esta

información es comunicada al usuario a través de avisos de voz, especialmente diseñados para personas con discapacidad visual.

Figura 21

Bastón iSonic



Nota. Adaptado de iSonic: bastón vibratorio para invidentes, de Juan. C. Esquivias. O. (2010).

Bastón iSonic [Fotografía]. Fuente <http://blog.pucp.edu.pe/blog/peruaccesible/2010/03/26/isonic-baston-vibratorio-para-invidentes/>

UltraCane

El equipo multidisciplinario dirigido por el profesor Brian Hoyle de la Escuela de Procesos, Materiales e Ingeniería Ambiental de la Universidad de Leeds, Reino Unido, ha desarrollado una tecnología inspirada en el sistema de ecolocalización de los murciélagos. Esta tecnología ha dado lugar a la creación de UltraCane, un bastón electrónico diseñado para ayudar a las personas invidentes a detectar obstáculos y permitirles moverse de manera autónoma y segura.

UltraCane está equipado con dos sensores de ultrasonido que apuntan en diferentes ángulos, lo que le permite detectar obstáculos que se encuentren a alturas superiores a la cabeza del usuario. Además, este bastón ofrece dos rangos configurables de 2 y 4 metros, así como un rango fijo de 1.5 metros en el sensor secundario.

Figura 22*Bastón UltraCane*

Nota. Adaptado de TENYUS. Bastón UltraCane [Fotografía]. Fuente

https://www.tenyus.com/productos-especificos/tienda/ultracane_19_9_101_0_1_pro.html

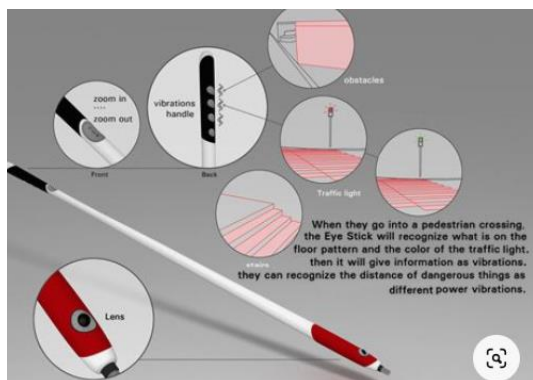
Eye Stick

El Bastón Eye Stick cuenta con un sensor en su extremo inferior que puede detectar la presencia de objetos cercanos. Además, puede identificar el tipo de superficie en la que se encuentra, lo que permite a las personas con discapacidad visual saber si están frente a una escalera, un desnivel o si hay obstáculos grandes que deben evitar. También puede reconocer los pozos y alcantarillas en la calle, lo que permite a los usuarios caminar con precaución en este tipo de terreno.

Cada vez que el bastón identifica un obstáculo o una señal, lo comunica al usuario a través de vibraciones, lo que le permite reconocer exactamente de qué se trata.

Figura 23

Bastón Eye Stick



Nota. Adaptado de Palo ciego con ojos, de Yanho Design (2009). Bastón Eyes Stick

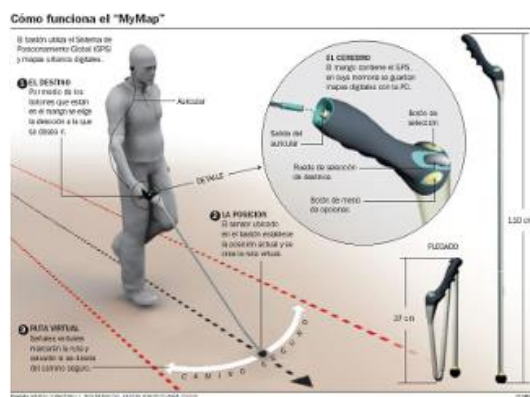
[Fotografía]. Fuente <https://www.yankodesign.com/2009/09/08/blind-stick-with-eyes/>

MyMap

MyMap fue creado por el docente universitario y arquitecto argentino Marcelo Martinelli, quien lo presentó en 2007 en una exposición mundial en Japón. Este dispositivo consiste en un bastón que contiene un microcontrolador con mapas virtuales de la ciudad en la que se utiliza, así como un GPS que determina la posición del usuario y el destino. Una vez establecidos estos datos, MyMap guía al usuario a través de un auricular, indicándole la ruta a seguir en el trayecto seleccionado previamente.

Figura 24

Bastón MyMap



Nota. Adaptado de Premiaron en Japón un bastón para ciegos creado por un argentino, de Unknown (2007). Bastón MyMap [Fotografía]. Fuente <https://desarrollos-argentinos.blogspot.com/2007/03/premiarion-en-japn-un-bastn-para-ciegos.html>

WeWALK

WeWALK es un dispositivo de navegación primaria llamado "bastón inteligente" creado por Kürsat Ceylan en 2017. Está diseñado para aumentar la independencia de las personas con discapacidad visual y fomentar su participación en la sociedad a través de sus características inteligentes. Utiliza ultrasonido para detectar obstáculos y emite vibraciones cuando se acercan. Puede detectar obstáculos que se encuentren entre 80 cm y 170 cm desde el sensor. WeWALK tiene capacidad de conexión Bluetooth 4.2 y se puede integrar con Google Maps y Amazon Alexa, además de contar con su propia aplicación para Android y iPhone.

Figura 25*Bastón WeWALK*

Nota. Adaptado de WeWALK Smart Cane. Bastón WeWALK [Fotografía]. Fuente

<https://wewalk.io/en/product-details/>

Se han llevado a cabo varias investigaciones sobre dispositivos y sistemas electrónicos adaptados para personas invidentes:

Una de estas investigaciones fue realizada por Naiwrita Dey, Pritha Ghosh, Rahul De, Ankita Paul, Chandrama Mukherjee, & Sohini Dey. (2108) del Instituto RCC De Tecnología De La Información, en esta investigación diseñaron un dispositivo inteligente basado en un bastón electrónico, se implementó un sensor ultrasónico para utilizar como una herramienta de navegación eficaz y detección de obstáculos en el entorno, enviando dicha información a la función del GPS integrado permitiendo proporcionar instrucciones de voz sobre la detección de obstáculos en el entorno. También dando dicha información al buzzer alerta a la persona de cierto obstáculo con un timbre.

Otra investigación, llevada a cabo por Tudor Denis, Dobrescu Lidia, & Dobrescu Dragoş. (2015) de la Universidad Politécnica de Bucarest, se Desarrolló un sistema electrónico que utiliza dos sensores ultrasónicos los cuales cada uno de ellos le envía una información a cada motor de vibración, cada motor de vibración se activa depende la distancia que tiene el sensor al

obstáculo. El sensor inicial identifica objetos ubicados a distancias amplias. Al encontrar un objeto y acercarse, la intensidad de la vibración aumentará; la vibración se vuelve más notoria para alertar a las personas con discapacidad visual. El segundo sistema está configurado para vibrar cuando la distancia disminuye por debajo de un nivel específico.

Además, la investigación realizada por Bhatlawande, S., Mahadevappa, M., Mukherjee, J., Biswas, M., Das, D., & Gupta, S. (2014) IEEE, Se enfocó en el diseño de un sistema integrado en tiempo real llamado EMC, el cual ofrece detección de obstáculos y asistencia en el entorno para personas con discapacidad visual. Esta investigación incluye seis sensores ultrasónicos, divididos en tres de haz amplio y tres de haz estrecho, que se emplean para detectar obstáculos desde el suelo hasta la altura de la cabeza. Además, cuenta con un sensor de detección de líquidos y otro de detección de metales, utilizados para obtener información sobre el tipo de superficie (si está húmeda, metálica o ambas). El sistema también incorpora transceptores inalámbricos, circuitos de microcontroladores y una batería para su alimentación.

En relación con el Electromagnetic Compatibility (EMC), los dos sensores restantes están orientados lateralmente (hacia la izquierda y derecha) para detectar obstáculos desde la altura de la rodilla hasta la cintura. Utilizan un algoritmo que mapea el entorno de manera integral, creando dos submapas para obstáculos laterales y frontales, respectivamente. El submapa para obstáculos laterales (SMSO) identifica tres categorías de situaciones: obstáculos a la izquierda, a la derecha y presencia simultánea de ambos. Basándose en observaciones de entornos reales, se identificaron diez categorías de situaciones de obstáculos frontales, como escaleras, obstáculos a nivel del suelo, a la altura de las rodillas, a la cintura, al tronco, a la cabeza, bloqueos frontales y combinaciones con obstáculos laterales. El submapa de obstáculos frontales (SMFO) se focaliza

en estas situaciones, representando algunas distancias en términos de pasos del usuario mediante un esquema de "escalamiento de distancias no formal" (NFDS).

El algoritmo analiza las señales de los sensores ultrasónicos y determina la distancia al obstáculo más cercano en cada situación. Luego, transmite esta información al usuario a través de vibraciones intuitivas, audio o voz. La información sobre el estado del suelo tiene prioridad y se comunica de inmediato mediante mensajes de voz, los cuales se reproducen a través de un reproductor de audio controlado por el microcontrolador. Un auricular mono se utiliza para transmitir información auditiva al usuario. Cuando se detectan obstáculos dentro de la zona de seguridad, se generan vibraciones intensas en el mango del dispositivo junto con mensajes de voz pertinentes. Estas características específicas se integran en el dispositivo para ofrecer una comprensión sencilla del entorno, con el fin de reducir la carga cognitiva y el esfuerzo perceptivo del usuario.

Se han llevado a cabo varias investigaciones a nivel nacional sobre dispositivos y sistemas electrónicos adaptados para personas con discapacidad visual:

Una de estas investigaciones, realizada por Carvajal & Moreno (2021) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, desarrolló un prototipo electrónico portátil para la detección de obstáculos a la altura de la cintura mediante el uso de señales de ultrasonido, vibratorias, luminosas y audibles. El objetivo principal era proporcionar una herramienta versátil y configurable que complementara la movilidad de las personas con discapacidad visual sin necesidad de adquirir un nuevo bastón con tecnologías incorporadas que pudieran dificultar su manipulación.

Otra investigación, llevada a cabo por Mendivelso & Pérez (2019) de la Universidad Pedagógica Nacional, se centró en el desarrollo de un sistema electrónico adaptado a un bastón

convencional que permitiera el reconocimiento de espacios específicos dentro de la Biblioteca Central de la Universidad. Este sistema utilizaba tecnología RFID con etiquetas reprogramables según las necesidades del entorno.

En la investigación realizada por Sarmiento Vizcaino (2018) de la Universidad De Cundinamarca Extensión Chía, desarrolló un prototipo de bastón electrónico que utilizaba una combinación de metodologías móviles y RUP (Proceso Unificado de Rational). Este prototipo contaba con una aplicación móvil que se conectaba al bastón y proporcionaba información sobre los obstáculos detectados, además de permitir el uso del GPS para conocer la ubicación en tiempo real. Se utilizaron sensores de ultrasonido y un módulo de bluetooth para detectar y comunicar la presencia de obstáculos al usuario.

Finalmente, la investigación realizada por Murillo & Serna (2017) de la Universidad Católica De Pereira se centró en el diseño de un prototipo de bastón inteligente que ayudara a las personas con discapacidad visual a desplazarse de manera autónoma. Este bastón contaba con un sistema de alerta ante la presencia de objetos cercanos y un sistema GPS que permitía a los familiares.

Síntesis Personal

Después de revisar las investigaciones sobre dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual, la tecnología que más me gustó fue el sistema diseñado por Bhatlawande et al. (2014). Este sistema integrado en tiempo real, denominado EMC, destaca por su complejidad y capacidad de proporcionar una asistencia detallada y multifacética. La combinación de seis sensores ultrasónicos, sensores de detección de líquidos y metales, y la utilización de transceptores inalámbricos y microcontroladores, junto con un algoritmo avanzado para mapear el entorno, representa un enfoque muy completo para la navegación segura.

Este sistema me parece especialmente relevante en la detección de obstáculos a diferentes niveles y su capacidad para comunicar información crítica al usuario mediante vibraciones y mensajes de voz. La inclusión de un sensor de detección de líquidos es una característica innovadora que añade una capa adicional de seguridad, algo que considero fundamental para mejorar la autonomía de las personas con discapacidad visual.

Me inclino por implementar esta tecnología en proyectos futuros porque considero esencial proporcionar una experiencia de usuario que minimice la carga cognitiva y ofrezca información clara y precisa sobre el entorno. La prioridad que el sistema EMC da a la información sobre el estado del suelo y su capacidad de transmitir esta información de manera inmediata a través de mensajes de voz es una característica que quiero replicar, ya que puede ser crucial para evitar accidentes y mejorar la movilidad de los usuarios.

La sofisticación y la atención al detalle en el diseño del sistema EMC me gustaron para desarrollar soluciones a proyectos futuros que no solo detecten obstáculos, sino que también ofrezcan una guía intuitiva y detallada sobre el entorno. Esto proporcionará una herramienta poderosa para la independencia y seguridad de las personas con discapacidad visual.

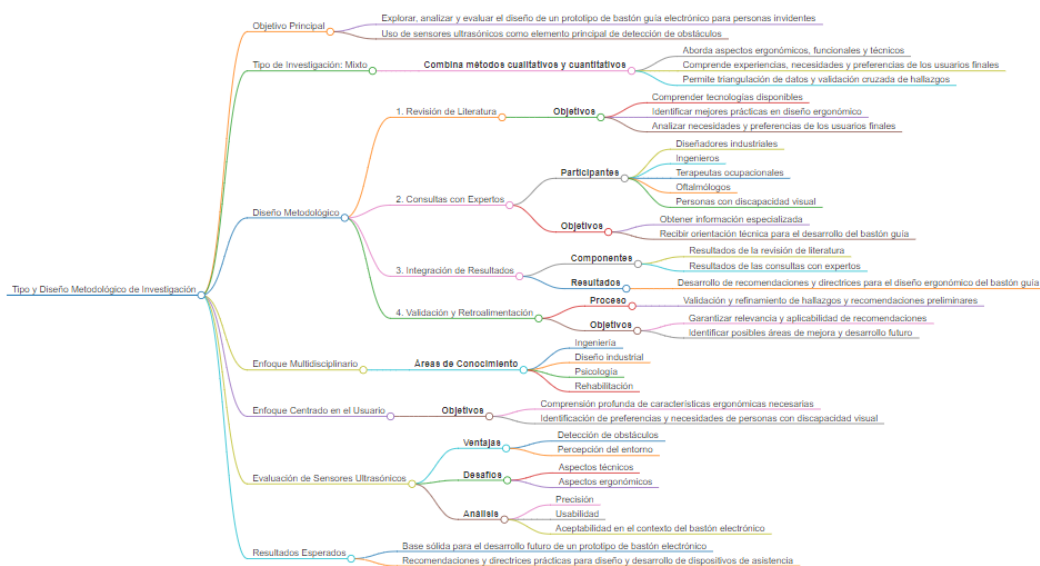
Aunque mi desarrollo no es similar a esta tecnología específica, me parece una solución efectiva y útil para las personas con discapacidad visual. La combinación de detección de obstáculos, instrucciones de voz y alertas audibles proporciona una mayor seguridad y autonomía en la movilidad de las personas con discapacidad visual.

Metodología

Tipo y Diseño Metodológico de Investigación

Figura 26

Tipo y Diseño metodológico de Investigación



Fuente. Autoría propia.

El tipo y diseño metodológico de investigación para esta monografía representan un paso crucial en el proceso de exploración y análisis de las posibilidades y características ergonómicas de un posible estudio de prototipo del bastón electrónico para personas con discapacidad visual, haciendo uso de sensores ultrasónicos como elemento principal de detección de obstáculos. Esta fase metodológica constituye la columna vertebral del estudio, proporcionando la estructura y el enfoque necesarios para abordar el problema de investigación de manera sistemática y efectiva.

En un mundo cada vez más orientado hacia la innovación tecnológica, la investigación en el ámbito de la asistencia a personas invidentes se ha convertido en un campo de estudio vital y en constante evolución. La necesidad de desarrollar dispositivos y tecnologías que mejoren la movilidad y la autonomía de las personas invidentes es innegable, y el diseño de un bastón guía

electrónico utilizando sensores ultrasónicos se presenta como una solución prometedora en este sentido.

El objetivo principal de este tipo y diseño metodológico de investigación es explorar, analizar y evaluar las posibilidades y desafíos asociados con el diseño de un posible estudio de prototipo de bastón guía electrónico para personas invidentes. A través de un enfoque multidisciplinario que combina conocimientos en áreas como la ingeniería, el diseño industrial, la psicología y la rehabilitación, se buscará obtener una comprensión integral de las necesidades y expectativas de los usuarios finales, así como de las oportunidades y limitaciones tecnológicas.

El diseño metodológico se fundamenta en la premisa de que el desarrollo de un bastón guía efectivo y centrado en el usuario requiere una comprensión profunda y detallada de las características ergonómicas necesarias, así como de las preferencias y necesidades de las personas con discapacidad visual. Por lo tanto, se emplearán una variedad de métodos de investigación cualitativos para recopilar datos de diferentes fuentes y perspectivas, con el fin de obtener una imagen completa y precisa del problema de investigación.

A lo largo de este proceso metodológico, se prestará especial atención a la viabilidad y efectividad del uso de sensores ultrasónicos en el diseño del bastón electrónico. Si bien estos sensores ofrecen ventajas significativas en términos de detección de obstáculos y percepción del entorno, también plantean desafíos técnicos y ergonómicos que deben ser abordados de manera adecuada. Por lo tanto, se realizarán análisis detallados para evaluar la precisión, la usabilidad y la aceptabilidad de los sensores ultrasónicos en el contexto específico del diseño del bastón electrónico.

En última instancia, este tipo y diseño metodológico de investigación aspira a proporcionar una base sólida y fundamentada para el desarrollo futuro de un posible estudio de

prototipo del bastón electrónico para personas invidentes. Al combinar enfoques cualitativos y cuantitativo, así como técnicas de modelado y simulación, se buscará generar recomendaciones y directrices prácticas que orienten el diseño y desarrollo de dispositivos de asistencia efectivos y centrados en las necesidades de los usuarios.

Desarrollar el tipo de investigación implica definir el enfoque general que se utilizará para abordar el problema de investigación y alcanzar los objetivos planteados. Dada la naturaleza de la monografía sobre el análisis y diseño ergonómico de un bastón electrónico para personas invidentes utilizando sensores ultrasónicos, se propone un enfoque mixto que combine elementos cualitativos y cuantitativos. A continuación, se detalla este tipo de investigación:

Tipo de Investigación: Mixto

El enfoque de investigación mixto combina tanto métodos cualitativos como cuantitativos para proporcionar una comprensión profunda y completa del problema de investigación desde múltiples perspectivas. En el contexto de esta monografía, un enfoque mixto permite abordar de manera integral los aspectos ergonómicos, funcionales y técnicos del diseño del bastón guía, así como comprender las experiencias, necesidades y preferencias de los usuarios finales.

El enfoque mixto de investigación permitirá una triangulación de datos y una validación cruzada de los hallazgos, mejorando así la validez y fiabilidad de los resultados. Además, este enfoque garantizará que el diseño del bastón guía sea centrado en el usuario y satisfaga las necesidades y expectativas de los usuarios finales.

El diseño metodológico es fundamental para guiar el proceso de investigación y garantizar la validez y fiabilidad de los resultados. Dado que el objetivo principal de esta monografía es el análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad visual utilizando sensores ultrasónicos, el diseño metodológico se centrará en varias etapas clave

que incluirán revisión de literatura. consultas con expertos. A continuación, se detalla el diseño metodológico propuesto:

1. Revisión de Literatura:

Se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente relacionada con el diseño de bastones guía para personas con discapacidad visual y el uso de sensores ultrasónicos en dispositivos de asistencia. Esta revisión proporcionará una comprensión profunda de las tecnologías disponibles, las mejores prácticas en diseño ergonómico y las necesidades y preferencias de los usuarios finales.

2. Consultas con Expertos:

Se realizarán consultas con expertos en diferentes campos relacionados con el diseño de dispositivos de asistencia y la rehabilitación de personas con discapacidad visual. Estos expertos pueden incluir diseñadores industriales, ingenieros, terapeutas ocupacionales, oftalmólogos y personas con discapacidad visual. Las consultas con expertos permitirán obtener información especializada y orientación técnica para el desarrollo del bastón guía.

3. Integración de Resultados:

Los resultados de la revisión de literatura, las consultas con expertos serán integrados para desarrollar recomendaciones y directrices para el diseño ergonómico del bastón guía. Estas recomendaciones se basarán en las necesidades, así como en las mejores prácticas en el campo del diseño de dispositivos de asistencia.

4. Validación y Retroalimentación:

Los hallazgos y recomendaciones preliminares serán validados y refinados a través de la retroalimentación de expertos. Esta retroalimentación permitirá garantizar la relevancia y

aplicabilidad de las recomendaciones propuestas, así como identificar posibles áreas de mejora y desarrollo futuro.

Técnicas y Herramientas de Recolección de Datos

La selección adecuada de técnicas y herramientas de recolección de datos es esencial para garantizar que la investigación obtenga la información necesaria de manera precisa y completa. En el contexto de la monografía sobre el análisis y diseño ergonómico de un bastón guía para personas con discapacidad visual mediante el uso de sensores ultrasónicos, es crucial emplear un enfoque metodológico robusto y variado que permita abordar las diferentes dimensiones del problema de investigación.

El objetivo de esta sección es presentar y justificar las técnicas y herramientas de recolección de datos seleccionadas para esta investigación. Estas técnicas han sido elegidas cuidadosamente para proporcionar una comprensión integral de las necesidades, preferencias y experiencias de las personas con discapacidad visual, así como para recopilar datos objetivos sobre la eficacia y usabilidad del bastón guía diseñado.

En conjunto, estas técnicas y herramientas de recolección de datos proporcionarán una base sólida y completa para la investigación, asegurando que se obtenga información relevante y significativa que informe el proceso de diseño y desarrollo del bastón guía. Al emplear un enfoque metodológico mixto, se garantiza que se aborden de manera integral tanto las dimensiones cualitativas como cuantitativas del problema de investigación, proporcionando así una comprensión más completa y holística de las necesidades de las personas con discapacidad visual y las posibles soluciones para mejorar su movilidad y autonomía.

Estas técnicas y herramientas de recolección de datos se seleccionarán y adaptarán según las necesidades específicas de la investigación. Al utilizar un enfoque mixto que combina

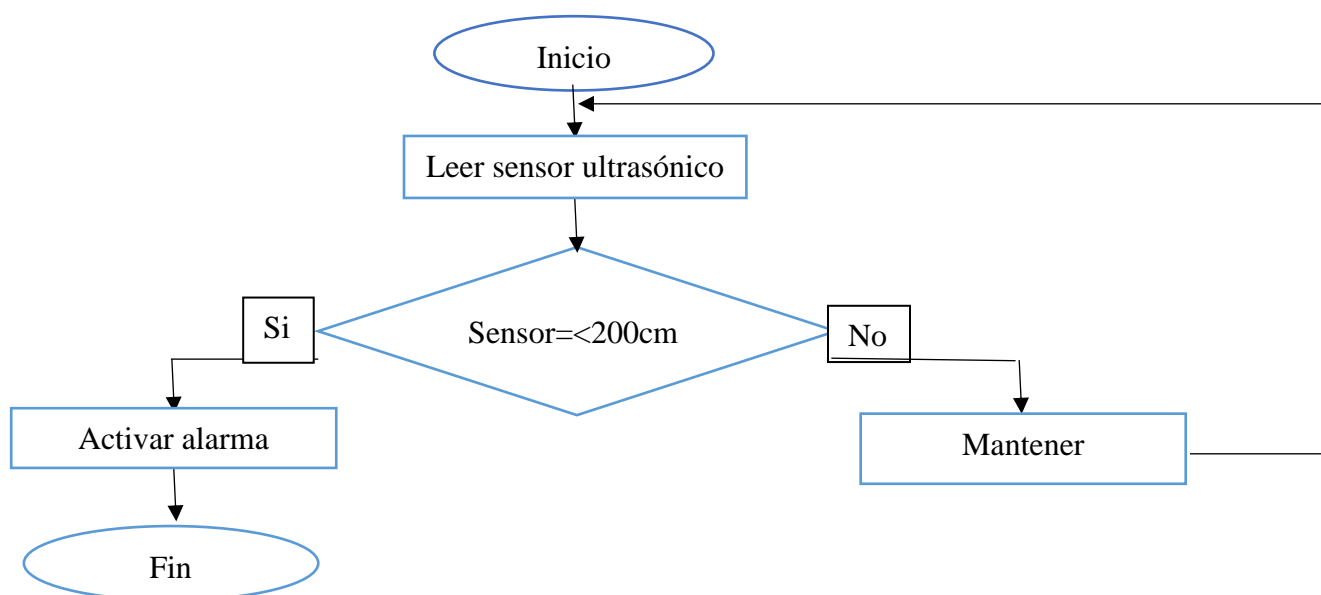
métodos cualitativos y cuantitativos, se obtendrá una comprensión más completa y holística de las necesidades y preferencias de las personas con discapacidad visual en relación con el diseño del bastón electrónico.

Diseño Ingenieril

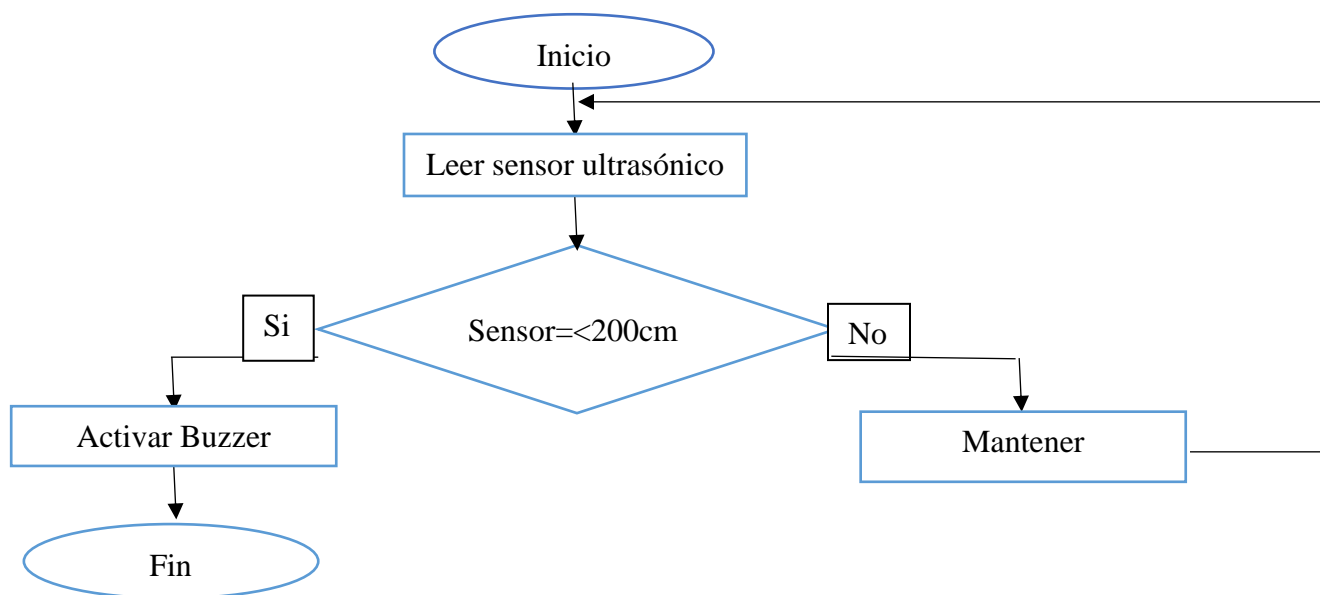
Diagrama de Flujo o de Bloques Que Ejemplifique las Etapas

Figura 27

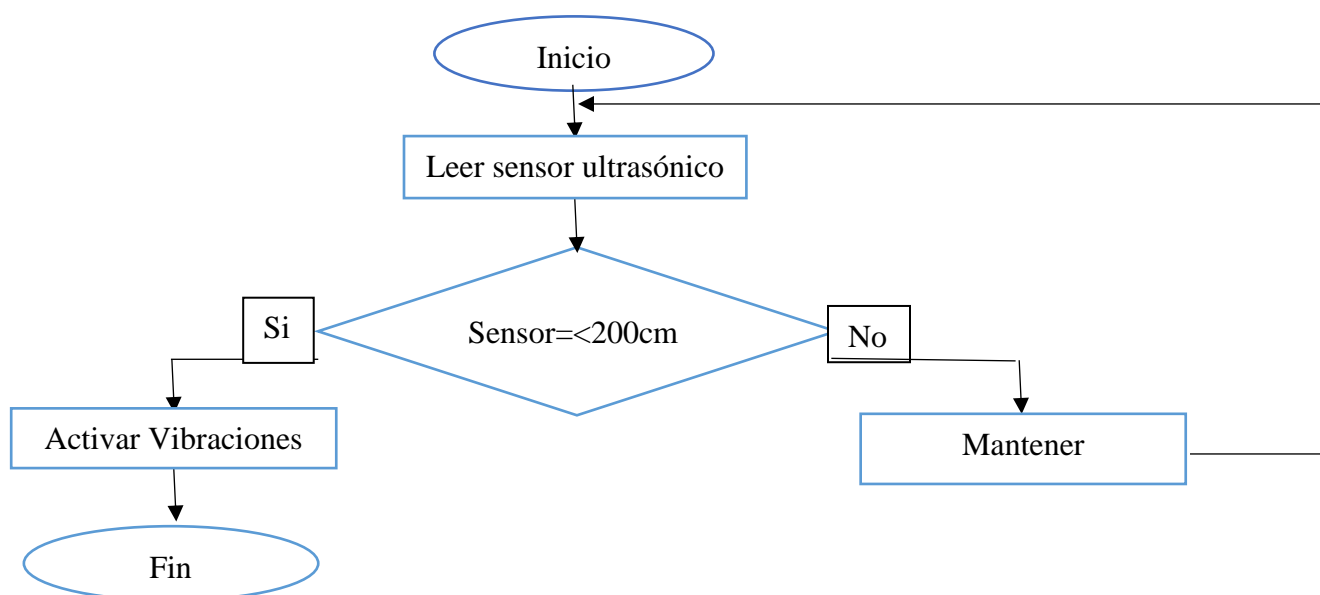
Diagrama de Flujo Sensor Ultrasónico HC-SR04



Fuente. Autoría propia.

Figura 28*Diagrama de Flujo Buzzer*

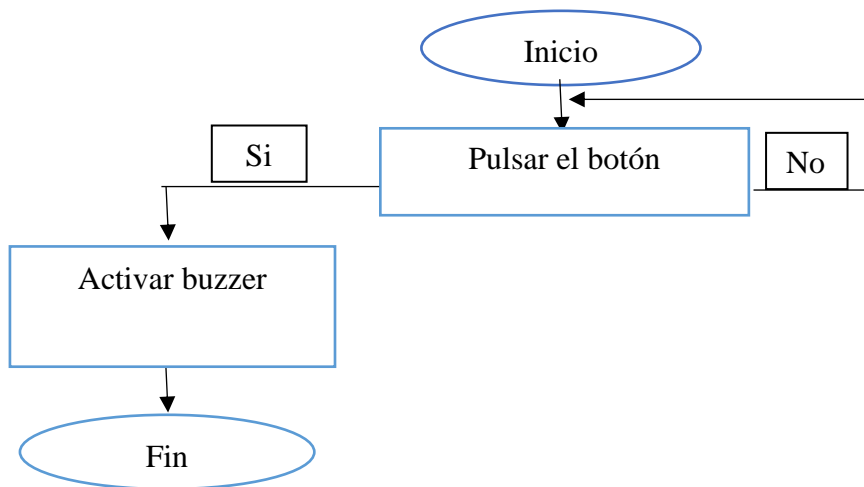
Fuente. Autoría propia.

Figura 29*Diagrama de Flujo del Motor*

Fuente. Autoría propia.

Figura 30

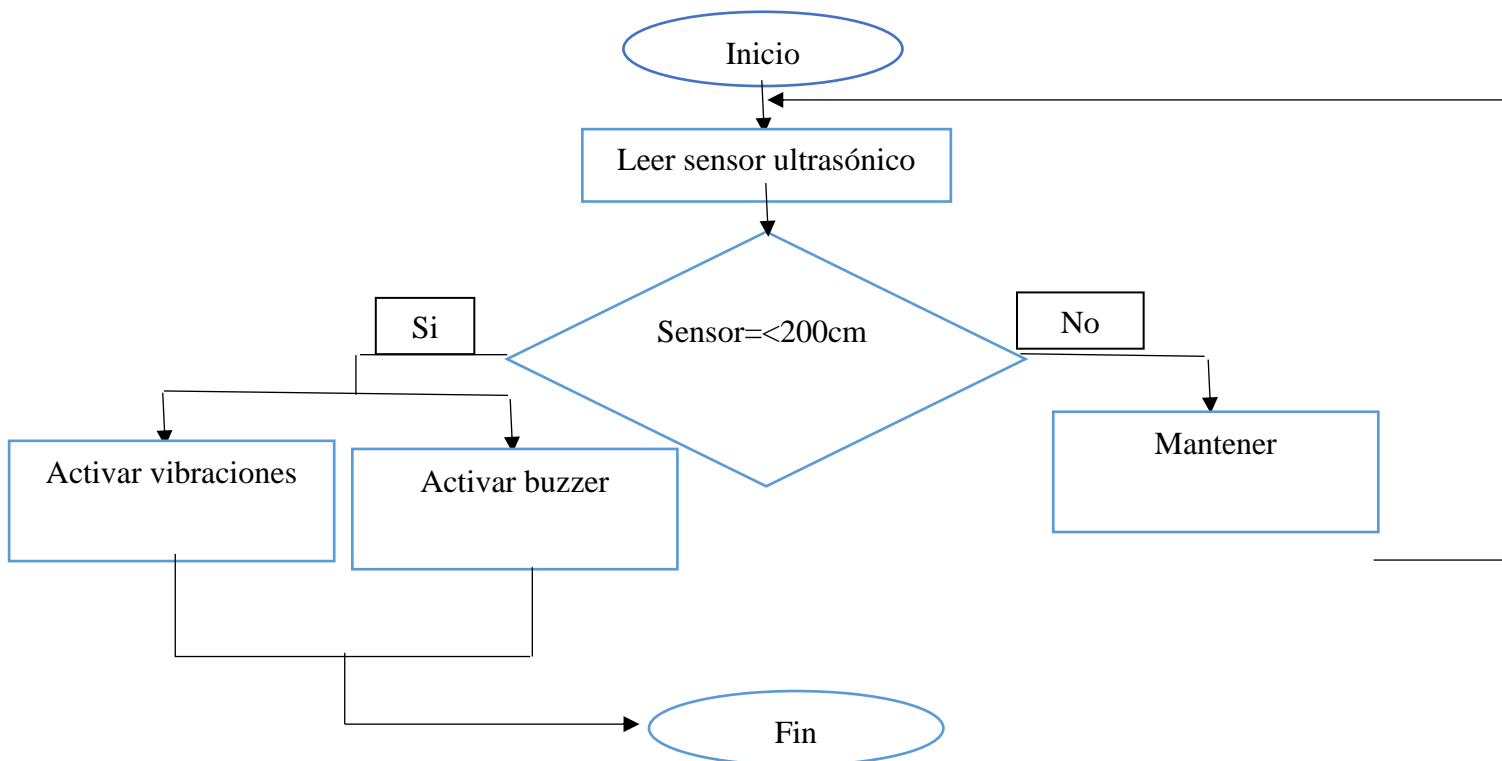
Diagrama de Flujo del Pulsador



Fuente. Autoría propia.

Figura 31

Diagrama de Flujo Bastón Electrónico

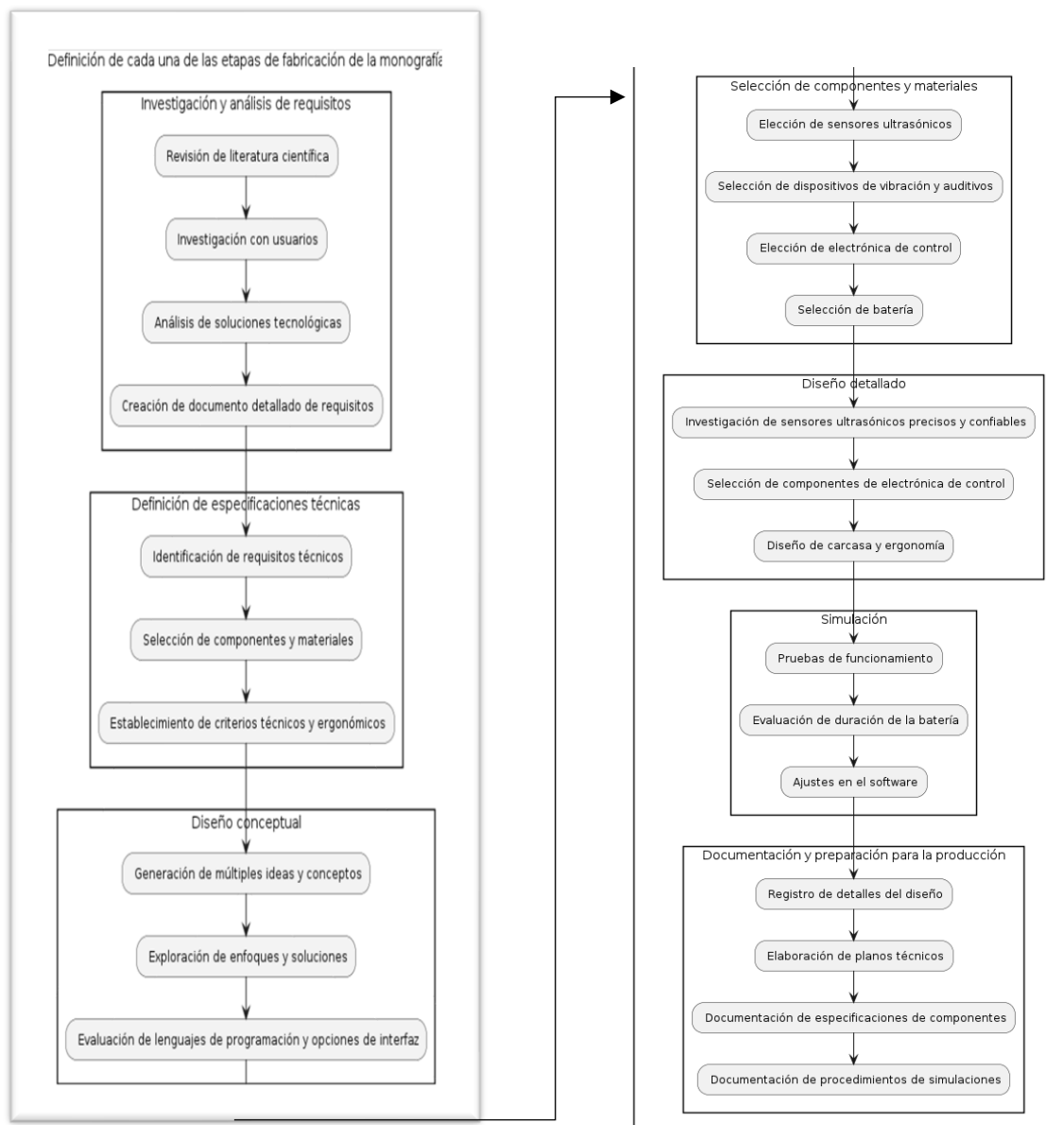


Fuente. Autoría propia.

Definición de Cada una de las Etapas de Fabricación de la Monografía

Figura 32

Definición de Cada una de las Etapas de Fabricación de la Monografía



Nota. Definición de cada uno de las etapas de fabricación de la monografía.

Investigación y Análisis de Requisitos

La etapa inicial de investigación y análisis de requisitos en el diseño del bastón electrónico para personas con discapacidad visual es fundamental para comprender a fondo las necesidades y expectativas de los usuarios, así como para establecer una base sólida para el desarrollo del dispositivo. Este proceso comienza con una investigación exhaustiva que abarca una amplia gama de fuentes, incluyendo literatura científica, proyectos previos, y documentación sobre diseños ergonómicos y tecnológicos relacionados con la movilidad de las personas invidentes.

Durante esta investigación, se busca comprender no solo de las limitaciones físicas que enfrentan las personas invidentes, como la dificultad para detectar obstáculos o la dependencia de otros para la navegación. Además, de la investigación con usuarios, se revisa la literatura existente y se analizan las soluciones tecnológicas disponibles en el mercado para mejorar el diseño del bastón electrónico.

Esto incluye estudiar los avances en sensores, sistemas de alerta y tecnologías de navegación que puedan integrarse en el dispositivo para mejorar su funcionalidad y utilidad para los usuarios. Una vez establecido los requisitos, se crea un documento detallado que sirve como guía para el diseño y desarrollo del bastón electrónico. Este documento incluye especificaciones técnicas, criterios de diseño y consideraciones ergonómicas que deben tenerse en cuenta durante todo el proceso de desarrollo.

Definición de Especificaciones Técnicas

La fase de definición de especificaciones técnicas es una etapa crítica en el proceso de diseño del bastón electrónico, ya que establece las bases para la creación del dispositivo. Esta fase se basa en los hallazgos y conclusiones obtenidos durante la etapa de investigación y

análisis de requisitos. En primer lugar, se utilizan los resultados de la investigación para identificar los requisitos específicos que el bastón electrónico debe cumplir. Esto incluye aspectos técnicos, tecnológicos y ergonómicos que son fundamentales para el correcto funcionamiento y la efectividad del dispositivo.

Por ejemplo, se determina qué tipos de sensores serán necesarios para detectar obstáculos de manera precisa y confiable, así como qué tipo de dispositivo de alerta (como un emisor de sonido o un motor vibratorio) será más efectivo para comunicarse con el usuario. Una vez identificados los requisitos, se procede a definir las especificaciones técnicas de cada componente del bastón electrónico. Esto implica seleccionar los componentes específicos que se utilizarán en el dispositivo, como los sensores ultrasónicos, el dispositivo emisor de sonido y el motor vibratorio. Se busca elegir componentes que cumplan con los estándares de calidad y confiabilidad necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del bastón electrónico.

Además de seleccionar los componentes, se establecen criterios técnicos para garantizar que el dispositivo cumpla con las necesidades de los usuarios. Por ejemplo, se definen la distancia máxima de detección que deben tener los sensores ultrasónicos, así como la sensibilidad requerida para detectar obstáculos de diferentes tamaños y materiales. También se definen aspectos ergonómicos, como el diseño del mango y la disposición de los controles, para garantizar que el bastón electrónico sea cómodo y fácil de usar para los usuarios.

Diseño Conceptual

Durante la fase de diseño conceptual del bastón electrónico para personas con discapacidad visual, se lleva a cabo un proceso creativo y exploratorio con el objetivo de generar múltiples ideas o conceptos que cumplan con las especificaciones técnicas establecidas. Esta etapa es crucial para explorar diferentes enfoques y soluciones que puedan ofrecer una

experiencia óptima para el usuario. En esta fase, se analizan diversas combinaciones de sensores, buzzer y motor de vibración para proporcionar retroalimentación audible y táctil de manera eficaz. Se explora la integración de un pulsador para activar una señal auditiva de SOS en caso de emergencia. Además, se investigan diferentes enfoques de retroalimentación para garantizar que el bastón electrónico sea intuitivo y fácil de usar para las personas con discapacidad visual.

Otro aspecto importante de esta fase es la exploración de diferentes lenguajes de programación y opciones de interfaz de usuario. Se busca crear una experiencia de usuario accesible e intuitiva, lo cual implica diseñar una interfaz que sea fácil de entender y navegar para las personas con discapacidad visual. Se utilizan esquemas, modelos en 3D y simulaciones para evaluar la viabilidad y eficacia de cada propuesta de diseño.

A través de este enfoque interactivo, se pueden examinar diversas ideas y mejoras antes de elegir el diseño definitivo del bastón electrónico. Se fomenta la colaboración entre diseñadores, ingenieros y usuarios finales para garantizar que el diseño final del dispositivo satisfaga las necesidades y expectativas de los usuarios. Al concluir esta etapa, se busca obtener una comprensión general de conceptos de diseño sólidos y factibles que puedan utilizarse como punto de partida para la creación y la puesta en marcha del producto final.

Selección de componentes y materiales

Se lleva a cabo un proceso de selección de los componentes y materiales adecuados que garanticen el funcionamiento óptico y la durabilidad de la construcción del bastón electrónico. Esta etapa es crucial para transformar el diseño conceptual en un producto tangible y funcional.

Uno de los aspectos más importantes de esta fase es la selección del sensor ultrasónico. Se eligen sensores de alta calidad y precisión que sean capaces de detectar obstáculos de manera

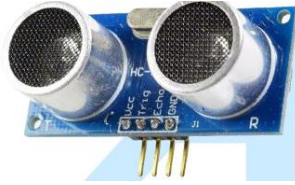
confiable y proporcionar información precisa al usuario. Se evalúan diferentes modelos disponibles en el mercado, considerando factores como la distancia de detección, el ángulo de detección y la velocidad de respuesta. También se seleccionan los dispositivos de vibración y auditivos que se utilizarán para proporcionar retroalimentación al usuario. Se escogen dispositivos que sean suficientemente potentes como para ser percibidos fácilmente por el usuario, pero que al mismo tiempo sean compactos y livianos para integrarse de manera adecuada en el diseño del bastón electrónico.

La electrónica de control es otro componente crucial que se selecciona en esta fase. Se eligen circuitos y microcontroladores que sean compatibles con los sensores y dispositivos de retroalimentación elegidos, y que permitan una integración suave y eficiente en el diseño del dispositivo. Se presta especial atención a la eficiencia energética y la capacidad de procesamiento de la electrónica de control para garantizar un funcionamiento óptimo del bastón electrónico. Por último, la selección de batería que sea lo suficientemente potente como para proporcionar una duración de uso adecuada, pero que al mismo tiempo sea compacta y liviana para no agregar demasiado peso al dispositivo. Se consideran factores como la capacidad de la batería, el tiempo de carga y la vida útil para garantizar un rendimiento confiable del bastón electrónico.

Sensor Ultrasónico HC-SR04.

Figura 33

Sensor Ultrasónico HC-SR04



Nota. Reproducido de Naylamp Mechatronics. Sensor ultrasónico HC-SR04 [Fotografía]. Fuente

<https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

Definición

Sensor ultrasónico, capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentran en un rango de 2 a 450cm. El sensor mide el tiempo entre el envío y recepción de un pulso sonoro. Usando el Trigger para al menos 10 μ S de señal de alto nivel, enviado automáticamente 8 pulsos a 40 kHz y detecta si hay una señal de pulso de regreso. SI la señal regresa, a través de un nivel alto, el tiempo de salida del Trigger de alta salida es el tiempo desde el envío de ultrasonidos hasta el retorno y captado en Echo.

PINES

- VCC (+5V DC)
- TRIG (Disparo del ultrasonido)
- ECHO (Recepción del ultrasonido)
- GND (Tierra: 0V)

Características principales y rangos de funcionamiento del Sensor ultrasónico se expresan en la Tabla 1.

Tabla 1*Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Sensor Ultrasónico*

Características	Rangos de funcionamiento
Principio de Funcionamiento: Utiliza el principio de eco de sonido. Emite un pulso ultrasónico y mide el tiempo que tarda en regresar el eco.	Temperatura de Operación: -15 °C a 70 °C.
Precisión: Aproximadamente ± 3 mm.	Humedad: No debe exceder el 95% de humedad relativa.
Rango de Medición: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mínimo: 2 cm. ✓ Máximo: 400 cm (4 metros). 	Condiciones Ambientales: El sensor puede verse afectado por factores ambientales, como ruido ultrasónico y obstáculos que interfieran en la medición.
Ángulo de Medición: Aproximadamente 15 grados.	
Pines de Conexión: <ul style="list-style-type: none"> ✓ VCC: Alimentación (5V). ✓ Trig: Pin de activación para enviar el pulso ultrasónico. ✓ Echo: Pin que recibe el pulso reflejado y mide su duración. ✓ GND: Tierra. 	
Alimentación: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje: 5V. ✓ Consumo de corriente: ~15 mA. 	
Salida: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Interfaz de salida digital. 	
El tiempo de pulso en la salida se utiliza para calcular la distancia.	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Sensor ultrasónico

Buzzer Pasivo 5V.

Figura 34

Buzzer Pasivo 5V



Nota. Reproducido de Aprendiendo Arduino. Buzzer pasivo 5V [Fotografía]. Fuente

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2019/03/03/buzzer-con-arduino/>

Definición

El Buzzer Zumbador Pasivo 5V es un piezoeléctrico que se encuentra adherido a un disco cerámico sobre una placa vibrante. La tensión aplicada causa una contracción o expansión del disco cerámico generando sonidos.

La electrónica interna del Buzzer Zumbador Pasivo es simple por lo cual, se le tiene que proporcionar una frecuencia para conseguir un sonido deseado. Todo lo que necesitas hacer es conectar el Buzzer al microcontrolador y enviar la señal indicada para la frecuencia que desea escuchar.

Características principales y rangos de funcionamiento del Buzzer se expresan en la Tabla 2.

Tabla 2*Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Buzzer*

Características Principales	Rangos De Funcionamiento
Tipo: Pasivo (requiere una señal de frecuencia externa para producir sonido).	Voltaje de Operación: 3V a 5V (aunque algunos modelos pueden aceptar hasta 12V).
Voltaje de Operación: 5V DC.	Corriente: Típicamente consume entre 20 mA y 50 mA, dependiendo del diseño y volumen del sonido.
Frecuencia de Funcionamiento: Generalmente entre 1 kHz y 4 kHz, aunque puede funcionar en un rango más amplio, dependiendo del diseño.	Temperatura de Operación: Generalmente de -20 °C a 70 °C.
Impedancia: Usualmente alrededor de 8 ohmios a 16 ohmios.	
Tamaño: Varía, pero comúnmente entre 12 mm y 30 mm de diámetro	
Sonido: Produce un tono variable basado en la frecuencia de la señal aplicada.	
Conexión: Generalmente cuenta con dos terminales para conexión a un circuito, uno para la alimentación y otro para la señal.	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Buzzer.

Motor de Vibración.

Figura 35

Motor de Vibración



Nota. Reproducido de UNIT ELECTRONICS. Motor de vibración [Fotografía]. Fuente

<https://uelectronics.com/producto/motor-vibracion-5v/>

Definición

El motor vibración es un pequeño motor que al momento de ser conectado a un voltaje entre 3V a 5V, causará un efecto vibratorio.

Características principales y rangos de funcionamiento del Motor vibratorio se expresan en la Tabla 3.

Tabla 3*Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Motor Vibratorio*

Características principales	Rangos de funcionamiento
Tipo: Motor de corriente continua (DC) con un rotor desequilibrado o excéntrico que genera vibración cuando gira.	Voltaje de Operación: Típicamente entre 1.5V y 5V DC. La vibración y velocidad del motor aumentan con mayor voltaje.
Tamaño: Generalmente pequeño, con diámetros de 4 mm a 10 mm. Longitud puede variar entre 10 mm y 20 mm.	Corriente: Aproximadamente 50 mA a 100 mA dependiendo del tamaño y el voltaje.
Voltaje de Operación: ✓ Comúnmente de 1.5V a 5V DC. ✓ Algunos modelos pueden funcionar hasta 12V.	Velocidad de Rotación (RPM): 8,000 RPM a 10,000 RPM a 3V. Hasta 12,000 RPM a 5V.
Corriente de Operación: Dependiendo del tamaño, suelen consumir entre 50 mA y 100 mA.	Temperatura de Operación: Generalmente de -10 °C a 60 °C.
Velocidad de Rotación: Varía según el voltaje aplicado. Típicamente entre 8,000 RPM y 12,000 RPM a 3V o 5V.	Vida Útil: Alrededor de 100,000 ciclos de vibración o más, dependiendo del uso y la carga.
Fuerza de Vibración: La fuerza vibratoria se mide en g (gravedad) o en la amplitud de vibración, que suele ser alrededor de 0.8 g a 1.5 g.	
Conexión: Dos terminales para conexión a una fuente de alimentación o controlador.	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Motor vibratorio.

Pila 9V.

Figura 36

Pila 9V



Nota. Reproducido de Wikipedia. Pila 9V [Fotografía]. Fuente

https://es.wikipedia.org/wiki/Pila_9V

Definición

Es un generador primario de energía eléctrica, (genera energía por sí mismo), compuesto por una celda electrolítica, dos electrodos metálicos (uno positivo, llamado cátodo, y uno negativo, llamado ánodo) y un medio líquido o pastoso llamado electrolito.

Características principales y rangos de funcionamiento del Motor vibratorio se expresan en la Tabla 4.

Tabla 4*Características Principales y Rangos de Funcionamiento de la Batería 9V*

Características principales	Rangos de funcionamiento
Voltaje Nominal: 9V DC.	Voltaje: Voltaje Nominal: 9V. Voltaje de Corte: Para muchas aplicaciones, se considera que la pila está descargada cuando su voltaje cae por debajo de 6V.
Química Común: Alcalina: La más común, con una buena relación calidad-precio. Carbono-Zinc: Menos costosas, pero con menor duración. Litio: Más costosas, pero de mayor duración y con mejor rendimiento a bajas temperaturas.	Temperatura de Operación: Alcalinas: Funcionan bien entre -20 °C y 55 °C. Litio: Funcionan mejor en un rango más amplio, de -40 °C a 60 °C.
Recargables (NiMH o NiCd): Pueden recargarse múltiples veces y tienen un voltaje nominal ligeramente inferior (generalmente entre 7.2V y 8.4V).	Recargables (NiMH): Generalmente de 0 °C a 45 °C (al recargar) y -10 °C a 60 °C (en descarga).
Capacidad: Alcalinas: Aproximadamente entre 400 mAh y 600 mAh, dependiendo de la marca y modelo. Litio: Alrededor de 1200 mAh (más duración). Recargables: Alrededor de 175 mAh a 300 mAh, dependiendo de la química.	Corriente de Descarga: Depende de la química y el consumo del dispositivo. Las pilas alcalinas tienen una corriente de descarga más baja en comparación con las de litio o recargables.
Peso: Alcalinas: Aproximadamente 45 gramos. Litio: Aproximadamente 35 gramos (más livianas que las alcalinas).	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Batería 9V.

Diseño Detallado

Se profundiza en la selección de componentes y materiales para llevar a cabo la creación del dispositivo. Este proceso implica una investigación exhaustiva para identificar los sensores ultrasónicos más precisos y confiables que se adapten a las necesidades específicas del bastón. Además, se eligen cuidadosamente los dispositivos de vibración y auditivos que proporcionarán la retroalimentación táctil y audible necesaria para alertar a la persona invidente sobre la presencia de obstáculos en su entorno.

La selección de la electrónica de control es otro aspecto crítico en esta fase. Se eligen componentes que garanticen un rendimiento óptimo del bastón electrónico, teniendo en cuenta aspectos como la capacidad de procesamiento, la facilidad de integración con otros componentes y la capacidad de adaptarse al diseño ergonómico del dispositivo. Se busca que la electrónica de control sea eficiente y confiable, para garantizar un funcionamiento de fluido y preciso del bastón electrónico.

Además, de la selección de componentes se presta atención al diseño de la carcasa y la ergonomía del dispositivo. Se eligen materiales resistentes y duraderos que protejan los componentes internos del bastón electrónico y garanticen su funcionamiento en diferentes condiciones ambientales. Se busca crear un diseño ergonómico que sea cómodo de sostener y usar para las personas con discapacidad visual, optimizando la experiencia del usuario.

Para realizar este proceso, se emplean herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para crear modelos precisos del bastón electrónico y sus componentes. Esto permite visualizar y evaluar el diseño en detalle antes de la fabricación, asegurando que todos los componentes estén correctamente integrados y que el dispositivo cumpla con los requisitos establecidos.

En conclusión, esta fase de diseño detallado es crucial para asegurar el funcionamiento, la resistencia y la facilidad de uso del bastón electrónico. Es fundamental elegir con atención los componentes y materiales adecuados, teniendo en cuenta las necesidades y expectativas de las personas invidentes, para garantizar que el dispositivo cumpla con sus requerimientos y mejore su calidad de vida de manera efectiva.

Sensor Ultrasónico HC-SR04.

Figura 37

Sensor Ultrasónico HC-SR04



Nota. Reproducido de Naylamp Mechatronics. Sensor ultrasónico HC-SR04 [Fotografía]. Fuente <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

Definición

Sensor ultrasónico, capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentran en un rango de 2 a 450cm. El sensor mide el tiempo entre el envío y recepción de un pulso sonoro. Usando el Trigger para al menos 10 μ S de señal de alto nivel, enviado automáticamente 8 pulsos a 40 kHz y detecta si hay una señal de pulso de regreso. SI la señal regresa, a través de un nivel alto, el tiempo de salida del Trigger de alta salida es el tiempo desde el envío de ultrasonidos hasta el retorno y captado en Echo.

PINES

- VCC (+5V DC)

- TRIG (Disparo del ultrasonido)
- ECHO (Recepción del ultrasonido)
- GND (Tierra: 0V)

Características principales y rangos de funcionamiento del Sensor ultrasónico se expresan en la Tabla 5.

Tabla 5*Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Sensor Ultrasónico*

Características	Rangos de funcionamiento
Principio de Funcionamiento: Utiliza el principio de eco de sonido. Emite un pulso ultrasónico y mide el tiempo que tarda en regresar el eco.	Temperatura de Operación: -15 °C a 70 °C.
Precisión: Aproximadamente ± 3 mm.	Humedad: No debe exceder el 95% de humedad relativa.
Rango de Medición: Mínimo: 2 cm. Máximo: 400 cm (4 metros).	Condiciones Ambientales: El sensor puede verse afectado por factores ambientales, como ruido ultrasónico y obstáculos que interfieran en la medición.
Ángulo de Medición: Aproximadamente 15 grados.	
Pines de Conexión: VCC: Alimentación (5V). Trig: Pin de activación para enviar el pulso ultrasónico. Echo: Pin que recibe el pulso reflejado y mide su duración. GND: Tierra. Alimentación: Voltaje: 5V. Consumo de corriente: ~15 mA.	
Salida: Interfaz de salida digital. El tiempo de pulso en la salida se utiliza para calcular la distancia.	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Sensor ultrasónico

Tabla 6*Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Buzzer*

Características Principales	Rangos De Funcionamiento
Tipo: Pasivo (requiere una señal de frecuencia externa para producir sonido).	Voltaje de Operación: 3V a 5V (aunque algunos modelos pueden aceptar hasta 12V).
Voltaje de Operación: 5V DC.	Corriente: Típicamente consume entre 20 mA y 50 mA, dependiendo del diseño y volumen del sonido.
Frecuencia de Funcionamiento: Generalmente entre 1 kHz y 4 kHz, aunque puede funcionar en un rango más amplio, dependiendo del diseño.	Temperatura de Operación: Generalmente de -20 °C a 70 °C.
Impedancia: Usualmente alrededor de 8 ohmios a 16 ohmios.	
Tamaño: Varía, pero comúnmente entre 12 mm y 30 mm de diámetro	
Sonido: Produce un tono variable basado en la frecuencia de la señal aplicada.	
Conexión: Generalmente cuenta con dos terminales para conexión a un circuito, uno para la alimentación y otro para la señal.	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Buzzer.

Motor de Vibración.

Figura 39

Motor de Vibración



Nota. Reproducido de UNIT ELECTRONICS. Motor de vibración [Fotografía]. Fuente

<https://uelectronics.com/producto/motor-vibracion-5v/>

Definición

El motor vibración es un pequeño motor que al momento de ser conectado a un voltaje entre 3V a 5V, causará un efecto vibratorio.

Características principales y rangos de funcionamiento del Motor vibratorio se expresan en la Tabla 7.

Tabla 7*Características Principales y Rangos de Funcionamiento del Motor Vibratorio*

Características principales	Rangos de funcionamiento
Tipo: Motor de corriente continua (DC) con un rotor desequilibrado o excéntrico que genera vibración cuando gira.	Voltaje de Operación: Típicamente entre 1.5V y 5V DC. La vibración y velocidad del motor aumentan con mayor voltaje.
Tamaño: Generalmente pequeño, con diámetros de 4 mm a 10 mm. Longitud puede variar entre 10 mm y 20 mm.	Corriente: Aproximadamente 50 mA a 100 mA dependiendo del tamaño y el voltaje.
Voltaje de Operación: Comúnmente de 1.5V a 5V DC. Algunos modelos pueden funcionar hasta 12V.	Velocidad de Rotación (RPM): 8,000 RPM a 10,000 RPM a 3V. Hasta 12,000 RPM a 5V.
Corriente de Operación: Dependiendo del tamaño, suelen consumir entre 50 mA y 100 mA.	Temperatura de Operación: Generalmente de -10 °C a 60 °C.
Velocidad de Rotación: Varía según el voltaje aplicado. Típicamente entre 8,000 RPM y 12,000 RPM a 3V o 5V.	Vida Útil: Alrededor de 100,000 ciclos de vibración o más, dependiendo del uso y la carga.
Fuerza de Vibración: La fuerza vibratoria se mide en g (gravedad) o en la amplitud de vibración, que suele ser alrededor de 0.8 g a 1.5 g.	
Conexión: Dos terminales para conexión a una fuente de alimentación o controlador.	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Motor vibratorio.

Pila 9V.

Figura 40

Pila 9V



Nota. Reproducido de Wikipedia. Pila 9V [Fotografía]. Fuente

https://es.wikipedia.org/wiki/Pila_9V

Definición

Es un generador primario de energía eléctrica, (genera energía por sí mismo), compuesto por una celda electrolítica, dos electrodos metálicos (uno positivo, llamado cátodo, y uno negativo, llamado ánodo) y un medio líquido o pastoso llamado electrolito.

Características principales y rangos de funcionamiento del Motor vibratorio se expresan en la Tabla 8.

Tabla 8*Características Principales y Rangos de Funcionamiento de la Batería 9V*

Características principales	Rangos de funcionamiento
Voltaje Nominal: 9V DC.	Voltaje: Voltaje Nominal: 9V. Voltaje de Corte: Para muchas aplicaciones, se considera que la pila está descargada cuando su voltaje cae por debajo de 6V.
Química Común: Alcalina: La más común, con una buena relación calidad-precio. Carbono-Zinc: Menos costosas, pero con menor duración. Litio: Más costosas, pero de mayor duración y con mejor rendimiento a bajas temperaturas. Recargables (NiMH o NiCd): Pueden recargarse múltiples veces y tienen un voltaje nominal ligeramente inferior (generalmente entre 7.2V y 8.4V).	Temperatura de Operación: Alcalinas: Funcionan bien entre -20 °C y 55 °C. Litio: Funcionan mejor en un rango más amplio, de -40 °C a 60 °C. Recargables (NiMH): Generalmente de 0 °C a 45 °C (al recargar) y -10 °C a 60 °C (en descarga).
Capacidad: Alcalinas: Aproximadamente entre 400 mAh y 600 mAh, dependiendo de la marca y modelo. Litio: Alrededor de 1200 mAh (más duración). Recargables: Alrededor de 175 mAh a 300 mAh, dependiendo de la química.	Corriente de Descarga: Depende de la química y el consumo del dispositivo. Las pilas alcalinas tienen una corriente de descarga más baja en comparación con las de litio o recargables.
Peso: Alcalinas: Aproximadamente 45 gramos. Litio: Aproximadamente 35 gramos (más livianas que las alcalinas).	

Nota. Características principales y rangos de funcionamiento del Batería 9V.

Simulación

Se lleva a cabo un proceso riguroso para asegurar que el dispositivo funcione de manera óptima y cumpla con los requisitos establecidos. Esta etapa es crucial ya que permite validar el rendimiento del bastón en diversas condiciones y entornos, identificar posibles problemas y realizar ajustes necesarios antes de su implementación final. Inicialmente, se realizará pruebas de funcionamiento para verificar la precisión de los sensores ultrasónicos en la detección de obstáculos. Se evalúa capacidad del bastón para detectar objetos a diferentes distancias y ángulos, así como su capacidad para distinguir entre diferentes tipos de obstáculos. Esto se hace tanto en entornos controlados como en situaciones más realistas para garantizar la fiabilidad del dispositivo en el uso cotidiano.

Además, se llevan a cabo pruebas para evaluar la duración de la batería y la eficacia de la retroalimentación proporcionada al usuario a través de la vibración y los sonidos audibles. Se mide el tiempo de funcionamiento del bastón con una carga completa de la batería y se evalúa su capacidad para proporcionar alertas claras y comprensibles al usuario en caso de detectar un obstáculo.

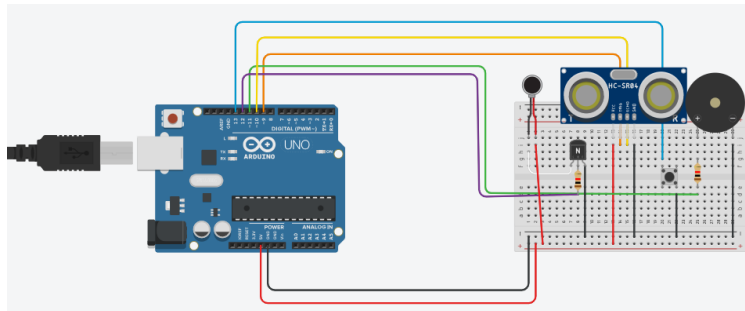
Durante la simulación, se recopilan datos detallados sobre el rendimiento del bastón electrónico en diferentes situaciones. Se registran posibles fallos o problemas, así como cualquier área que requiera mejoras o ajustes. Esto puede incluir la necesidad de ajustar la sensibilidad de los sensores, optimizar el consumo de energía del dispositivo o mejorar la calidad de la retroalimentación proporcionada al usuario. Una vez que se han completado la simulación inicial, se realizan ajustes en el software del bastón electrónico según sea necesario. Se llevan a cabo iteraciones adicionales como la creación de simulación de prueba para verificar que los

cambios realizados hayan tenido el efecto deseado y que el diseño funcione de manera óptima en todas las situaciones.

Esta fase de simulación es fundamental en el desarrollo del bastón electrónico, ya que permite validar su rendimiento, identificar posibles problemas y realizar ajustes necesarios para garantizar su eficacia y su adecuación a la necesidad de las personas invidentes. Este proceso de simulación y ajuste es esencial para garantizar que el diseño final cumpla con los estándares de calidad y se espera que mejore la calidad de vida de los usuarios de manera efectiva.

Figura 41

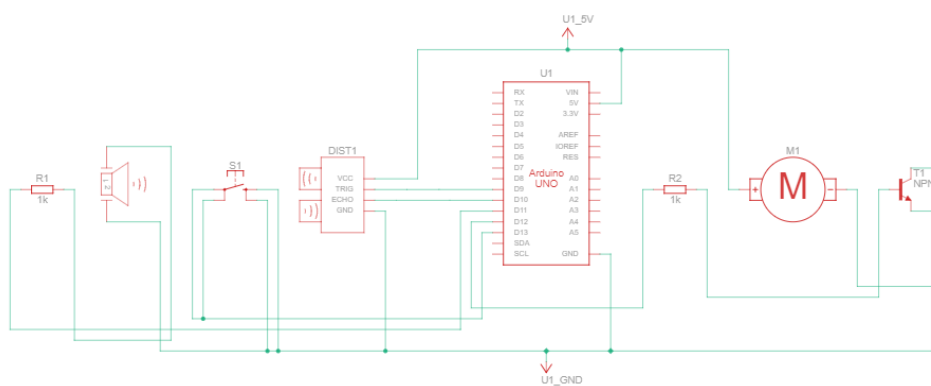
Diseño del Bastón Electrónico



Nota. Diseño de un baston electronico con un sensor ultrasonico y un pulsador de SOS.

Figura 42

Plano Esquemático del Bastón Electrónico



Nota. Plano esquemático del baston electrónico.

Figura 43

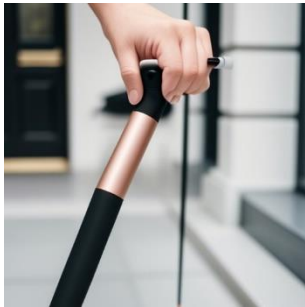
Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA



Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

Figura 44

Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA



Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

Figura 45

Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA



Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

Figura 46

Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA



Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

Documentación y preparación para la producción

una vez completadas la simulación y ajustes finales del bastón electrónico, se da paso a una fase crítica: la documentación y la preparación para la producción. Esta etapa es inicial para asegurar que cada aspecto del diseño quede claramente definido y puede ser reducido de manera coherente durante la fabricación. Se inicia con un proceso meticuloso de registro de todos los detalles del diseño, desde las dimensiones y formas hasta las ubicaciones específicas de los componentes.

Se elaboran planos técnicos detallados que describen con precisión cada elemento del bastón electrónico. Estos planos incluyen información sobre la disposición de los sensores ultrasónicos, los dispositivos de vibración y la electrónica de control. Cada medida es cuidadosamente especificada para garantizar la exactitud y coherencia del diseño final.

Además, de los planos técnicos, se documentan las especificaciones de los componentes elegidos. Esto incluye detalles sobre los sensores ultrasónicos seleccionados, los dispositivos de vibración y la electrónica de control. Estas especificaciones son cruciales para que los fabricantes puedan adquirir los materiales necesarios con precisión y garantizar la calidad del producto final.

La fase de documentación y preparación para la producción no se limita solo a la creación de planos técnicos y especificaciones de componentes. También implica documentar minuciosamente los procedimientos utilizados en las simulaciones de funcionamiento del bastón electrónico.

Cada paso realizado durante las simulaciones es registrado y detallado en la documentación. Se incluyen instrucciones precisas sobre cómo llevar a cabo las pruebas, qué resultados esperar y cómo interpretar los datos obtenidos. Esta información no solo es invaluable para la fase inicial de fabricación, sino que también servirá como guía para futuras revisiones, actualizaciones y perfeccionamientos del diseño.

Al registrar meticulosamente todos los elementos del diseño y las simulaciones realizadas, se facilita la comunicación y la colaboración entre los distintos equipos involucrados en el desarrollo y la manufactura del diseño. Esto asegura que todos los implicados tengan acceso a la información necesaria para llevar a cabo su trabajo de manera eficiente y precisa.

En la documentación y preparación para la producción son etapas fundamentales en el desarrollo del bastón electrónico. A través de un proceso exhaustivo de documentación y registro de todos los aspectos del diseño y las simulaciones realizadas, se garantiza que el producto final sea replicable, cumpla con los estándares de calidad y rendimiento necesarios, y esté listo para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual.

La información aquí proporcionada resulta fundamental no solo en la fase inicial de fabricación del bastón electrónico, sino también como guía para posibles revisiones, actualizaciones y perfeccionamientos futuros. Al registrar minuciosamente todos los elementos

del diseño y las simulaciones efectuadas, se promueve la comunicación y la colaboración entre los distintos equipos que participan en el desarrollo y la manufactura del diseño.

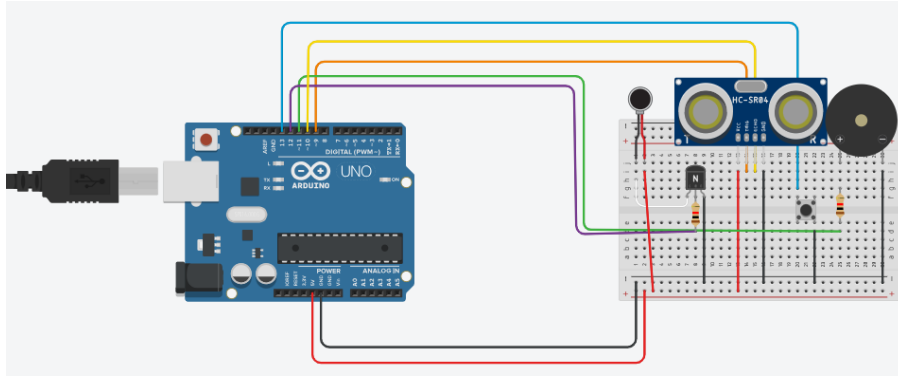
En conclusión, la documentación y la fase de preparación para la producción son etapas fundamentales en el desarrollo del bastón electrónico, asegurando que el diseño definitivo sea replicable y cumpla con los estándares de calidad y rendimiento necesarios.

El diseño propuesto puede impactar de manera positiva en la vida de numerosas personas, ya que incluirá un diseño ergonómico y plegable que facilitará su transporte y almacenamiento cuando no se esté usando. Además, contará con un sistema de detección ajustable que permite variar la sensibilidad de los sensores para detectar objetos a diferentes distancias: algunos pueden requerir mayor sensibilidad para detectar objetos lejanos, mientras que otros pueden necesitar menos sensibilidad para detectar objetos cercanos. También incorporará un sistema de retroalimentación táctil que informará al usuario a través de vibraciones en tiempo real sobre la presencia de objetos, lo que permitirá a las personas con discapacidad visual ser más independientes y autónomas en sus actividades diarias, mejorando así su capacidad de desplazamiento en entornos desconocidos.

Diagrama o Planos

Figura 47

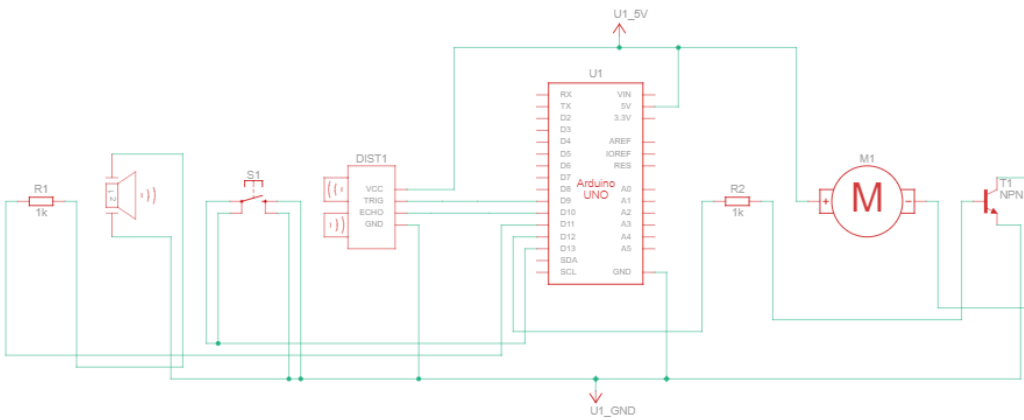
Diseño del Bastón Electrónico



Nota. Diseño de un baston electronico con un sensor ultrasonico y un pulsador de SOS.

Figura 48

Plano Esquemático del Bastón Electrónico



Nota. Plano esquemático del baston electrónico.

Figura 49

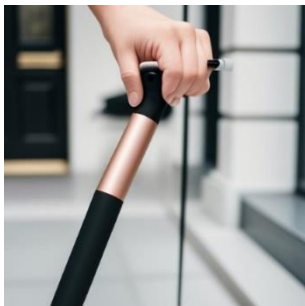
Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA



Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

Figura 50

Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA



Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

Figura 51

Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA



Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

Figura 52*Recreación Estética del Bastón Electrónico con IA*

Nota. Recreación estética del bastón electrónico con IA.

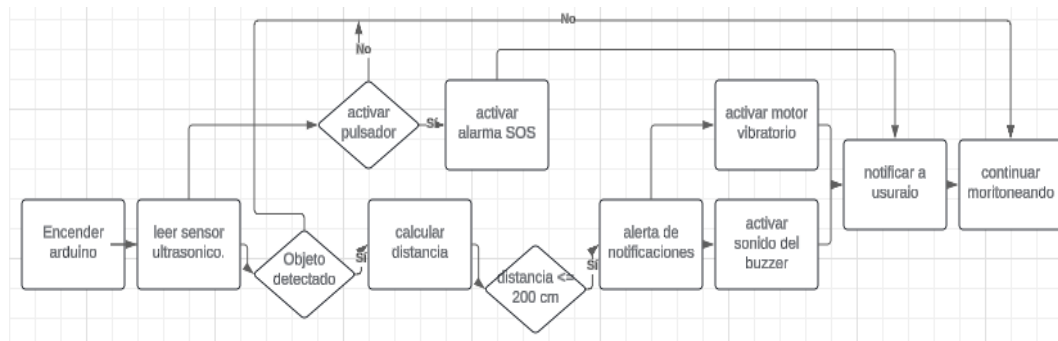
Instrumentos y Listado de Materiales

- Arduino Uno.
- Sensor ultrasónico HC-SR04.
- Buzzer pasivo.
- Motor de vibración.
- Resistencias (una resistencia de $1k\Omega$ para el Buzzer si resulta ser muy fuerte).
- Transistor NPN (2N2222) para controlar el motor de vibración.
- Pulsador.
- Fuente de alimentación.

Descripción y Pruebas de Funcionamiento

Figura 53

Flujo Grama de la Descripción del Diseño



Nota. Flujo grama de la descripción del diseño.

Para diseñar un circuito que detecte obstáculos, de una señal auditiva de SOS y notifique al usuario mediante sonido y vibraciones, se emplea un Arduino Uno para procesar las señales del sensor de distancia y controlar las alertas, un sensor ultrasónico como el HC-SR04 capaz de detectar objetos y medir distancias mediante pulsos ultrasónicos, un buzzer para generar sonidos que varían según la proximidad de los objetos detectados y emite un sonido de SOS para los transeúntes, un motor de vibración para alertas táctiles, y resistencias que pueden limitar la corriente hacia componentes como el buzzer y el motor vibratorio según sus requerimientos. Esta configuración es óptima para un bastón electrónico, proporcionando retroalimentación tanto audible como táctil.

Esquema de conexiones

Sensor Ultrasónico HC-SR04.

VCC a 5V en Arduino.

GND a GND en Arduino.

TRIG a pin digital 9 en Arduino.

ECHO a pin digital 10 en Arduino.

Buzzer,

Terminal positivo al pin digital 11 en Arduino (puedes añadir una resistencia de $1k\Omega$ en serie si el sonido es muy fuerte).

Terminal negativo a GND en Arduino.

Motor de Vibración.

Un terminal del motor de vibración al colector del transistor NPN 2N2222.

Emiter del transistor a GND en Arduino.

Base del transistor a través de una resistencia de $1k\Omega$ al pin digital 12 en Arduino (esto es para limitar la corriente a la base).

Pulsador.

Un terminal al pin digital 13 en Arduino.

Un terminal a GND.

Código de ejemplo para Arduino.

```
Float sinval;
```

```
Int toneval;
```

```
Boolean alarma;
```

```
Int TRIG_PIN = 9;
```

```
Int ECHO_PIN = 10;
```

```
Int BUZZER_PIN = 11;
```

```
Int MOTOR_PIN = 12;
```

```
Int PULSADOR_PIN = 13;

void setup() {

pinMode(PULSADOR_PIN,INPUT_PULLUP);

pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);

pinMode(ECHO_PIN, INPUT);

pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);

pinMode(MOTOR_PIN, OUTPUT);

}

void loop() {

    long duration, distance;

    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);

    delayMicroseconds(100);

    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

    duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);

    distance = duration * 0.034 / 2;

    if(digitalRead(13)==LOW){
```

```
alarma=!alarma;

delay(300);

}

if(alarma==1){

for(int x=0; x<180; x++){

//convierte los grados a radianes

sinval = (sin(x*(3.1412/180)));

//genera una frecuencia

toneval = 2000+int((sinval*1000));

tone(11, toneval);

delay(2);

if(digitalRead(13)==LOW){

alarma =!alarma;

delay(300);

}

}

}

else{
```

```

    noTone(11);

}

if (distance < 200) { // Si un objeto se detecta a menos de 200 cm

    digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);

    digitalWrite(MOTOR_PIN, HIGH);

    delay(100); // El buzzer suena y el motor vibra durante 100 ms

    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);

    digitalWrite(MOTOR_PIN, LOW);

}

delay(100); // Espera para la siguiente medida

}

```

El siguiente código programará al Arduino para esperar la detección de un obstáculo a una distancia menor de 200 cm. En caso de detectar un obstáculo, activará tanto el buzzer como el motor de vibración por un período de 100 milisegundos. Es posible personalizar la distancia y la duración según las necesidades específicas. También tendrá un pulsador que será activado cuando el usuario crea que es conveniente ya que activara una señal del buzzer de SOS.

Resumen de conexiones:

Conectar HC-SR04:VCC a Arduino:5V

Conectar HC-SR04:GND a Arduino:GND

Conectar HC-SR04:TRIG a Arduino:9

Conectar HC-SR04:ECHO a Arduino:10

Conectar Buzzer:+ a Arduino:11 (opcionalmente a través de $1k\Omega$)

Conectar Buzzer:- a Arduino:GND

Conectar Motor:a colector 2N2222, emisor a GND, base a Arduino:12 (a través de $1k\Omega$)

Conectar el Pulsador: a Arduino:13

Conectar el Pulsador: a GND

Este diagrama establece los fundamentos para un sistema de detección de obstáculos que emite alertas auditivas para el usuario, otra alerta de SOS para los transeúntes y táctiles. Es importante verificar la corriente máxima que el motor de vibración pueda necesitar para garantizar que la alimentación sea la adecuada.

Funcionamiento esperado:

En la simulación se observa la detección del obstáculo a 200cm de distancia del sensor ultrasónico enviando una señal al Arduino Uno por ende el Arduino Uno activa el buzzer que emitirá un sonido de duración y frecuencia que pueda variar según la proximidad del objeto, de forma simultánea, el motor vibratorio se activa, proporcionando una alerta táctil. La intensidad de la vibración podría aumentar a medida que el objeto se acerca. Además, se activa el pulsador enviando una señal al Arduino Uno por ende el Arduino Uno activa el buzzer con una señal de SOS para los transeúntes.

Pruebas de funcionamiento:

Verificar que el sensor ultrasónico detecta adecuadamente los objetos en diferentes rangos de distancia y que estos rangos son consistentes con las expectativas. Además, hay que confirmar que tanto el buzzer como el motor vibratorio se activan correctamente en respuesta de la detección de objetos. Ajustar su sensibilidad y los umbrales de la distancia según sea necesario para optimizar el tiempo de respuesta y la relevancia de las alertas. Además, observar si al presionar el pulsador se activa correctamente el buzzer dando una señal de SOS.

Resultados y Análisis

Análisis de Resultados

Gracias al uso de sensores ultrasónicos en la detección del bastón electrónico, se ve una eficiencia superior puesto que en la mayoría de los obstáculos se detectaba con alta precisión proporcionando datos altos de retroalimentación a la persona invidente; No obstante, tiene un pequeño margen de error lo cual puede presentar un riesgo para la seguridad del usuario, esto lleva a la necesidad de ajustar la sensibilidad de los sensores con el fin de hacer actualizaciones de mejoramiento sobre el diseño.

El tiempo de respuesta que se da utilizando la tecnología implementada en este diseño, se puede percibir que responde a los cambios de retorno como a la aparición repentina de obstáculos, aunque por las limitaciones actuales de la tecnología hay hallazgos que se sugieren la mejora de esos algoritmos para mejorar la velocidad de procesamiento de los datos de entorno para garantizar una respuesta más confiable y eficaz respecto a la autonomía del usuario.

Utilizando el buzzer en el mecanismo del bastón electrónico para indicar la proximidad de los obstáculos fue efectiva en la mayoría de los casos, pero por el entorno podría haber inconvenientes en la traducción al usuario por interferencia del entorno, esto conlleva a la necesidad de explorar retroalimentaciones adicionales para el usuario y se llevó a cabo la utilización de vibraciones para mejorar la comunicación del usuario en diversas situaciones.

Examinando la efectividad de la señal SOS del bastón guía se encontró que tanto la activación y el funcionamiento fueran intuitivo y fácil de entender para el usuario porque fue clara y tiene una distancia de alcance adecuada, aunque debemos tomar en cuenta entornos ruidosos o interferencia; esta señal SOS alerta al entorno a otros usuarios y a servicios de

emergencia, se están explorando mejorar en la comunicación con servicios de emergencia o sistemas de alarma integrado a los mismo.

La forma del mango, el peso del dispositivo está pensado para la adecuación de la mayoría de los usuarios, sin embargo, se puede identificar la necesidad de personalización para adaptarse a preferencia, el uso prolongado y diferentes materiales para así garantizar la comodidad para su uso, también se ve refleja la protección de componentes electrónicos respeto a las adversidades del entorno.

El diseño eficiente del bastón electrónico proporciona una independencia de la fuente de alimentación proporcionando suficiente energía para el uso de una jornada completa o de uso continuo, en este campo se puede explorar mejoras energéticas para el dispositivo.

Utilizando el Arduino en el mecanismo del bastón electrónico como indicador de recibir la señal del sensor y compartirla al usuario para mostrar su entorno para la facilidad y eficacia de la autonomía del usuario.

Gracias al diseño, el dispositivo evidencia una buena resistencia a daños ambientales y una correcta protección de los sensores; además son resistentes a impactos y una manipulación descuidada, se reforzaron arias criticas para mejora la exigencia de durabilidad.

El dispositivo es fácil de limpiar y ajustar puesto que los componentes principales están protegidos y es fácil acceso para un mantenimiento si así se requiere. Se sugiere darle un uso adecuado para evitar un mantenimiento especializado.

Dado a la correcta evaluación del dispositivo se puso a disposición controles y una programación fácilmente entendible para facilitar el uso y calibración de los diferentes componentes, que ayudan a la detención de obstáculos dando información en señales físicas y

auditivas para el usuario en su entorno; para abordar cualquier problema se estableció un interfaz de alta accesibilidad.

Impactos

Impacto económico: el dispositivo ofrece beneficios significativos puesto que cuenta con componentes accesibles, programación sencilla y su costo beneficio es muy alto puesto que a nuestro usuario le daría autonomía y ventajas en la movilidad de su entorno. Además, el dispositivo podría propiciar nuevas opciones laborales en los ámbitos tecnológico y de manufactura. Esto implica la contratación de ingenieros, diseñadores, técnicos y otros especialistas que participen en el diseño y fabricación del bastón electrónico. Asimismo, la incorporación de tecnología en iniciativas como el bastón electrónico puede promover la innovación y el progreso tecnológico en el sector. Esta situación podría generar beneficios económicos a largo plazo al estimular el desarrollo y la competitividad de las compañías que participan en la creación y fabricación de tecnologías de apoyo.

Impacto social: Inicialmente, un bastón electrónico puede elevar la calidad de vida de las personas invidentes al brindarles una mayor autonomía y protección en su entorno. Además, contribuir a generar conciencia y sensibilización acerca de las necesidades y obstáculos que enfrentan las personas con discapacidad visual, lo cual puede promover una comprensión y empatía más amplias en la sociedad en su conjunto. Esto les permite participar de manera más activa en la sociedad, en el trabajo y en la educación, llevando a cabo tareas con mayor comodidad. Asimismo, contribuye a disminuir los obstáculos y prejuicios relacionados con la discapacidad visual.

Impacto tecnológico: El bastón electrónico para personas con discapacidad visual tiene un impacto tecnológico profundo y variado. Estos equipos suponen un avance importante en la

ayuda a la movilidad al incorporar tecnología de última generación para potenciar la seguridad, la independencia y la calidad de vida de quienes los utilizan. Inicialmente, el bastón guía cuenta con diversos sensores, incluidos los sensores ultrasónicos, los cuales identifican obstáculos en el entorno del usuario. Gracias a esta capacidad de detectar de forma anticipada y precisa, los usuarios pueden prever y esquivar obstáculos, disminuyendo el riesgo de accidentes y aumentando la seguridad en la movilidad.

Además de su función principal de detección de obstáculos, el bastón electrónico cuenta con una serie de características adicionales que amplían su utilidad y beneficios para los usuarios. Por ejemplo, algunos modelos pueden incluir sistemas de posicionamiento global (GPS) o tecnología de navegación por satélite, que brindan orientación auditiva o táctil para ayudar a los usuarios a desplazarse de forma más eficiente en entornos desconocidos. Esta capacidad de orientación no solo facilita la movilidad en lugares nuevos o complicados, sino que también fomenta la independencia y la confianza del usuario al explorar nuevos entornos.

También, el bastón electrónico puede servir como una plataforma para la incorporación de otras tecnologías y servicios, como aplicaciones móviles o dispositivos portátiles de comunicación. Por ejemplo, ciertos modelos pueden ser diseñados para conectarse a dispositivos móviles a través de Bluetooth, lo que habilita a los usuarios para acceder a funciones adicionales, tales como la transmisión de datos en tiempo real sobre el entorno circundante o la activación de servicios de asistencia en situaciones de emergencia. Esta capacidad de integración tecnológica amplía aún más la utilidad del bastón electrónico y lo posiciona como una herramienta versátil y adaptable para individuos con discapacidad visual.

En un contexto más amplio, el impacto tecnológico del bastón electrónico trasciende su utilidad individual para los usuarios, ya que también puede generar impactos positivos en la

sociedad en general. Al resaltar la importancia de la accesibilidad y la inclusión, este dispositivo promueve la conciencia sobre las necesidades de las personas con discapacidad visual y estimula la adopción de soluciones tecnológicas innovadoras para abordar dichas necesidades. Asimismo, al mejorar la movilidad y la autonomía de las personas con discapacidad visual, el bastón electrónico puede fomentar su participación más activa en la comunidad y facilitar su integración en diversos aspectos de la vida social y laboral.

Impacto ambiental: En el ámbito de la fabricación, la producción de bastones electrónicos implica la utilización de una variedad de materiales que incluyen plásticos, metales y componentes electrónicos. La extracción y tratamiento de estos materiales pueden ocasionar consecuencias adversas para el medio ambiente al generar residuos y agentes contaminantes. Asimismo, la energía requerida para cargar y mantener los bastones electrónicos también contribuye a su impacto ambiental.

Es fundamental seguir enfoques sustentables en la producción y utilización de los bastones electrónicos para reducir su huella ambiental. Esto implica emplear materiales reciclados o biodegradables, implementar tecnologías que ahorren energía y fomentar prácticas de reciclaje responsables. Según el tipo de energía empleada, la recarga de los dispositivos puede generar emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de recursos naturales. A pesar de estos efectos ambientales, los bastones electrónicos son indispensables para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Facilitan una mayor autonomía, seguridad y acceso a lugares como terrenos inestables, pisos deslizantes, pisos desnivelados que de otro modo serían complicados de transitar.

Conclusiones y Recomendaciones

El presente documento se realizó un diseño ergonómico e inteligente con diversas consultas de documentos, artículos y proyectos respecto a dispositivos electrónicos con el objetivo de dar solución a una problemática que afecta alrededor del 7,1% de la población Colombia según el DANE. Se implementaron componentes de bajo costo en el diseño del bastón electrónico con el objetivo de reducir la barrera de acceso al dispositivo, permitiendo que un mayor número de personas se beneficien de sus funciones y utilidades. Esta decisión estratégica no solo se centra en la eficacia y funcionalidad del dispositivo, sino que también tiene un impacto significativo en la accesibilidad y disponibilidad de este para las personas invidentes.

Al seleccionar componentes de bajo costo, se reduce el costo total de producción del bastón electrónico, lo que potencialmente lo hace más asequible para un segmento más amplio de la población. Esto significa que personas de diversos ámbitos socioeconómicos pueden acceder a esta tecnología asistencial sin enfrentar dificultades financieras significativas. En consecuencia, se amplía el acceso a herramientas que pueden mejorar la calidad de vida y la autonomía de las personas invidentes, independientemente de su capacidad económica.

Además de facilitar la adquisición del bastón electrónico, la inclusión de componentes de bajo costo también puede tener un impacto positivo en su distribución a nivel global. Al reducir los costos de producción, se abren oportunidades para que organizaciones sin fines de lucro, gobiernos y otras entidades puedan implementar programas de distribución a gran escala, facilitando así el acceso al dispositivo en comunidades marginadas o de bajos recursos en todo el mundo.

La implementación del diseño propuesto tendría un impacto significativo tanto en el ámbito sociedad como en lo tecnológico. Desde una perspectiva social, el bastón electrónico

diseñado se convierte en una herramienta crucial para empoderar a las personas invidentes, permitiéndoles recuperar su autonomía y sentirse seguras en la relación de actividades cotidianas y la exploración de entornos tanto cerrados como abiertos. Esto solo contribuiría a mejorar su calidad de vida, sino que también fomentaría su inclusión en la sociedad al permitirles participar activamente en actividades educativas, laborales y recreativas. Además, el impacto social se entendería más allá de las personas invidentes, ya que un bastón electrónico eficaz y no invasivo también podría ayudar a sensibilizar a la sociedad sobre las necesidades y desafíos que enfrentan las personas con discapacidad. Al promover la independencia y la seguridad de este grupo demográfico, se construye una sociedad más inclusiva y accesible para todos.

En cuanto al impacto tecnológico, el diseño del bastón electrónico presenta innovaciones significativas en términos de ergonomía y funcionalidad. La incorporación de un sensor ultrasónico para la detección de objetos, junto con señales audibles y de vibración, brinda al usuario una experiencia de navegación más intuitiva y segura. La inclusión de un interruptor de emergencia que activa una señal de SOS agrega una capa adicional de seguridad y tranquilidad para tanto los usuarios como los familiares en situaciones de riesgo o emergencia.

Para garantizar la efectividad del diseño, se llevaron a cabo pruebas y simulaciones exhaustivas para evaluar su rendimiento en una variedad de escenarios y condiciones. Esto asegura que el bastón electrónico no solo cumpla con los estándares de calidad y seguridad, sino que también satisfaga las necesidades y expectativas de sus usuarios finales.

Por último, la implementación del diseño del bastón electrónico no solo representa un avance tecnológico significativo, sino que también tiene el potencial de transformar positivamente la vida de las personas con discapacidad visual al promover su independencia, seguridad y participación en la sociedad.

Recomendaciones de Actualizaciones, Uso y Mantenimiento

Capacitación en mantenimiento preventivo: dar a conocer al personal encargado del mantenimiento del bastón electrónico en temas de electrónica y programación de Arduino, así como en la identificación y resolución de problemas técnicos comunes.

Actualizaciones periódicas de software y firmware: Establecer un programa regular de actualizaciones de software y firmware para mejorar la funcionalidad y la seguridad del bastón electrónico, así como para corregir errores y vulnerabilidades de seguridad.

Integración de tecnología de asistencia adicional: Explorar la posibilidad de integrar tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial o el reconocimiento de voz, para mejorar la accesibilidad y la usabilidad del bastón electrónico.

Pruebas de campo y retroalimentación de usuarios: Antes de utilizar el bastón electrónico en situaciones reales, debe realizar pruebas piloto del bastón electrónico en entornos seguros y familiares para facilitar su funcionamiento y ajustar la sensibilidad de los sensores según sea necesario. Después de realizar la prueba piloto del bastón electrónico, comprueba su funcionamiento en entornos reales y recopilar comentarios y sugerencias de los usuarios para identificar áreas de mejora y optimización.

Diseño ergonómico y ajustable: Continuar refinando el diseño del bastón electrónico para que sea ergonómico, liviano y ajustable, para adaptarse a las necesidades y preferencias individuales de los usuarios.

Integración de sensores adicionales: Considerar la inclusión de sensores adicionales, como GPS o sensores de temperatura, para proporcionar información adicional y mejorar la experiencia del usuario en diversas situaciones.

Optimización de la duración de la batería: Investigar formas de optimizar el consumo de energía del bastón electrónico para prolongar la duración de la batería y reducir la necesidad de recargas frecuentes.

Educación sobre el uso adecuado: Proporcionar recursos educativos y materiales de capacitación sobre el uso adecuado y el mantenimiento del bastón electrónico, incluyendo instrucciones sobre cómo limpiar, almacenar y proteger el dispositivo.

Familiarízate con el funcionamiento del bastón electrónico: Antes de utilizarlo, tómate el tiempo necesario para comprender cómo funciona el bastón electrónico, incluyendo sus funciones, controles y señales de alerta.

Almacena el bastón correctamente cuando no lo uses: Cuando no estés utilizando el bastón electrónico, guárdalo en un lugar seguro y protegido para evitar daños accidentales y prolongar su vida útil.

No expongas el bastón electrónico a condiciones extremas: Evita exponer el bastón electrónico a condiciones climáticas extremas, como lluvia intensa o altas temperaturas, ya que esto podría afectar su funcionamiento.

Utiliza el bastón de forma suave y cuidadosa: Al desplazarte con el bastón electrónico, hazlo de forma suave y cuidadosa para evitar golpear objetos u obstáculos con demasiada fuerza, lo que podría dañar el dispositivo.

Responde adecuadamente a las señales de alerta: Presta atención a las señales de alerta del bastón electrónico, como vibraciones o sonidos audibles, y responde adecuadamente a ellas para evitar obstáculos o situaciones de peligro.

Reporta cualquier problema o anomalía: Si experimentas algún problema o anomalía con el bastón electrónico, no dudes en reportarlo al personal técnico encargado para su revisión y reparación adecuadas.

Limpieza regular: Realiza una limpieza regular, asimismo asegúrate de mantener el bastón electrónico limpio y seco en todo momento para eliminar el polvo, la suciedad y otros residuos que puedan acumularse en la superficie del dispositivo especialmente los sensores y las partes electrónicas.

Verificación de los sensores: Revisa periódicamente los sensores ultrasónicos del bastón electrónico para asegurarte de que estén limpios y en buen estado de funcionamiento. Limpia suavemente los sensores con un paño suave y seco para eliminar cualquier suciedad o residuo.

Comprobación de la batería: Verifica regularmente el estado de la batería del bastón electrónico para asegurarte de que esté completamente cargada y en buen estado de funcionamiento. Sigue las instrucciones del fabricante para cargar la batería de forma segura y adecuada.

Inspección de cables y conexiones: Examina periódicamente los cables y las conexiones del bastón electrónico para detectar signos de desgaste, daños o corrosión. Asegúrate de que todas las conexiones estén bien ajustadas y seguras.

Calibración de sensores: Ajusta la sensibilidad de los sensores según sea necesario, ajusta la sensibilidad de los sensores ultrasónicos del bastón electrónico para garantizar una detección precisa de obstáculos y una retroalimentación adecuada al usuario para garantizar un funcionamiento óptimo.

Protección contra la humedad: Protege el bastón electrónico de la humedad y la exposición al agua para evitar daños en los componentes electrónicos. Utiliza fundas impermeables o resistentes al agua cuando sea necesario y evita utilizar el dispositivo en condiciones climáticas extremadamente húmedas. Para garantizar su correcto funcionamiento.

Seguimiento de la garantía: Si el bastón electrónico está cubierto por una garantía, asegúrate de mantener un registro de esta y de seguir los procedimientos adecuados en caso de necesitar reparaciones o reemplazos.

Consulta con un profesional: Si tienes alguna pregunta o problema relacionado con el mantenimiento del bastón electrónico, no dudes en consultar con un profesional o contactar al fabricante para obtener asistencia técnica y orientación.

Referencia Bibliográficas

- Barontini, F., Catalano, M., Pallottino, L., Leporini, B., & Bianchi, M. (2020). Integrating Wearable Haptics and Obstacle Avoidance for the Visually Impaired in Indoor Navigation: A User-Centered Approach. *IEEE Transactions on Haptics*, 14, 109-122. <https://doi.org/10.1109/TOH.2020.2996748>
- Bhatlawande, S., Mahadevappa, M., Mukherjee, J., Biswas, M., Das, D., & Gupta, S. (2014). *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, vol. 22, N°. 6. Design, Development, and Clinical Evaluation of the Electronic Mobility Cane for Vision Rehabilitation. <https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6818393>
- Bhavana, R., & Ananthakumaran., S. (2021). Development of a smart walking stick for visually impaired people. , 12, 999-1005. <https://doi.org/10.17762/TURCOMAT.V12I2.1112>
- Carvajal García, J., & Moreno Londoño, A. (2021). Prototipo electrónico portátil para la detección de obstáculos a la altura de la cintura mediante el uso de señales de ultrasonido, vibratorias, luminosas y audibles en personas con discapacidad visual. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/44570>
- Chaccour, K., Eid, J., Darazi, R., Hassani, A., & Andres, E. (2015). Multisensor guided walker for visually impaired elderly people. 2015 International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME), 158-161. <https://doi.org/10.1109/ICABME.2015.7323276>
- Chaurasia, S., & Kavitha, K. (2014). An electronic walking stick for blinds. International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES2014), 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICICES.2014.7033988>

for Blind People Navigation. <https://ieeexplore-ieee->

[org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7391545](https://ieeexplore-ieee-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7391545)

Fukasawa, A., & Magatani, K. (2012). A navigation system for the visually impaired an intelligent white cane. 2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 4760-4763. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6347031>

Gbenga, D., Shani, A., & Adekunle, A. (2017). Smart Walking Stick for Visually Impaired People Using Ultrasonic Sensors and Arduino. International journal of engineering and technology, 9, 3435-3447. <https://doi.org/10.21817/IJET/2017/V9I5/170905302>

Khampachua, C., Wongrajit, C., Waranusast, R., & Pattanathaburt, P. (2016). Wrist-mounted smartphone-based navigation device for visually impaired people using ultrasonic sensing. 2016 Fifth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC), 93-96. <https://doi.org/10.1109/ICT-ISPC.2016.7519244>

Khan, M., Paul, P., Rashid, M., Hossain, M., & Ahad, M. (2020). An AI-Based Visual Aid With Integrated Reading Assistant for the Completely Blind. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 50, 507-517. <https://doi.org/10.1109/THMS.2020.3027534>

Kim, D., Emerson, R., & Naghshineh, K. (2017). Effect of cane length and swing arc width on drop-off and obstacle detection with the long cane. The British Journal of Visual Impairment, 35, 217 - 231. <https://doi.org/10.1177/0264619617700936>

Kumar, K., Champaty, B., Uvanesh, K., Chachan, R., Pal, K., & Anis, A. (2014). Development of an ultrasonic cane as a navigation aid for the blind people. 2014 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), 475-479. <https://doi.org/10.1109/ICCICCT.2014.6993009>

- Kumar, M., Kabir, F., & Roy, S. (2017). Low Cost Smart Stick for Blind and Partially Sighted People. , 2, 65-68. <https://doi.org/10.24999/IJOAEM/02030018>
- Méndez Solorzano, M. F., & Urvina Muñoz, V. R. (2020). Diseño e implementación de un prototipo de bastón electrónico aplicado tecnología RFID y señales ultrasónicas a beneficio de las personas no videntes. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil-Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19095>
- Mendivelso Suarez, L. E., & Pérez Plaza, J. F. (2019). Sistema electrónico para la detección de espacios adaptado a un bastón convencional para personas con discapacidad visual. <http://200.119.126.32/bitstream/handle/20.500.12209/10778/TE-23513.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Murali, S., Shrivatsan, R., Sreenivas, V., Vijjappu, S., Gladwin, S., & Rajavel, R. (2016). Smart walking cane for the visually challenged. 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 1-4. <https://doi.org/10.1109/R10-HTC.2016.7906791>
- Naiwrita Dey, Pritha Ghosh, Rahul De, Ankita Paul, Chandrama Mukherjee, & Sohini Dey. (2108). Ultrasonic sensor based Smart blind stick. <https://ieeexplore-ieee.org/bibliotecavirtual.unad.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8551067>
- Nakamura, T. (1997). Quantitative analysis of gait in the visually impaired. Disability and rehabilitation, 19 5, 194-7. <https://doi.org/10.3109/09638289709166526>
- Niitsu, Y., Taniguchi, T., & Kawashima, K. (2014). Detection and notification of dangerous obstacles and places for visually impaired persons using a smart cane. 2014 Seventh International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU), 68-69. <https://doi.org/10.1109/ICMU.2014.6799060>

- Oladayo, O. (2014). A Multidimensional Walking Aid for Visually Impaired Using Ultrasonic Sensors Network with Voice Guidance. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 6, 53-59. <https://doi.org/10.5815/IJISA.2014.08.06>
- Orita, K., Takizawa, H., Aoyagi, M., Ezaki, N., & Mizuno, S. (2013). Obstacle detection by the Kinect cane system for the visually impaired. *Proceedings of the 2013 IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, 115-118. <https://doi.org/10.1109/SII.2013.6776667>
- Ranavolo, A., Conte, C., Iavicoli, S., Serrao, M., Silvetti, A., Sandrini, G., Pierelli, F., & Draicchio, F. (2011). Walking strategies of visually impaired people on trapezoidal- and sinusoidal-section tactile groundsurface indicators. *Ergonomics*, 54, 246 - 256. <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.548533>
- Rojas Olaya, C. R. (2016). Implementación de un bastón detector de obstáculos elevados para personas invidentes. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1177>
- Saaid, M., Mohammad, A., & Ali, M. (2016). Smart cane with range notification for blind people. *2016 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, 225-229. <https://doi.org/10.1109/I2CACIS.2016.7885319>
- Sarmiento Vizcaíno, Y. (2019). Desarrolló de un bastón electrónico para el desplazamiento y ubicación de personas con discapacidad visual. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2504>
- Sharma, S., Gupta, M., Kumar, A., Tripathi, M., & Gaur, M. (2017). Multiple distance sensors based smart stick for visually impaired people. *2017 IEEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/CCWC.2017.7868407>

Shiizu, Y., Hirahara, Y., Yanashima, K., & Magatani, K. (2007). The development of a white cane which navigates the visually impaired. 2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 5005-5008.

<https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4353464>

Slade, P., Tambe, A., & Kochenderfer, M. (2021). Multimodal sensing and intuitive steering assistance improve navigation and mobility for people with impaired vision. *Science Robotics*, 6. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abg6594>

Takatori, N., Nojima, K., Matsumoto, M., Yanashima, K., & Magatani, K. (2006). Development of voice navigation system for the visually impaired by using IC tags. 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 5181-5184.

<https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.260437>

Torres San Miguel, C. R., & Rodríguez Martínez, R. (2012). Batón blanco para prevenir obstáculos.

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11470/21.pdf?sequen%20ce=1>