



## Prototipo de bastón inteligente para discapacidad visual

### Smart cane prototype for visually impaired

Diana Luz Sánchez-Méndez<sup>1\*</sup>, Juan Manuel Olguín-Medina<sup>1</sup>, Ángela Pérez-Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ITS de Xalapa, Av. Del Tecnológico S/N, colonia Santa Bárbara, ciudad de Xalapa, Veracruz., C.P. 91098, Xalapa, Veracruz

\*Autor de correspondencia: [diana.sm@xalapa.tecnm.mx](mailto:diana.sm@xalapa.tecnm.mx)

Recibido 15 de mayo 2022; recibido en forma revisada 28 de septiembre 2022; aceptado 30 de octubre 2022

## RESUMEN

A nivel mundial, una de las discapacidades más desarrolladas en los últimos años es la pérdida del sentido de la vista, este problema va en aumento año tras año, siendo éste uno de los sentidos principales.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), reportó en 2015 que había 217 millones de personas con baja visión y 36 millones eran ciegas, estimando para 2050 el incremento a 114.6 millones<sup>1</sup>.

El Sistema Nacional de Educación, preocupado por el tema de la inclusividad en la educación, tiene como

---

<sup>1</sup> Incremento de la discapacidad visual. [http://www.webmati.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=182:incremento-de-la-discapacidad-visual-a-nivel-mundial&catid=13&Itemid=160#:~:text=De%20acuerdo%20con%20los%20informes,millones%20de%20personas%20en%202050](http://www.webmati.es/index.php?option=com_content&view=article&id=182:incremento-de-la-discapacidad-visual-a-nivel-mundial&catid=13&Itemid=160#:~:text=De%20acuerdo%20con%20los%20informes,millones%20de%20personas%20en%202050)

principal objetivo involucrar a todas las personas que presentan algún tipo de discapacidad en la sociedad en general. Presentar esta discapacidad no se vuelve complicado para que una persona pueda llevar su vida normal, ya que existen diversas herramientas a nivel mundial regidas por la OMS, para ayudar a esta población objeto de estudio a involucrarse en los diferentes espacios lúdicos, educativos y laborales.

La realización de este prototipo se encuentra desarrollada en la *metodología experimental mixta*, basada en la investigación directa con las personas que sirvieron como parte del modelo de aceptación o rechazo del producto final, lo que permitió hacer cambios o modificaciones a la estructura del proyecto y así cumplir con la norma NOM-030-SSA3-2013 para el diseño de bastones para personas con discapacidad visual.

Se realizaron pruebas con la población de estudio, en un espacio donde se encuentran diferentes obstáculos que puedan impedir un libre movimiento, para comprobar si esta herramienta se considera óptima, con la finalidad de facilitar su desplazamiento. Los sujetos con los que se están realizando las pruebas son: una persona invidente de nacimiento y una persona débil visual el cual fue perdiendo poco a poco la visibilidad de los objetos y personas, debido a una lesión en las córneas.

**Palabras Clave:** Visión, inclusividad, inteligencia artificial, sensores.

## ABSTRACT

Around the world, in recent years one of the most impair is the loss of the sense of sight, this problem is increasing year after year. Being one of the main senses.

The World Health Organization (WHO) reported in 2015, 217 million people with low vision and 36 million were blind, estimating for 2050 it increases to 114.6 million.

The National Education System, concerned with the issue of inclusiveness in education, it has as main objective involve all people who have some type of disability in society. Presenting this disability does not become complicated for a person to live a normal life, there are several devices used by the WHO, to help this population under study to get involved in the different recreational, educational and work spaces.

The development of this prototype is under the mixed experimental methodology, based on direct research with the people who helped to test the prototype as part of the model of acceptance or rejection of the final product, which allowed changes or modifications to the prototype structure and thus comply with the NOM-030-SSA3-2013 standard for the design of canes for people with visual impaired.

The prototype were tested with the study population, in a space where there are different obstacles that can prevent free movement, to check if this tool is considered optimal, in order to facilitate their movement. The test subjects are: a blind birth person and a visually impaired person who gradually lost visibility of objects and people, due to a corneal lesion.

**Keywords:** Vision, inclusiveness, artificial intelligence, sensors.

## INTRODUCCIÓN

Hablar de discapacidad es hacer referencia a la condición de vida de una persona o individuo, el cual puede padecer sordera, ceguera, intelectual, motriz y sensorial, por mencionar algunas. Las cuales se pudieron presentar desde la concepción hasta su nacimiento, infancia o vida adulta.

El presente trabajo de investigación se encuentra ligado con la discapacidad visual y la forma en la que se ha ido desarrollando un Bastón Inteligente, que sirve como herramienta para el desplazamiento de las personas de forma segura, incluye el manejo de sensores que hacen la diferencia con los bastones que existen en el mercado.

El propósito de este prototipo, es la de ofrecer a las personas con discapacidad visual la adquisición de habilidades y la adopción de conductas de adaptación que faciliten el proceso de inclusión social. Además de fortalecer el desempeño individual con una herramienta ergonómica, desarrollada por estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico

Superior de Xalapa.

Con base a los lineamientos de la Secretaría de Educación Pública y con respecto a la Agenda 2030, se asumió el reto de brindar atención educativa a todas aquellas personas que presentan diferentes tipos de discapacidad, surgiendo el término de equidad, el cual conlleva a dar respuesta a las necesidades de la población, aplicando este principio en diversas áreas, tanto en la vida familiar, laboral, educativa, social, diversión y deporte por mencionar algunas.

Es importante conocer los conceptos que se manejan en este tipo de discapacidad, con el propósito de que los oradores, lectores y público en general se dirijan de forma correcta hacia estas personas.

La inclusión se puede definir como un conjunto de procesos y de acciones orientados a eliminar y minimizar las barreras que dificultan el aprendizaje y la participación de una persona con ceguera total o parcial. (Ramírez, 2010).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), a nivel mundial, es una de las organizaciones que

posee las estadísticas acerca de las personas que padecen alguna discapacidad. Con base a estos datos estadísticos, se dice que existen 1300 millones de personas que padecen deficiencia visual.

La clasificación Internacional de enfermedades cataloga la deficiencia visual en dos grupos según el tipo de visión: de lejos y de cerca.

En el caso de la deficiencia de visión desde lejos, se establece lo siguiente:

- ✓ **Leve:** agudeza visual inferior a 6/12
- ✓ **Moderada:** agudeza visual inferior a 6/18
- ✓ **Grave:** agudeza visual inferior a 6/60
- ✓ **Ceguera:** agudeza visual inferior 3/60  
Deficiencia de visión de cerca:
- ✓ **Agudeza visual de cerca** inferior a N6 o N8 a 40 cm con la corrección existente

Existen muchos factores que intervienen en la prevención y el tratamiento, el acceso a la rehabilitación de la visión (incluidos los productos de asistencia como lentes o bastones blancos), así como el hecho que si existen personas que tienen problemas debido a la

inaccesibilidad de los edificios, los medios de transporte y la información.

Las principales causas de la visión deficiente son:

- ✓ Errores de refracción no corregidos
- ✓ Cataratas
- ✓ Degeneración macular relacionada con la edad
- ✓ Retinopatía diabética
- ✓ Opacidad de la córnea
- ✓ Tracoma (OMS, 2018).

Basándose en estos datos y enfermedades y que hay mucho apoyo a personas completamente ciegas el sector de débiles visuales es un campo poco explorado.

El presente proyecto hace referencia a un Bastón inteligente, el cual es un dispositivo que se define como una herramienta que facilita la manera de movilizarse para una persona con debilidad visual. La característica principal de este elemento es la utilización de sensores para detectar y monitorear posibles obstáculos que

pueda haber en el camino y motores de vibración para alertarlos. Este plan de investigación se realizó con interés académico y profesional, con el fin de innovar en el campo de herramientas para personas débiles visuales.

Existen muchos riesgos que este sector de la población tiene que enfrentar cuando salen a las calles, estos obstáculos pueden ser: coladeras abiertas, desniveles, automóviles e incluso personas que a veces obstaculizan el paso, lo cual puede provocar un accidente. Existen algunas herramientas que facilitan la movilidad de los invidentes, como son los bastones, que tienen la limitante de solo indicar lo que hay al frente o abajo. (OMS, 2018)

Por esta razón surgió la necesidad de desarrollar un bastón inteligente, que utiliza sensores y motores, y a su vez que sea útil e innovador.

Desde el punto de vista de la Ingeniería, la Inteligencia Artificial utiliza diversas herramientas en la solución de problemas, estas herramientas se presentan en distintas técnicas, entre las básicas se pueden mencionar las

siguientes:

**Búsqueda de soluciones:** Las búsquedas proporcionan una forma de resolver los problemas en los que no se dispone de un método más directo como una estructura con técnicas directas existentes, en la Inteligencia Artificial es fundamental considerar la búsqueda heurística como una de las formas más eficientes en la solución de problemas, la innovador se define como el conjunto de criterios, métodos o principios que se utilizan para encontrar, entre varios cambios posibles, cuál o cuáles son los más efectivos para obtener un objetivo determinado.

**Representación del conocimiento:** El uso del conocimiento proporciona una forma de resolver problemas complejos usando estructuras de los objetivos involucrados. El agente que actúa inteligentemente requiere tener una representación del ambiente sobre el que actúa, o por lo menos de los aspectos que son relevantes para resolver un problema. La Inteligencia Artificial emplea diferentes sistemas para la representación del

conocimiento e implícitamente las posibilidades que ofrece en la aplicación de dichos sistemas. El fin de la representación de conocimiento es organizar la información sobre el dominio o tema a tratar, de tal manera que, el programa de la Inteligencia Artificial pueda acceder fácilmente la información para tomar decisiones, planear, reconocer objetos y situaciones, analizar, sacar conclusiones y otras funciones cognitivas. Es fundamental distinguir diversas formas de conocimiento, según el problema a solucionar, siendo los principales:

**Conocimiento general**, leyes que cumplen sobre conjunto de objetos. Puede presentarse como fórmulas matemáticas o lógicas, o de manera informal, el lenguaje hablado/escrito.

**Conocimiento procedural**, secuencias de acciones a seguir, se pueden representar mediante diagramas de flujo, algoritmos, etcétera.

**Metaconocimiento** (conocimiento sobre el conocimiento): Puede ser una forma extremadamente importante de conocimiento,

sobre todo en sistemas que aprenden.

**Reconocimiento de patrones**, Trata de diferentes técnicas de clasificación para identificar los subgrupos con características comunes en cada grupo, y con el grado de asociación se obtiene una conclusión diferente. De manera general se puede decir que el reconocimiento de patrones consiste en medir el parecido entre formas y su comparación cuantitativa.

Los algoritmos desarrollados en esta área son herramientas útiles en otros campos como en el reconocimiento de lenguaje natural, la visión por computadora, reconocimiento de imágenes, reconocimiento de señales, el diagnóstico de fallos de equipos, el control de procesos, etcétera.

**Procesamiento del lenguaje natural**, También llamado lenguaje ordinario, utiliza una comunidad lingüística con el fin de la comunicación, y se ha construido con reglas y convenciones lingüísticas y sociales durante el período de constitución histórica de nuestra

sociedad. (Arauz, 1998).

El procesamiento del lenguaje natural dentro de la Inteligencia Artificial consiste en:

**Procesamiento del lenguaje escrito**, requiere el conocimiento léxico, sintáctico y semántico de las palabras, y del mundo real.

**Procesamiento del lenguaje real**, requiere conocimientos de fonología y de la información para manejar ambigüedades que se presenten en el habla; también requiere de los conocimientos para el procesamiento de lenguaje escrito.

Se puede decir que el procesamiento del lenguaje natural es una de las técnicas más interesantes en la Inteligencia Artificial, ya que tiene por objetivo estudiar el lenguaje de los seres humanos para poder acceder desde una computadora hasta todo tipo de seres inteligentes. (Pajares, 2002).

**Robótica**, Dentro de las técnicas de la Inteligencia Artificial, es de las más beneficiadas, debido a que tiene por objetivo la construcción de robots inteligentes capaces de funcionar con autonomía. La robótica se ocupa

de tareas motrices y perceptuales, es la conexión inteligente entre la percepción y la acción.

La construcción de robots autónomos se realiza teniendo presente ciertas capacidades como lo son:

- ✓ La percepción básica, misma que implica la visión, la capacidad de identificar y reconocer sonidos, la habilidad de identificar olores y el sentido del tacto.
- ✓ La función motriz, comprende la habilidad de moverse en forma autónoma y la manipulación de símbolos.

Un robot inteligente es capaz de:

- ✓ Recibir comunicación.
- ✓ Comprender un entorno mediante el uso de modelos.
- ✓ Formular planes.
- ✓ Ejecutar planes.
- ✓ Motorizar su operación.

Un robot consta de:

- ✓ Uno o más manipuladores (brazos).
- ✓ Efectos finales (manos).
- ✓ Un controlador. (HUERTA, 2009).

**Redes Neuronales:** Almacenan la información de manera distinta que las computadoras tradicionales. Los conceptos se representan como patrones de actividad entre varias neuronas, de modo que son menos susceptibles a averías de la máquina. Una de las ventajas de utilizar las redes neuronales es que pueden seguir funcionando, aunque se destruyan algunas de sus neuronas, esto es atribuido a su estructura de red. (Zampayo, 2004).

**Algoritmos genéticos:** Son aquellos que tratan de emular el proceso de selección natural, mediante el cual los individuos aptos logran sobrevivir y logran que sus mejores características para se mantengan en las generaciones posteriores. Un algoritmo genético normalmente trabaja sobre la representación de una posible. (Huerta, 2009).

**Sistemas expertos:** También son denominados sistemas basados en el conocimiento, dichos sistemas almacenan el conocimiento de expertos para un campo determinado y la solución se da mediante deducción lógica de conclusión, lo anterior se realiza desarrollando un software que imite el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema. (Salazar, 1999).

#### MATERIALES Y MÉTODOS:

A lo largo del tiempo, las personas invidentes han utilizado dispositivos a través de los cuales se les facilita el desplazamiento con la finalidad de que tengan un mayor control y evitar accidentes. Aunque existan diversas versiones de esta herramienta, todas cumplen con las características marcadas por la Organización Mundial para la Salud.

En el año de 1921, José Fallótico de origen argentino, vio cuando una persona quería cruzar la calle y al analizar sus movimientos se percató de que era discapacitada visual. Toma la decisión de apoyarla y queda obsesionado con la forma en

la que se debería de distinguir a una persona invidente<sup>2</sup>.

Es así como realiza el diseño del bastón blanco como se puede observar en la “figura 1”, se apoya en la escuela para ciegos de su natal Argentina y con ello surge la primera herramienta para débiles visuales o ciegos. Sin embargo, en documentos consultados, se dice que Fallótico nunca patentó el producto, lo que dio pauta para que los norteamericanos diseñaran un objeto parecido y quedara patentado bajo su nombre.

En este breve relato, se puede ver como la inquietud de una persona permite generar una idea, refinarla y comenzar a trabajar con diseños que le permitieran en todo momento resolver una situación de la vida cotidiana y con un enfoque social que ha dado la vuelta al mundo, pero sobretodo el objetivo principal siempre fue la independencia de las personas ciegas para que tuvieran un desplazamiento habido de seguridad, confort e identificación, para que la población a

su alrededor identificaran su condición de vida.

Para diseñar el prototipo de bastón inteligente, se tomaron en cuenta el diseño original o actual de dicha herramienta, la cual satisface las necesidades de las personas que tienen problemas con la visión. Al realizarse el estudio en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, se puede apreciar que los diversos diseños que se encuentran en el mercado no representan una innovación tecnológica, sin embargo, los precios son elevados sobre dicho producto y la finalidad es diseñar una herramienta con materiales sofisticados, que no sean costosos, fáciles de adquirir, pero cuyo objetivo principal es que sea sustentable y asequible en los diversos estratos sociales. Sobre todo, porque la población más vulnerable es la de escasos recursos.

Es bien sabido, que la adición de tecnología no hará que las personas puedan corregir su problema, pero sí les dará mayor oportunidad de desplazamiento, ya el prototipo emitirá vibraciones que permiten que la persona que lo

---

<sup>2</sup> <https://www.infobae.com/discapacidad/2017/03/25/baston-blanco-el-curioso-origen-de-la-herramienta-esencial-de-to-da-persona-no->

vidente/#:~:text=Este%20bast%C3%B3n%20se%20cre%C3%B3%20c%20omo,con%20personas%20con%20movilidad%20reducida

porta de forma inmediata identifique que hay obstáculos en las cuatro direcciones principales (arriba, frente, izquierda y derecha) que le impedirá avanzar o bien mediante el sensor de abajo detectara cambios de distancia entre el bastón y el suelo para prevenir una posible caída.

Una de las principales ventajas es que con el uso de un bastón tradicional es necesario que las personas asistan a una escuela para ciegos, en donde reciben capacitación para hacerlos independientes y manipular el bastón de la forma correcta, a diferencia de esta propuesta, con la cual a través de las vibraciones emitidas en cada uno de los dedos el usuario podrá de manera inmediata determinar objetos que se encuentren al frente de él, antes de que suceda un accidente.

Un sistema neuronal biológico está compuesto por millones de neuronas organizadas en capas. En la emulación de dicho sistema neuronal biológico, por medio de un sistema neuronal artificial, se puede establecer una estructura jerárquica similar a la existente en el cerebro. El elemento esencial será la neurona artificial, la cual se organizará en capas. Varias capas

constituirán una red neuronal. Finalmente, una red neuronal junto con los interfaces de entrada y salida constituirá el sistema global de proceso. (Basogain, 2015).

En la actualidad el avance de la tecnología se encuentra en un crecimiento constante. Para un país en vías de crecimiento el desarrollo tecnológico es un aspecto clave. La trascendencia del desarrollo científico no se limita a sus consecuencias económicas, también contribuye a elevar la vida política y social, aumenta la reflexión y conocimiento de la sociedad sobre sí misma para dirigir su propio destino.

Así mismo se obtienen diversos beneficios colectivos de gran importancia, como por ejemplo, mejorar la salud y la calidad de vida. (Reyes, 2011).

Dentro de la metodología implementada se hace énfasis al uso de las Redes Neuronales Artificiales (RNA). Estas iniciaron como clasificadores de elementos (Norving & Rusell, 2009). Hoy en día los avances en las RNA han llegado más allá, al punto que han sido utilizadas

para predecir diferentes fenómenos (Álvarez, 2016), es por esto que trabajando con diversos dispositivos para la adquisición de datos, en todo ellos se encontraron pequeños errores, se utilizan las RNA para mejorar la lectura a la que se encuentran los objetos de las señales que envían los sensores, así como ajustar la manera en la que se utiliza el bastón. Debido a que cada sujeto de prueba tiene una estatura diferente, así como un agarre del bastón para la salida a los actuadores se implementa lógica difusa, con la cual mejore la experiencia con respecto al uso del bastón.

Para el desarrollo de este prototipo se consideraron la combinación de las redes neuronales y lógica difusa para dar solución a los problemas que padecen las personas que son débiles visuales o discapacitados, por lo que se implementaron los siguientes materiales:

#### **A) Sensores de distancia**

Estos sensores son capaces de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 450 cm. El sensor como se muestra en la “figura 2”, determina la distancia a la que se encuentran los objetos, estos contienen toda la

electrónica encargada de hacer la medición. Su uso es muy sencillo de implementar para determinar las distancias a las que se encuentran los objetos, su tamaño es muy pequeño y parte de sus ventajas es su bajo consumo energético, gran precisión y precio asequible.

En la tabla 1 se pueden observar las características de este sensor.

Estos sensores tienen la característica que pueden trabajar con sonido, los cuales emiten una frecuencia y toman en cuenta el tiempo de regreso de esta para determinar la distancia a la que se encuentra el objeto que haya hecho que la señal retornará, o bien mediante el uso de laser el cual tiene el mismo principio permitiendo detectar la cercanía o lejanía de los objetos en los que rebote la señal.

#### **B) Microcontrolador**

El microcontrolador utilizado para este prototipo es el ATmega328 el cual con el uso de diversa circuitería se empalma en una tarjeta para obtener las conexiones necesarias a los sensores que se utilizarán, su consumo energético es muy

bajo, oscila entre los 3 y 5 volts, teniendo un consumo inferior a 1 watt por hora lo que lo hace muy eficiente con la interacción entre sensores y actuadores utilizados. En la “figura 3”, se puede observar el microcontrolador, en la “figura 4” se muestra el diagrama de pines de este, y en la tabla 2 sus características.

A continuación, se muestran las características de esta placa.

### **C) Mini motor vibrador**

Es un mini motor que, al momento de ser conectado, causa un efecto vibratorio. Son esenciales para emitir una señal al usuario y tenga el conocimiento de algún obstáculo, desnivel u objeto que llegue a colisionar con él. Entre mayor sea el voltaje de alimentación el consumo de corriente será más alto, así como también la velocidad de vibración.

A continuación, se muestran las características de este instrumento:

Dentro de los propósitos más comunes se encuentran: como fuente de movimiento para robots vibradores, indicador de dispositivos

wearables, indicador de mensajes en teléfonos inteligentes “figura 5”.

### **D) Alambre de cobre**

Este es un hilo de cobre el cual permite ser utilizado como un sistema nervioso, el cual sirve como conductor energético, como conductor de señales de los sensores y los actuadores, a pesar de no ser el mejor conductor, cumple la función necesaria para interconectar todos los dispositivos entre sí a un costo muy bajo. Visualizar “figura 6”.

#### **Ventajas**

- ✓ Bajo costo en su contratación.
- ✓ Facilidad para el rendimiento y la solución de problemas.
- ✓ Puede estar previamente cableado en un lugar o en cualquier parte.

### **E) Tubo PVC**

Es un conducto de forma cilíndrica que cumple la función de transportar cualquier fluido u

objetos que sean de menor tamaño, fabricado por un material ligero y químicamente inerte e inocuo como se puede visualizar en la “figura 7”.

#### **F) Puente L293D**

Es un controlador de motores, está construido con 4 mitades de puente -H que nos permite verificar y alimentar de forma independiente los motores. Como se muestra en la “figura 8”.

#### **Metodología**

Para la elaboración del prototipo de bastón, se optó por un diseño ergonómico ver “figura 9”, a través del cual se puedan colocar todos los componentes digitales que darán la posibilidad de emitir una vibración para indicar que hay obstáculos cerca y evitar accidentes. Por lo que cambia un poco el diseño del bastón al original, ya que se propone la siguiente forma:

Para iniciar el armado del prototipo se cortaron tres partes de tubo de diferentes medidas, como se citan a continuación: 30 cm de la parte de arriba donde es tomado, 80 cm de largo, 12 cm

de la parte baja donde están colocados los sensores, estas medidas se establecieron para que a las personas que lo usen les sea más cómodo su manejo. Se procedió a configurar los sensores en la placa con el microcontrolador para determinar las distancias en las que se encuentran los objetos.

En la “figura 10”, se puede observar cómo se procede al armado del bastón de forma conjunta con los diversos componentes, aquí es importante hacer notar que la configuración de la placa del microcontrolador, previamente ha sido cargada con el programa que será utilizado para interpretar las señales registradas por los sensores, procesarlas y enviarlas a los actuadores del dispositivo.

El trabajo de los sensores, será la detección de la distancia a la cual se encuentran los objetos alrededor del objetivo de desplazamiento, la interfaz proporcionada por los sensores, cuya función es recibir las señales y enviarlas al microcontrolador para que de esta manera se calcule la distancia en cada uno de los ejes analizando los cambios cada 10 microsegundos,

tiempo en el cual se procesaran los datos para poder así realizar la diferencia entre los tiempos emitidos y la distancia registrada, haciendo que la red neuronal sea alimentada y determine la potencia utilizada para enviar la señal a los actuadores en caso de determinar un cambio abrupto del sensado de los elementos alrededor del dispositivo.

Con base a las características de este sensor, una vez armado el bastón se procedieron a realizar las pruebas pertinentes para verificar el adecuado funcionamiento, cabe aclarar que primero fue utilizado por los residentes que apoyaron en este proyecto, teniendo en cuenta que esto permitiría determinar si el bastón es factible o no.

## **Resultados**

Toda vez que ya se tienen identificados los materiales y metodología con la que se va a trabajar, se procede al armado del prototipo, tomando en cuenta las medidas establecidas en la sección anterior y las cuales se consideran pertinentes.

La primera parte del prototipo se perfiló en el

diseño del bastón con el tubo pvc, la variación con el bastón original oscila en que no es completamente recto, el diseño propuesto es que tenga una curvatura que da la estabilidad para la detección de objetos y el área de mando, donde la persona que lo esté manipulando tenga flexibilidad y control sobre el objeto. Tal como se muestra en la “figura 11”.

Como se aprecia en la “figura 12”, se encuentran ubicados los sensores para verificar el funcionamiento, lo cual se hizo en una exposición de Ciencia y Tecnología con alumnos de nivel medio superior, en donde se está verificando la programación que se hizo a la placa del microcontrolador, juntamente con los sensores y los actuadores utilizados. Es de suma importancia que la conectividad y colocación de los sensores se lleve a cabo con el cuidado pertinente para que detecte los parámetros deseados.

Los voltajes establecidos a los sensores permiten que cuando un objeto está muy cerca del bastón la vibración o voltaje es más intenso y cuando se encuentra lejos, disminuye la intensidad.

El prototipo de bastón inteligente se muestra a continuación casi terminado.

Como se puede apreciar en la “figura 1”, aún falta la terminación total, de tal forma que no se vean los cables de cobre utilizados en ambos extremos, que son los que establecen el contacto con los sensores y la placa del microcontrolador.

La inteligencia artificial y las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características semejantes a las del cerebro. Por ejemplo, son capaces de aprender de la experiencia, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos de abstraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante, etc. (Hernández, 2016).

Para la calibración de los sensores y entrenamiento de la red neuronal, se hicieron pruebas para comprobar su función, con la distancia y posición dónde se deben reconocer los objetos, cada sensor ya que su ángulo de medición puede alcanzar varios grados de medición.

De acuerdo con el diseño ya seleccionado y a la

estructura del cableado, en la “figura 14” se observa el prototipo final.

Una vez terminado y comprobando que el prototipo funciona adecuadamente arrojando de manera eficiente las distancias medidas por los sensores, funcionando el prototipo se realizaron pruebas con la población de estudio, en un espacio donde se encuentran diferentes obstáculos que puedan impedir un libre movimiento y con ello comprobar si los sensores trabajan de forma adecuada.

Las pruebas actualmente están siendo realizadas con una persona invidente de nacimiento y a una persona débil visual el cual fue perdiendo poco a poco la visibilidad de los objeto y personas.

Las “figura 15” y “figura 16”, muestran las pruebas realizadas a una persona invidente de nacimiento.

En la “figura 17” y “figura 18”, se aprecia como la persona que tiene debilidad visual opera el bastón, detectando objetos con el sensor derecho.

En la “figura 19”, se muestra, como la persona con debilidad visual se va desplazando con el prototipo de forma segura, siempre supervisado por los residentes de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales.

La “figura 19”, muestra como la persona con debilidad visual ha recorrido diversos escenarios de forma conjunta con el bastón inteligente, lo que establece en primera instancia la seguridad que presentan las personas para su desplazamiento e independencia, así como a la confianza depositada en el personal que está detrás de este diseño.

En la “figura 20”, se puede observar a la misma persona con debilidad visual ahora se desplaza a una zona en la que se encuentra un objeto que impide su desplazamiento, por lo que el sensor frontal con base a sus características, emite la vibración de detección de objetos, por lo que deberá cuidar los pasos hacia adelante para evitar accidentes.

### **Discusión**

Es en pleno siglo XXI en donde la tecnología

está presente en nuestra vida diaria, es común utilizar un vocabulario técnico para referirnos a las cosas y actividades que nos rodean. La robótica es una rama interdisciplinaria de la ingeniería, que se desprende de las ingenierías mecánica, electrónica, eléctrica, teoría del control y de las ciencias de la computación. Estudia el análisis, diseño, manufactura y aplicación de máquinas automáticas con cierto grado de inteligencia, capaces de realizar tareas que pueden reemplazar las actividades de un ser humano. (Rus, 2018)

En la actualidad el avance de la tecnología se encuentra en un crecimiento constante. Para un país en vías de crecimiento el desarrollo tecnológico es un aspecto clave. La trascendencia del desarrollo científico no se limita a sus consecuencias económicas, también contribuye a elevar la vida política y social, aumenta la reflexión y conocimiento de la sociedad sobre sí misma para dirigir su propio destino.

Así mismo se obtienen diversos beneficios colectivos de gran

importancia, como, por ejemplo, mejorar la salud y la calidad de vida. (Reyes, 2011).

Como se logra apreciar, todo lo relacionado con tecnología y con la aparición de la robótica ha permitido que la vida del ser humano se vaya adaptando a nuevas formas de vida, sin excluir a nadie. Es por ello por lo que, a través de los resultados obtenidos en el diseño del prototipo de Bastón Inteligente, las personas que formaron parte de las pruebas, hicieron los comentarios a esta nueva herramienta, por lo que a continuación se citan algunos:

- ✓ La persona invidente de nacimiento argumenta que ella asistió desde pequeña a la escuela para invidentes, lo que le ha permitido ser independiente y controla el Bastón Blanco.
- ✓ El diseño del bastón con los aditamentos establecidos lo considera un poco pesado, ya que para ella es más grueso que su herramienta original
- ✓ El prototipo le permitió sentirse segura ya

que cuando detectaba un objeto cerca y que impidiera su paso, emite una vibración que la alerta de tropezar o tener un accidente, teniendo una distancia considerada.

- ✓ La manipulación del prototipo es adecuada, aunque por momentos se cansa, ya que siente que el bastón es un poco pesado.
- ✓ En el caso del débil visual, argumenta que el bastón inteligente le fue de mucha ayuda, ya que de forma inmediata le emite la alerta de objetos cerca o que impidan el desplazamiento.
- ✓ Establece que el diseño es óptimo, fácil de manejar y que fue de su agrado
- ✓ Al utilizar el sentido del tacto para conocer el bastón, indica que considera que es un diseño muy bien pensado, pues tiene ángulos que permiten que su mano se adapte a la herramienta y que da la posibilidad de descansar el brazo y mano.
- ✓ Su desplazamiento lo realizó de forma segura como se aprecia en el área de

resultados, siempre estuvo vigilado por los residentes que apoyaron al diseño de este prototipo.

- ✓ El área que se utilizó como prueba para las personas que ayudaron a las pruebas de esta herramienta no eran totalmente planas, éstas tenían desniveles, objetos que permitieran medir si los sensores estaban trabajando de forma correcta, tanto los frontales como los que van a los costados y esto permitió que los residentes y los docentes investigadores observaran con detenimiento si el tamaño era el adecuado o no.

Lo que puede tener como consecuencia es que este prototipo se puede seguir modificando con la finalidad de tener un objeto final que permita generar cambios en su estructura y materiales de uso. Tal como se muestra en la tabla 4, la cual muestra una comparativa del bastón médico tradicional para ciegos y el prototipo realizado.

Entre las mejoras que se proponen es que se le asigne una interacción con dispositivos móviles, con los cuales, mediante el uso sintetizadores de voz, indique a las personas que hay objetos y que

ya no sea tanto con la vibración, esa alarma puede estar incluida en el bastón o en su defecto que sea diseñada a través de una aplicación para celular, además se debe de buscar un material más ligero y resistente, para que sea más útil.

La ergonomía para este prototipo es muy importante, ya que se requiere material menos pesado, que permita en todo momento compactar o doblar el bastón como lo estila el bastón blanco y además que éste permita ser depositado o guardado sin ningún problema.

Debido al material utilizado para la construcción del cuerpo del bastón es recomendable no exponerlo a altas temperaturas, así como tener cuidado con mojarlo, ya que la protección de los sensores solo evita dañarles contra golpes.

## CONCLUSIONES

Según la OMS con el 20% de falta de visión, ya es tomado en las estadísticas como débil visual, actualmente, se tiene una población a nivel mundial del 80% dentro de esta categoría.

El desarrollo de este proyecto fue muy satisfactorio ya que aporta conocimientos en el

área operativa, de salud y educativa gracias a la ayuda de los avances tecnológicos que satisfacen las necesidades de la humanidad, de la mano de la inteligencia artificial con diversas técnicas y estudios, el diseño, la obtención de datos y la construcción del proyecto ha permitido comprender la utilidad y la forma de trabajo de la inteligencia artificial en la vida diaria, para realizar las pruebas fue indispensable contar con una persona débil visual y otra con ceguera de nacimiento, obteniendo un resultado satisfactorio con el uso del bastón ya que les permite tener una idea de lo cerca o lejos que se encuentran de los objetos.

Las mejoras del prototipo son las siguientes:

- ✓ Actualización de sensores: se recomienda la utilización de un sensor tipo laser ya que tiene mayor alcance y precisión.
- ✓ Cambiar el protoboard por una placa fenólica para optimizar el espacio.
- ✓ Actualizar el diseño del bastón para que el cableado no se encuentre al alcance del

usuario.

- ✓ Agregar un almacenamiento para las baterías.

## AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este proyecto, fue muy importante la colaboración de docentes y residentes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, quienes dedicaron tiempo y esfuerzo para conseguir los materiales e insumos para el diseño de este prototipo, así como la parte de investigación y generación de actividades que dieran pauta a la conclusión del proceso de investigación.

A los directivos del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, por prestar las instalaciones para que se llevara a cabo dicha investigación, por creer y apoyar a sus docentes en esta etapa, por estar siempre interesados en cubrir las necesidades del entorno y la población.

Al Dr. Juan Manuel Olguín Medina por estar pendiente del proceso de diseño con los residentes, por siempre atender sus necesidades

y apoyarlos en la programación de los microcontroladores y la aplicación de las redes neuronales, excelente trabajo logrado.

A la Dra. Ángela Pérez Cruz por colaborar en la supervisión de redacción y presentación del proyecto, siempre atenta a dar seguridad y proyección a los residentes.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez B. A. (octubre 2016). Predicción de resultados académicos de estudiantes de informática mediante el uso de redes neuronales SciELO - Scientific electronic library online. Recuperado de <https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052016000400015>
- Iglesias, R. B. (2013). Inteligencia artificial avanzada. Barcelona, Spain: Editorial UOC.
- Basogain Olabe, X., Olabe Basogain, M.A., Olabe Basogain, J.C. (2015). Pensamiento computacional a través de la programación: Paradigma de aprendizaje. Revista de Educación a distancia. Recuperado de <https://revistas.um.es/red/article/view/240011/182851>
- Huerta J. A. (2009). Diagramación de argumentos dialógicos y derrotantes en el sistema inteligente "expertus". México: Alfaomega.
- Norving, P., Rusell, S.J. (2009). Inteligencia Artificial, un enfoque moderno, Madrid España: Prentice Hall
- OMS. (11 de octubre de 2018). who.int. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment#>
- Pajares G. Y. (2002). Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento. Colombia: Rama.
- Ramírez M, M. E. (2010). Discapacidad Visual. Guía Didáctica para la inclusión en educación inicial y básica. México. CONAFE.
- Reyes F. (2011). Control de robots manipuladores. México, DF: Alfaomega.
- Rus, D. (2018). Robótica: una década de transformaciones. Intituto Tecnológico de Massachusetts. OpenMind
- Salazar, H. (1999). Inteligencia Artificial Aplicada al Diseño. México: Alfaomega.
- Zampayo V, C. F. (2004). Técnicas y Métodos para la Representación y Manipulación del Conocimiento en Ciencias Computacionales. México: OUC.

**ANEXOS**

Tabla 1 sensor de medición

CARACTERÍSTICAS	
Alimentación	+5v DC
Frecuencia de trabajo	40 KHz
Consumo(suspendido)	< 2Ma
Consumo(trabajando)	15Ma
Ángulo efectivo	< 15o
Distancia	2 cm a 400 cm*
Resolución	0.3 cm

Fuente: Propia

Tabla 2. características microcontrolador serie ATmega328

Familia/Series del Controlador:	ATmega
Rango de Producto:	Serie AVR ATmega Family ATmega328 Microcontrollers
Velocidad de CPU:	20MHz
Memoria Programable, Tamaño:	32KB
Tamaño de Memoria RAM:	2KB
Núm. de Contactos:	28Pines
Modelo de MCU:	DIP
Núm. de Entradas/Salidas:	23E/S's
Tipo de Interfaz Integrada:	I2C, SPI, USART
Tensión de Alimentación Mín.:	1.8V
Tensión de Alimentación Máx.:	5.5V
Familia MCU:	AVR ATmega
Serie MCU:	ATmega328
Nivel de Sensibilidad a la Humedad (MSL):	MSL 3 - 168 hr

Fuente [ATMEGA328P-PN - Microchip - Microcontrolador Serie ATmega328 Familia AVR ATmega, 8Bits, 20MHz \(newark.com\)](http://www.microchip.com/newark.com)

Tabla 3 mini motor vibrador

Características	
Dimensiones	10 mm de diámetro y 2 mm de altura
Voltaje	2V - 5V
Consumo a 5V	100 mA
Peso	0,9 gr

Fuente: propia

Tabla 4. Comparativa del bastón tradicional vs bastón inteligente

Características	Bastón Tradicional	Bastón Inteligente
Material	Aluminio resistente	PVC
Peso	350 gr	800 gr
Costo	\$1, 726	\$ 1,392
Longitud	124 cm	120 cm
Diseño	Plegable hasta en 4 partes de 31 cm	Diseño en Z

Fuente: propia



Figura 1. bastón blanco



Figura 2. sensores de distancia



Figura 3. ATmega328

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLK/MCP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Figura 4. configuración de pines del ATmega328

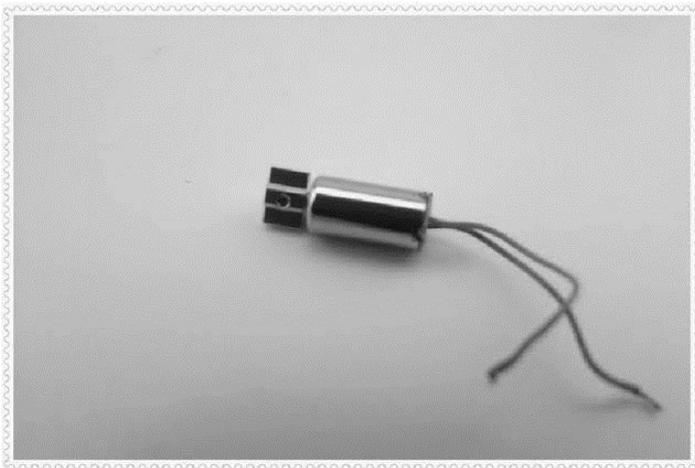


Figura 5. mini motor vibrador

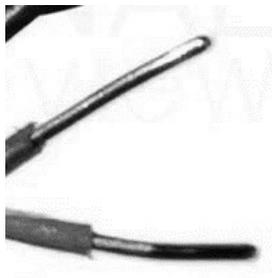


Figura 6. alambre de cobre

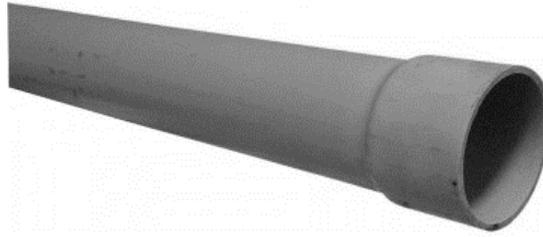


Figura 7. tubo Policloruro de Vinilo



Figura 8. Puente H L293D

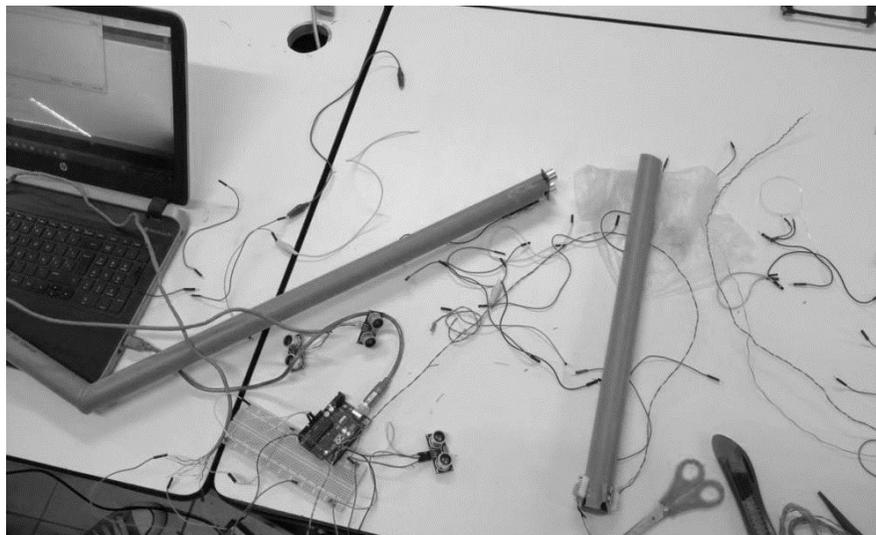


Figura 10. implementación y configuración de sensores



Figura 9. propuesta de diseño



Figura 11. prototipo de bastón inteligente



Figura 12. montaje de los sensores de distancia



Figura 13. prototipo de bastón inteligente semi terminado

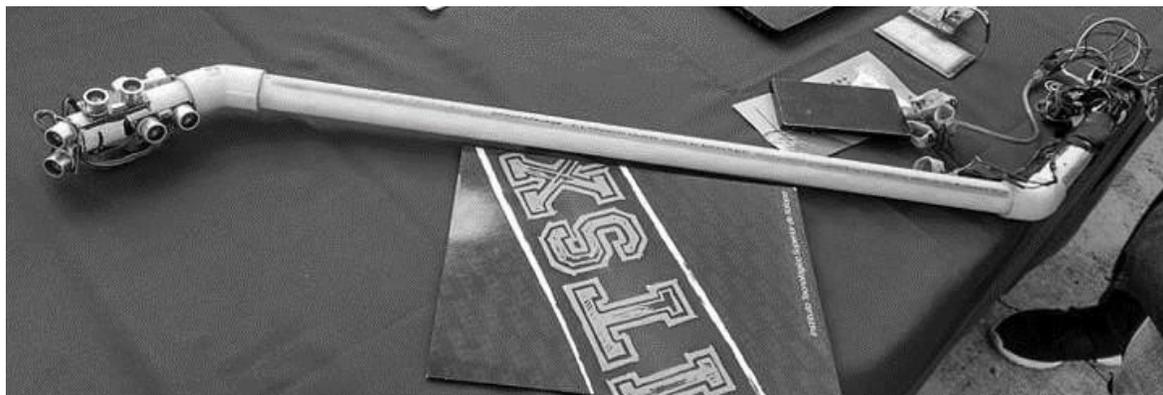


Figura 14. prototipo terminado



Figura 15. persona invidente de nacimiento



Figura 16. residentes de la carrera dando indicaciones a la persona para operación del prototipo



Figura 17. persona débil visual



Figura 18. desplazamiento por el área del laboratorio de ingeniería en sistemas computacionales



Figura 19. desplazamiento en piso con desnivel



Figura 20. verificación del bastón con objetos frontales