

CINTURÓN Y MANILLAS VIBRADORES ULTRASÓNICOS PARA NO VIDENTES

Autores: Hugo Medardo Grijalva Rivadeneira

Coautores: Ing. Cosme Damián Mejía

Carrera de Mecatrónica, FICA

Universidad Técnica del Norte. Av. 17 de Julio, Ibarra,
Ecuador

RESUMEN.

El objetivo principal del presente trabajo fue resultado de la necesidad de ofrecer independencia y seguridad en la movilidad de la persona con discapacidad visual crítica, por ello se ha creado un cinturón y manillas vibradores ultrasónicos que detecten obstáculos a media altura en tres direcciones (izquierda, derecha y frontal), permitiendo disminuir las limitaciones en movilidad. En el desarrollo de este dispositivo se utilizó como procesador central la tarjeta myRIO de National Instruments disponible en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte-UTN. El resto de elementos se adquirieron en el mercado local, determinando así los elementos más acordes al diseño y las características del prototipo deseado. El dispositivo consta de dos manillas con sensores ultrasónicos que al detectar un obstáculo envían inalámbricamente el dato hacia la tarjeta myRIO que está localizada en el cinturón, que se encarga de activar la vibración en los motores según el dato recibido por los sensores. Las pruebas de funcionamiento se realizaron en distintos ambientes: abiertos, cerrados, con luz y sin luz, donde se ha verificado la detección de obstáculos en altura media y en las tres direcciones, notificando mediante la vibración de los motores correspondientes a cada dirección localizados en el cinturón con una vibración variable (a menor distancia mayor vibración).

PALABRAS CLAVES

Discapacidad visual, vibradores ultrasónicos, procesador central, tarjeta myRIO, sensores ultrasónicos.

ABSTRACT.

The main objective of this work was the result of the need for offering independence and security in the mobility of the visually impaired person, for this reason it was created

vibrating ultrasonic belt and pointers to detect obstacles at mid-height in three directions (left, right and frontal), enabling to decrease mobility limitations. In the development of this device, myRIO card from National Instruments was used as a central processor, which was available in the laboratory of the Universidad Técnica del Norte-UTN. The other items were purchased on the local market, by which so, it was determined the elements more appropriated to the design and characteristics of the desired prototype. The device consists of two pointers with ultrasonic sensors that after detecting an obstacle send wirelessly the data towards the card myRIO which is located on the belt, which is responsible for activating the vibration motor according to the data received by the sensors. Performance tests were conducted in different environments: open, closed, illuminated and without light, where it has been verified the obstacle detection in medium height and the three directions, notifying by vibration of the corresponding motors to each direction located on the belt with a variable vibration (a shorter distance greater vibration).

KEYWORDS:

Visually impaired, ultrasonic vibrators, central processor, card myRIO, ultrasonic sensors.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente los avances tecnológicos han ayudado a desarrollar dispositivos que pueden disminuir las limitaciones académicas que presenta una persona no vidente, como: teléfonos inteligentes, computadoras, tablets y lectores de textos, entre otros; mas no las limitaciones sociales y de movilidad. En los últimos años la limitación social se ha disminuido con la integración de las personas no videntes en el ámbito educativo, laboral y social, pero en lo que se refiere a movilidad e independencia, se ha desarrollado distintos dispositivos como bastones electrónicos, gafas, trajes especiales y otros para detectar objetos del entorno, mismos que no satisfacen en su mayoría las necesidades de la persona no vidente, debido a factores económicos o por la incomodidad de llevarlos en su uso diario.

a) Dispositivos de ayuda para no videntes desarrollados

1. Bastón electrónico

El dispositivo solo permite detectar objetos a una distancia baja y no a otras alturas en las cuales puede existir obstáculos que ocasionen daños al usuario además el uso de los módulos y tarjetas RFID ocasionan ligeras molestias al usuario debido a su deficiencia y dificultad de lectura de las mismas, así como se requiere el uso de varias tarjetas y colocación previa de las mismas por los sitios de movilización.



Figura 1 Bastón electrónico
Fuente: [1]

2. Traje para no videntes

El estudio de este dispositivo ha permitido tomar ciertas apreciaciones útiles en el proyecto así como el dar mayor comodidad al usuario en sus actividades diarias mejorando el diseño del prototipo, define la distancia segura de detección de obstáculos y la vibración de los motores DC deben ser variables para que el usuario determine la distancia a la que se encuentre el objeto detectado.



Figura 2 Traje para no videntes (Runatech)
Fuente: [2]

3. Robot guía

Este prototipo de robot para no videntes presenta varias ventajas de ayuda al usuario debido al número de sensores ultrasónicos y cámara de autodefinición colocadas, además su programación lógica difusa le permite una mejor interacción con la persona no vidente; sin embargo este prototipo de robot requiere un previo curso de manejo para su uso por la complejidad del sistema así como un permanente mantenimiento y calibración de los sensores y cámara. Esto presenta varios problemas al no vidente debido a que en muchos casos no pueden solventar sus gastos de mantenimiento e incluso el costo de adquisición del robot.



Figura 3 Robot Guía. Vista superior y lateral
Fuente: [3]

La implementación de un cinturón y manillas vibradores ultrasónicos para no videntes tendrá como objetivo en su aplicación la detección de personas, objetos y obstáculos a altura media en las tres direcciones: al frente por medio del cinturón, a la izquierda y derecha con la ayuda de la manillas independientes en la muñeca de cada brazo cuyo alcance máximo de detección por los sensores será de un metro de distancia; la vibración generada por el motor al detectar las personas u objetos por los sensores será variable según la distancia a la que se encuentre la persona u objeto detectado (a menor distancia, mayor vibración). Cada elemento del sistema tendrá su propia fuente de alimentación, así como un botón de encendido y apagado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo por experiencias personales para definir las características del dispositivo, el cual para su desarrollo fue necesario realizar la investigación teórico - científico de los materiales y componentes necesarios que cumplan con las características definidas del prototipo, basándose en información de artículos científicos, libros para los conceptos básicos de los sensores, controladores y actuadores a utilizarse e investigación en páginas web y fabricantes para la selección de los componentes y materiales disponibles en el mercado.

a) Implementación electrónica del dispositivo

Para la implementación del dispositivo se utilizará la tarjeta myRIO como controlador central, proporcionado por los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte. Los demás componentes como sensores ultrasónicos, motores de vibración, micro - controladores, módulos Xbee, baterías, bocinas de sonido (chicharra) y elementos electrónicos fueron adquiridos en el mercado local.

El dispositivo consta de dos manillas que cada una contiene un sensor ultrasónico que detecta los obstáculos, un arduino pro micro como procesador central de la manilla, un módulo Xbee encargado de la comunicación inalámbrica de la manilla al cinturón, un PIC 18F2550 que verifica la carga de la batería, y una bocina (chicharra) para notificar al usuario la carga completa de la batería de 3,7 voltios. En el cinturón tenemos un módulo Xbee receptor de la comunicación inalámbrica conectado a la tarjeta myRIO como procesador central, un sensor ultrasónico que detecta obstáculos al frente del usuario, tres motores de vibración colocados a la derecha, izquierda y al frente de la correa del cinturón, un PIC 16F-88 que verifica la carga de la batería de 7,4 voltios y una bocina (chicharra) que notifica la carga completa de la batería.

1. Diseño electrónico de las manillas

Para el diseño electrónico de las manillas se utiliza los componentes previamente seleccionados cuyos diagramas de circuitos se presentan a continuación:

Diagrama del circuito del funcionamiento principal de la manilla

funcionamiento de la manilla: encendido, carga de batería y apagado.

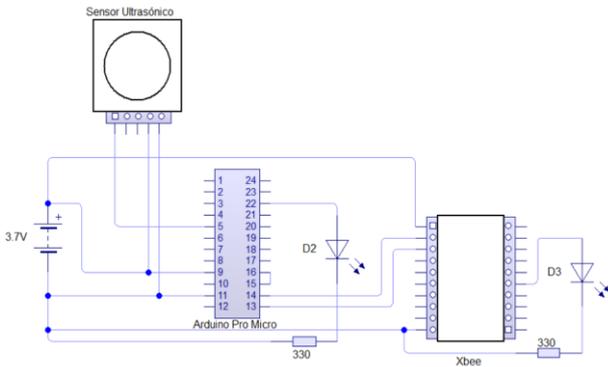


Figura 4 Diagrama circuito principal manilla

En el diagrama se visualiza los componentes necesarios para la detección de objetos, procesamiento de señal y envío del dato al cinturón, estos componentes son: sensor ultrasónico Maxonar EZ4, arduino Pro micro y el módulo Xbee.

2. Implementación de las placas de las manillas

Diagrama del sistema de carga de batería

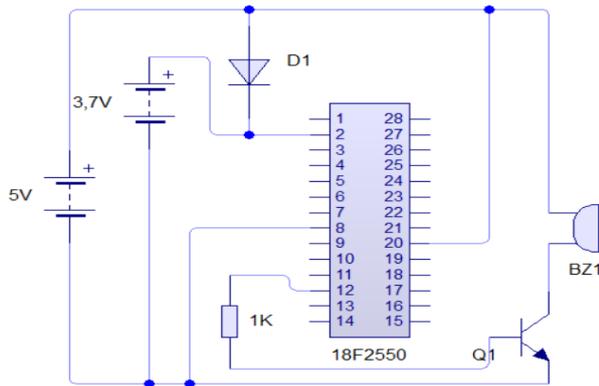


Figura 5 Diagrama del sistema de carga de la batería

En el diagrama se observa los componentes necesarios para el sistema de carga de la batería de 3.7 V de las manillas, como elemento principal el PIC 18F-2550 que se encarga de la comprobación del nivel de voltaje de la batería y una bocina de sonido (chicharra) para notificar al usuario la carga total de la batería.

Diagrama electrónico completo

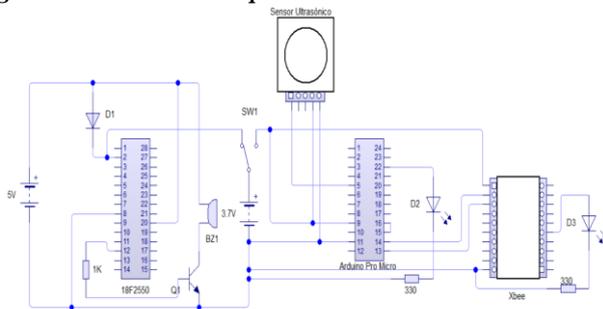


Figura 6 Diagrama completo manillas

En el diagrama se visualiza el circuito electrónico completo de las manillas entrelazados por un switch de 3 posiciones que permitirá al usuario seleccionar el tipo

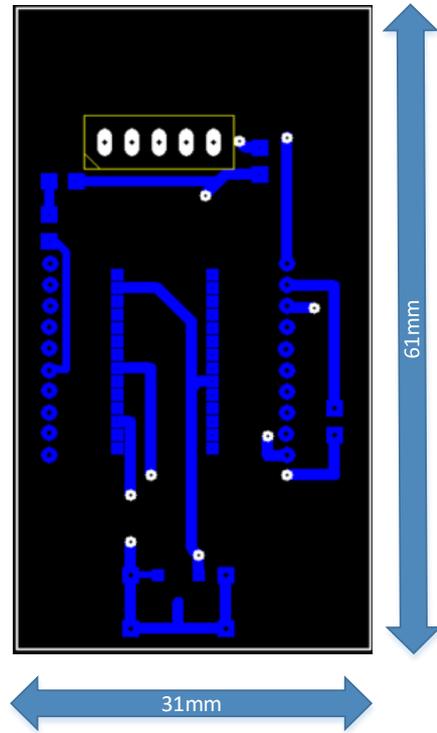


Figura 7 Vista Superior pistas placas manillas

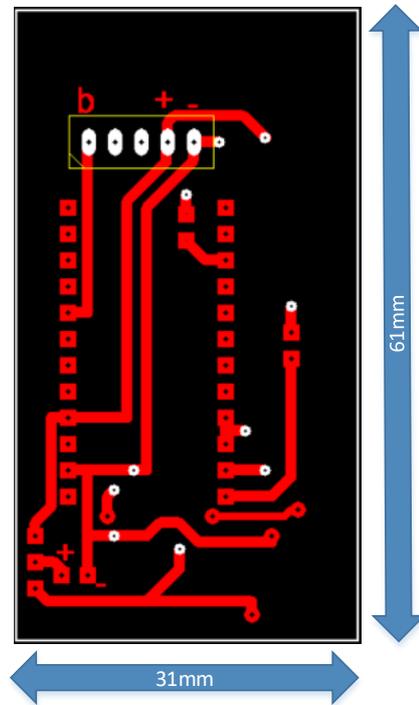


Figura 8 Vista Posterior pistas placas manillas

En las imágenes se observa el diseño de las placas con las dimensiones que tendrán las baquelitas una vez terminadas,

la baquelita es doble cara: en la superior se colocará el sensor ultrasónico, el arduino pro micro, el PIC 18F-2550 y la bocina o chicharra; en la cara inferior se encuentra el módulo Xbee.

3. Placa de la manillas terminadas

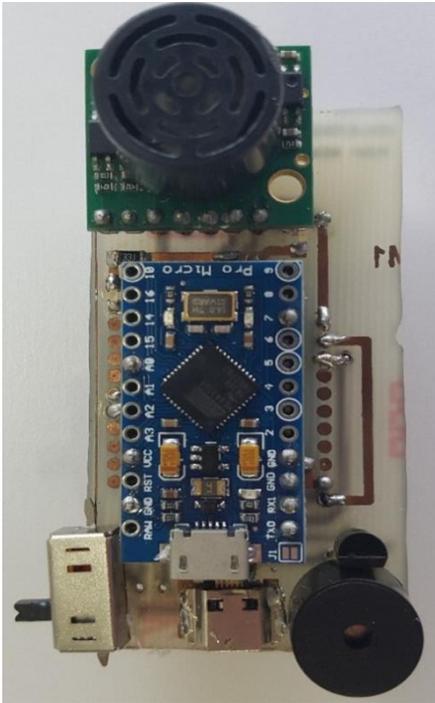


Figura 9 Vista superior placas terminadas

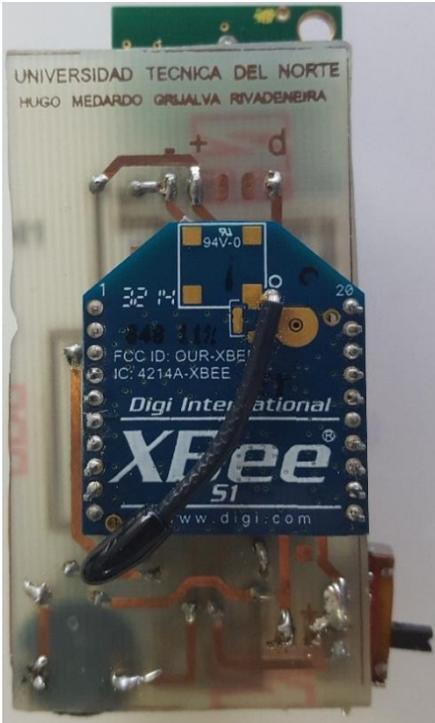


Figura 10 Vista posterior placas terminadas

4. Diseño electrónico del cinturón

Para el diseño electrónico del cinturón se utiliza los componentes previamente seleccionados cuyos diagramas de circuitos se presentan a continuación:

Diagrama del circuito del funcionamiento principal del cinturón

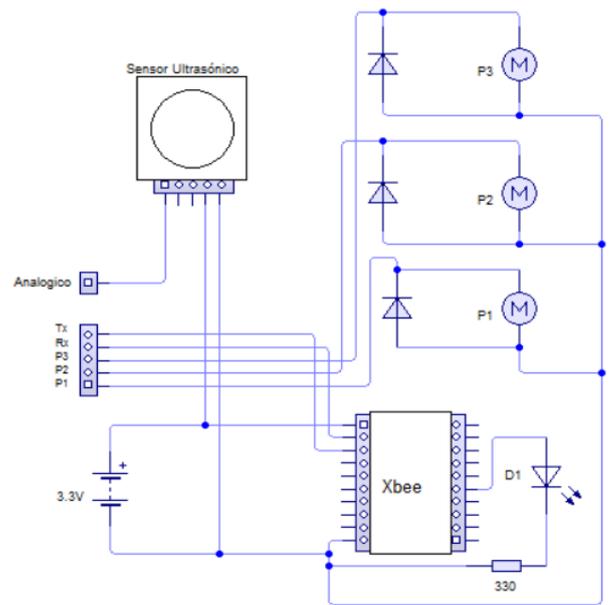


Figura 11 Circuito principal del cinturón

En este diagrama eléctrico se presenta las conexiones del módulo Xbee receptor como alimentación, conexiones de salida a la tarjeta myRIO, conexiones de los motores P1, P2 y P3 a la tarjeta myRIO y las conexiones de los mismos a la salida del circuito; además, la conexión de la salida de alimentación y salida analógica del sensor ultrasónico a la tarjeta myRIO.

Diagrama eléctrico del circuito de carga de la batería del cinturón

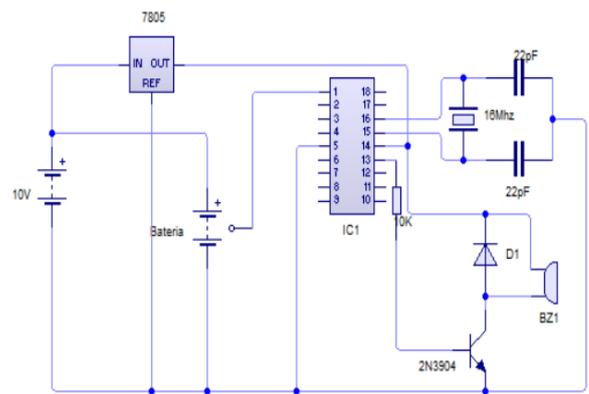


Figura 12 Circuito de carga de batería de cinturón

El diagrama eléctrico presenta las conexiones del sistema de carga de la batería del cinturón que cuenta con un micro procesador PIC16F-88^a encargado de la verificación de la carga de la batería, una bocina de sonido encargada de notificar al usuario la carga completa de la batería y las conexiones para la alimentación de la fuente de carga de la batería.

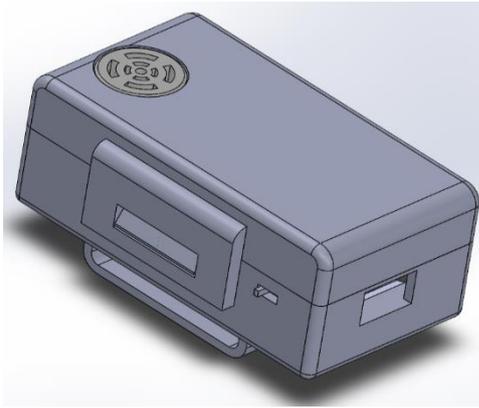


Figura 18 Carcasa isométrica manillas

2 Diseño de las carcasas del cinturón

Para el diseño de las carcasas del cinturón se toma como base las dimensiones de la tarjeta myRIO, como elemento principal de la carcasa superior.

Carcasa superior

Dimensiones internas

- Área para la tarjeta myRIO: 142 mm x 90 mm x 24 mm
- Área para el alimentador de energía de la myRIO: 17,5 mm x 72 mm x 24 mm
- Área para conexión de cables a la placa: 124 mm x 17,5 mm x 24 mm

Dimensiones externas

- Ancho: 168 mm
- Alto: 112 mm
- Fondo: 26 mm

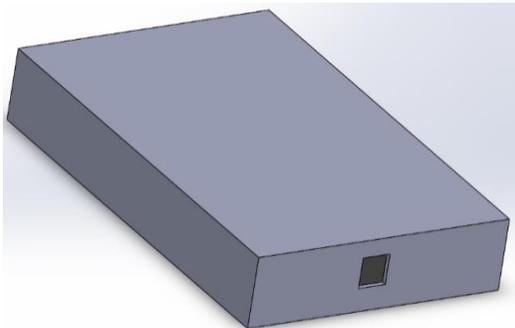


Figura 19 Vista isométrica carcasa superior cinturón

Carcasa Inferior

Dimensiones internas

- Área para la placa: 142 mm x 90 mm x 3 mm
- Área de la batería: 79 mm x 36 mm x 21 mm

Dimensiones externas

- Ancho: 168 mm
- Alto: 112 mm
- Fondo: 30 mm

Dimensión de orificios

- Dimensiones para la conexión del motor lado derecho del cinturón : 7 mm x 8 mm

- Dimensiones para la conexión de los motores lado izquierdo del cinturón: 16 x 10 mm
- Dimensiones para el swich de encendido y apagado: 7,5 mm x 4,5 mm
- Dimensiones para la conexión USB (carga de batería): 15 mm x 8 mm
- Dimensiones de los pasadores del cinturón: 50 mm x 40 mm x 4 mm

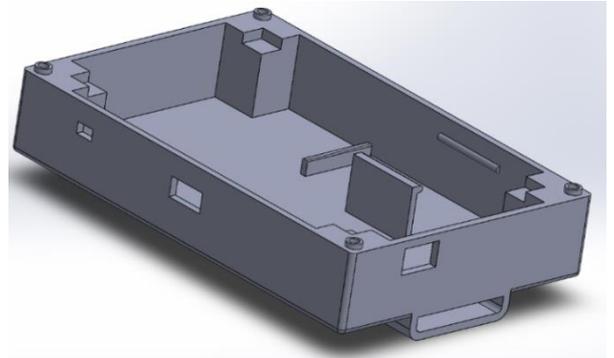


Figura 20 Vista isométrica carcasa inferior cinturón

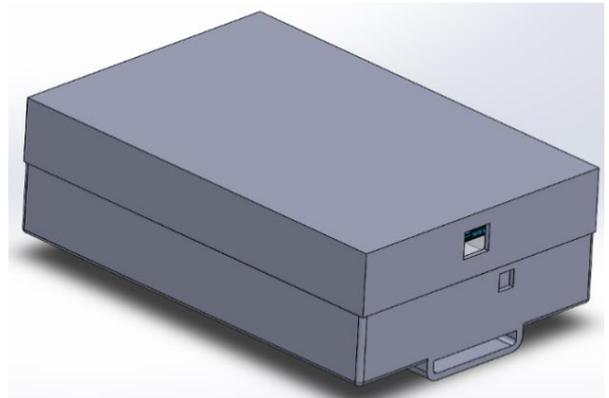


Figura 21 Vista isométrica carcasa completa cinturón

3 Diseño carcasa sensor ultrasónico delantero

Para el diseño de la carcasa del sensor ultrasónico ubicado en la parte frontal del cinturón se debe considerar las siguientes dimensiones:

Dimensiones del sensor ultrasónico

- Base: 20 mm
- Ancho: 22 mm
- Altura: 16 mm

Dimensiones de orificios de la carcasa

- Orificio para sensor ultrasónico: diámetro 16 mm
- Orificio para conexión de cables: 8 mm x 6 mm
- Pasador para correa: 40 mm x 38 mm x 6 mm

En base a estas dimensiones se procede a realizar el diseño en 3D de las carcasas del sensor.

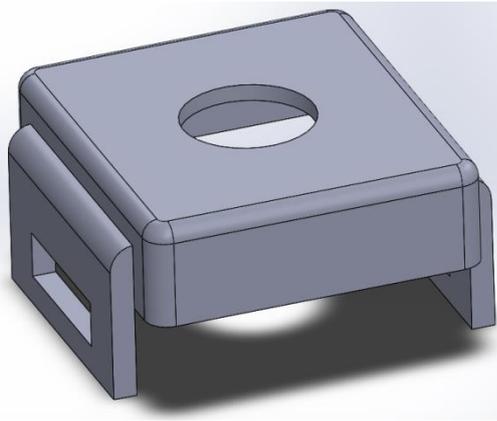


Figura 22 Carcasa superior sensor delantero

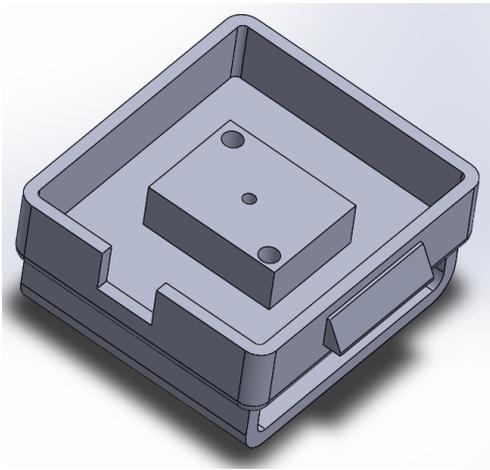


Figura 23 Carcasa inferior sensor delantero

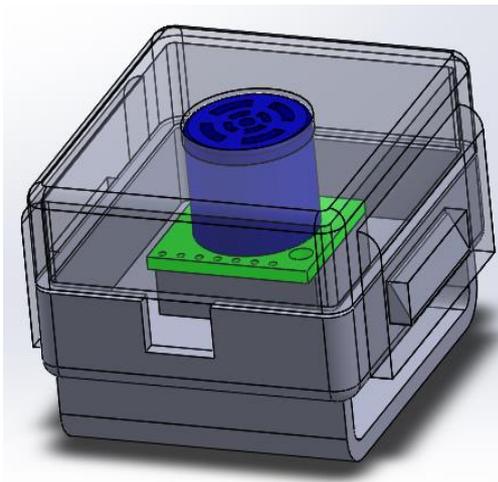


Figura 24 Vista carcasa sensor delantero completa

4 Material seleccionado para la elaboración de las carcasas

Material PLA

En cuanto a aspectos físicos, químicos y mecánicos, la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad del PLA es también comparable al del polietileno. Sin

embargo, es más hidrofílico que el polietileno, ya que tiene una densidad más baja. Es además estable a la luz U.V. siendo más difícil su decoloración. En cuanto a su inflamabilidad, es demasiado baja.

El PLA se puede formular para ser rígido o flexible y puede ser copolimerizado con otros materiales. El PLA se puede hacer con diversas características mecánicas dependiendo del proceso de fabricación seguido. (HEXXON-ingeniería de prototipos e impresión 3D, 2015)

Tabla 1 Características del material PLA

– Densidad	1,4 g/cm ³
– Módulo de elasticidad (Young)	3.5 GPa
– Elongación a la rotura	6%
– Módulo de flexión	4 GPa
– Resistencia a la flexión	80 MPa
– Módulo de corte	2,4 GPa
– Relación fuerza-peso	40 kN-m/kg
– Resistencia a la tracción (UTS)	50 MPa
– Conductividad térmica	0,13 W/m-K

Fuente: (HEXXON-ingeniería de prototipos e impresión 3D, 2015)

c) Ensamblaje del dispositivo

1 Ensamblaje de las manillas

Realizada la impresión 3D de las carcasas se procede a implementar las placas de las manillas con sus baterías de la siguiente manera:

Cada carcasa inferior es sujeta por su respectiva correa que tiene filamentos de velcro para facilitar su fijación y su retiro de la muñeca de las manos brindando mayor comodidad al usuario.



Figura 25 Foto carcasas manillas con placa y batería

III RESULTADOS



Figura 26 Foto manillas terminadas

2 Ensamblaje del cinturón

Para el ensamblaje de las carcasas del cinturón se realiza el siguiente proceso:

Se pasa la correa por las agarraderas de la carcasa inferior fijándola para que no se mueva, se coloca los cables de los motores de vibración y el sensor ultrasónico del cinturón en la parte interna de la correa, en la carcasa superior se coloca la tarjeta myRIO y en la carcasa inferior la batería con la placa atornillada a la carcasa.

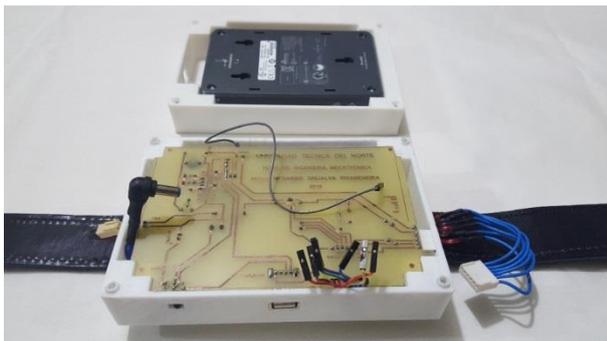


Figura 27 Implementación de placa del cinturón

Colocada la placa se procede a cerrar las carcasas fijándolas con tornillos y en la parte delantera de la correa del cinturón se coloca la carcasa del sensor ultrasónico delantero, misma que se puede colocar o quitar del cinturón para mayor comodidad del usuario.

De esta manera se obtiene ya implementado todo el dispositivo, cinturón y manillas



Figura 28 Prototipo completo

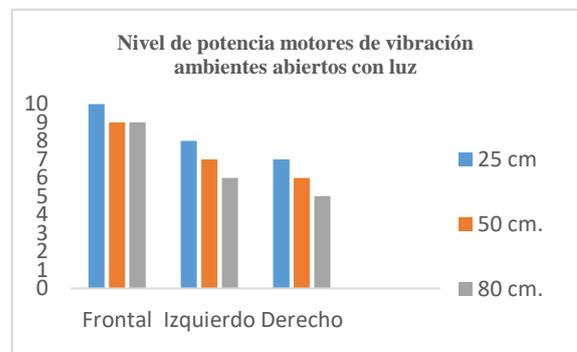
a) Pruebas de funcionamiento

Terminado el prototipo del dispositivo se procede a realizar las pruebas de funcionamiento para verificar su alcance, limitaciones y errores de funcionamiento. Estas pruebas de funcionamiento se realizan en dos etapas clasificadas de la siguiente manera:

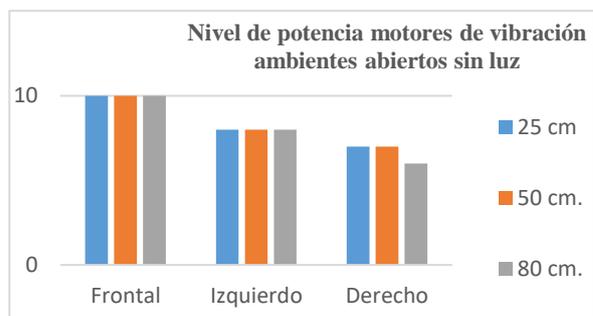
1 Pruebas de funcionamiento internas

En esta etapa de pruebas se verifica el funcionamiento de las manillas y el cinturón al detectar objetos o personas en lugares con ambientes cerrados y exteriores, con luz y oscuridad y a tres distancias diferentes. Para estas pruebas se realizan diez ensayos de los tres sensores ultrasónicos verificando que los respectivos motores de vibración se activen con su respectiva potencia al detectar un objeto o persona a distancia de 25 cm, 50 cm y 80cm.

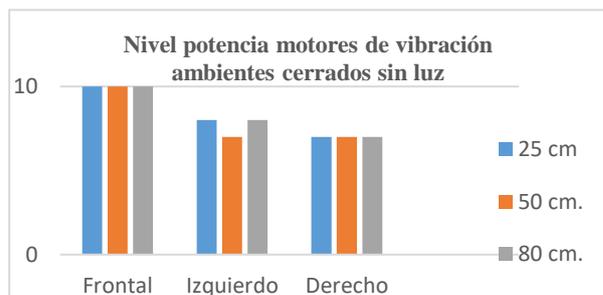
Estas pruebas valoran el nivel de potencia de vibración de los motores en un rango de diez puntos.



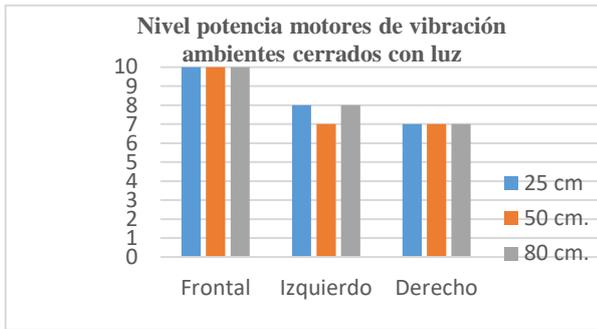
Gráfica 1 Nivel potencia motores de vibración ambientes cerrados con luz



Gráfica 2 Nivel potencia motores de vibración ambientes abiertos sin luz



Gráfica 3 Nivel potencia motores de vibración ambientes cerrados sin luz



Gráfica 4 Nivel potencia motores de vibración ambientes abiertos con luz

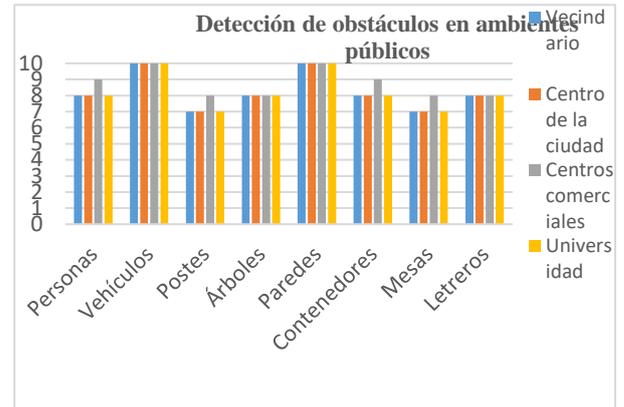
Análisis de resultados

Realizadas las pruebas de funcionamiento de los sensores ultrasónicos y la potencia de vibración de los motores en los cuatro ambientes y a tres distancias diferentes se obtiene los siguientes resultados:

- Los sensores ultrasónicos detectan sin problema algunos obstáculos o personas en los cuatro ambientes a excepción del ambiente abierto con luz donde existe una ligera variación
- La potencia de los motores de vibración si presenta variación según la distancia en que se encuentra el obstáculo
- El motor de vibración frontal presenta mejor funcionamiento en los niveles de potencia de vibración en casi todos los ambientes excepto en el abierto con luz donde surge una ligera variación a distancias mayores a 25 cm.
- Los niveles de potencia de los motores izquierdo y derecho presentan menor potencia que el motor frontal en las tres distancias a pesar de estar programados con los mismos parámetros
- El tiempo de respuesta del motor de vibración frontal con respecto al detector del sensor frontal es casi instantáneo produciendo un buen funcionamiento para el usuario
- El tiempo de respuesta de los motores izquierdo y derecho con respecto a la detección del sensor en sus manillas es aproximadamente un segundo debido a la conexión inalámbrica de los datos de las distancias y el procesamiento de las mismas en la tarjeta myRIO.

2 Pruebas de campo

En esta etapa se realizará las pruebas de funcionamiento en ambiente públicos: vecindario, centro de la ciudad, centros comerciales y Universidad Técnica del Norte para verificar la funcionalidad del dispositivo al detectar objetos o personas que obstaculizan la movilidad del usuario en sus actividades diarias. En la gráfica se valora la eficiencia del dispositivo al detectar personas y obstáculos en un rango del 0 al 10 respectivamente.



Gráfica 5 Detección de obstáculos en ambientes públicos

Análisis de resultados

Realizadas las pruebas de funcionamiento del dispositivo en ambientes públicos más comunes frecuentados en la vida diaria se obtuvo como resultados:

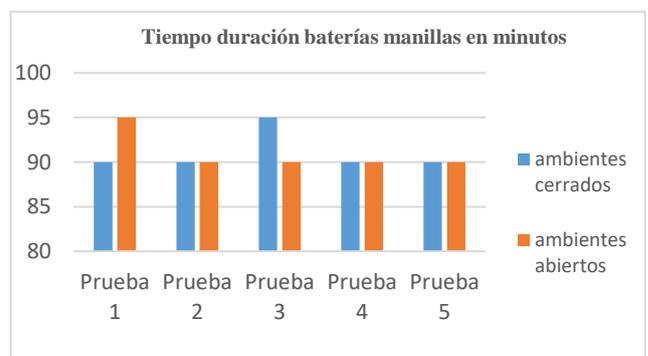
- El dispositivo tiene mayor rango de detección de objetos grandes
- Todo objeto que se encuentre dentro del rango de detección de los sensores son notificados al usuario por medio de la vibración de los motores

b) Pruebas de funcionamiento de baterías

Estas pruebas de funcionamiento consisten en verificar el tiempo de duración y de carga de las baterías de las manillas y del cinturón durante el uso del dispositivo mediante varias pruebas de funcionamiento mostradas en las siguientes tablas:

1 Tiempo de duración de baterías manillas

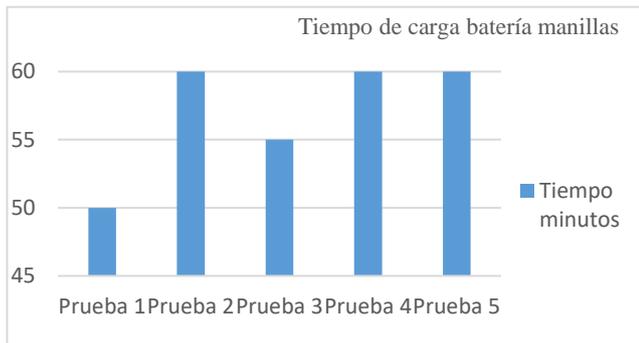
En estas pruebas se verificó el tiempo de duración de las baterías en funcionamiento continuo en ambientes cerrados como abiertos, obteniendo los siguientes datos:



Gráfica 6 Tiempo de duración de baterías manillas

2 Tiempo de duración de carga baterías manillas

En estas pruebas se verificó el tiempo de carga de las baterías obteniendo los siguientes datos:



Gráfica 7 Tiempo de carga batería manilla

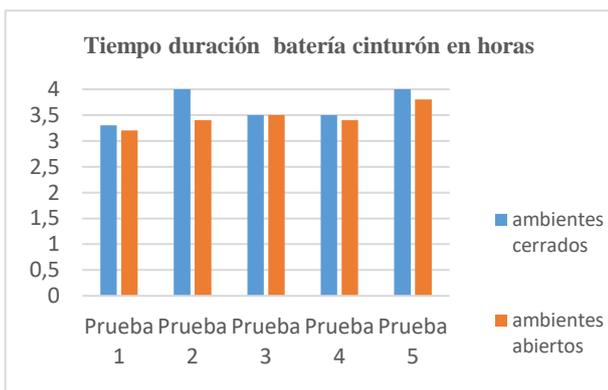
Análisis de resultados

Realizadas las pruebas de tiempo de duración y carga de las baterías se pudo determinar los siguientes resultados:

- El tiempo de duración de las baterías es acorde al tiempo promedio que una persona no vidente se moviliza durante el día en ambientes abiertos y cerrados
- El tiempo de carga de las baterías es corto permitiendo al usuario recargarlas para su uso inmediato
- La carga de la batería se puede realizar por medio de un cable USB, dando mayor comodidad al usuario

3 Tiempo de duración de batería cinturón

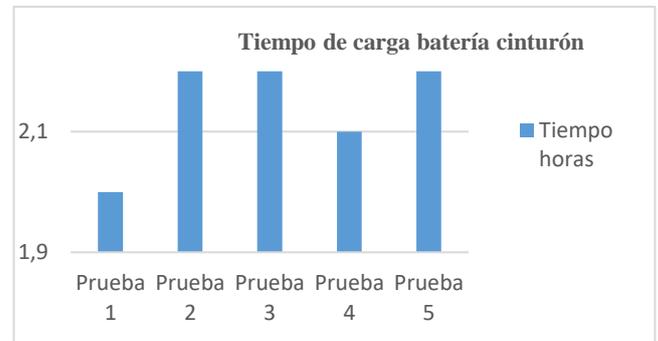
En estas pruebas se verificó el tiempo de duración de las baterías en funcionamiento continuo en ambientes cerrados como abiertos, obteniendo los siguientes datos:



Gráfica 8 Tiempo duración batería cinturón

4 Tiempo de duración de carga baterías cinturón

En estas pruebas se verificó el tiempo de carga de las baterías obteniendo los siguientes datos:



Gráfica 9 Tiempo de carga batería cinturón

Análisis de resultados

Realizadas las pruebas de tiempo de duración y carga de las baterías se pudo determinar los siguientes resultados:

- Las baterías son de larga duración en comparación con las baterías de las manillas
- Debido a la larga duración de tiempo de las baterías su tiempo de carga es mayor
- El tiempo de duración de las baterías en ambientes abiertos es ligeramente menor en relación al tiempo en ambientes cerrados
- La variación entre los tiempos de duración de las baterías en ambientes abiertos y cerrados no afecta en su uso ni incomoda al usuario

IV CONCLUSIONES

- Para la elaboración del dispositivo se pudo determinar que existe una variedad de elementos acordes a las características necesarias disponibles en el mercado, seleccionando las opciones más adecuadas al usuario, debido a su precio, disponibilidad, tamaño y peso aptos para el dispositivo

- Los tres sensores ultrasónicos detectan todo objeto o persona que se encuentre dentro de su rango de detección a una distancia máxima de 80 cm. y una distancia mínima de 13 cm. en ambientes cerrados con y sin luz, mientras que en los ambientes abiertos con luz presentan una pequeña variación de detección en la distancia máxima de su rango.

- El diseño del prototipo seleccionado tiene ventajas en el tamaño y peso en comparación con otros dispositivos existentes mismos que no brindan mayor comodidad al usuario

- El tiempo de respuesta del motor de vibración frontal con respecto a la señal enviada por el sensor ultrasónico del cinturón es casi instantáneo debido a su conexión directa a la tarjeta myRIO, mientras que el tiempo de respuesta de los motores de vibración izquierdo y derecho con respecto a la señal enviada por los sensores ultrasónicos de cada manilla es entre uno a dos segundos debido al envío y recepción de datos con la tarjeta myRIO y la depuración de los datos de las distancias que realiza la misma. Durante el retardo la vibración de los motores se mantiene con el último valor de la distancia anterior detectada hasta que finalice el retardo cambiando la vibración de acuerdo a la nueva distancia detectada

- Al implementar el diseño óptimo del dispositivo se pudo determinar su tamaño y peso real acorde a los elementos y

materiales utilizados en las carcasas. Debido a las dimensiones de la tarjeta myRIO el dispositivo presenta un tamaño y peso mayor al deseado

- Los niveles de potencia de vibración de los motores izquierdo y derecho con respecto al motor frontal es menor en un 40 % aun siendo sus parámetros de programación los mismos

- El tiempo promedio de duración de las baterías de las manillas es de 1 hora y 33 minutos y el tiempo promedio de duración de la batería del cinturón es de 3 horas 50 minutos cumpliendo con las especificaciones deseadas del prototipo

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte, al Dr. Miguel Naranjo Toro Rector, al Ing. Milton Gavilán Decano de la Facultad de Ciencias Aplicadas (FICA), y al Ing. Diego Ortiz Coordinador de la Carrera de Mecatrónica por permitirme ampliar y desarrollar mis conocimientos como futuro profesional.

Al Ingeniero Hugo Salazar encargado del laboratorio de Mecatrónica por facilitarnos las instalaciones y equipos para la realización del proyecto.

De manera especial al Ingeniero Cosme Mejía, guía y colaborador en el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. P. M. M. d. Balbinder, «DISCAPACIDAD VISUAL Y ESQUEMA CORPORAL,» [En línea]. Available: http://www.integrando.org.ar/investigando/dis_visual.htm.
- [2] «ulpgc,» [En línea]. Available: http://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=1770.
- [3] «Orientación y Movilidad (OYM),» 2006. [En línea]. Available: http://usuarios.discapnet.es/ojo_oido/orientacion_y_movilidad.htm.
- [4] M. C. Dainiznorai y R. S. Rosemberg, «Dispositivo de detección de obstáculos para invidentes,» Intituto Tecnológico de Mérida, México, 2013.
- [5] «Agencia Informativa Conacyt,» 31 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/robotica/2296-desarrollan-en-el-ipn-robot-guia-para-invidentes>.
- [6] I. R. C. Pilco, «Traje tecnológico para no videntes,» *Revista Electrónica Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC)*, pp. 39-52, 2014.
- [7] A. P. Romero, «BASTÓN ELECTRÓNICO GUIADO PARA PERSONAS NO VIDENTES,» *repositorio digital ESPE*, p. 6, 2013.
- [8] M. R. A. P. Cristian Vásquez, «Chaleco con sensores para personas no videntes,» *La Hora*, 12 Septiembre 2015.
- [9] S. Puentes, «PREZI,» 22 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/dhh1keiscqsb/sensor-de-ultrasonido/>.
- [10] «microsonic sensores ultrasónicos,» [En línea]. Available: <http://appv1.microsonic.de/es/Interesting-facts.htm>.
- [11] M. Díaz, «330ohms,» 14 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://www.330ohms.com/blogs/blog/85020868-que-son-los-actuadores-electronicos>.
- [12] «SemanticWebBuilder,» [En línea]. Available: www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_.
- [13] «soperativos,» [En línea]. Available: <https://soperativos.wikispaces.com/10.+SISTEMAS+OPERATIVOS+D+E+TIEMPO+REAL+O+EMBEBIDOS>.
- [14] «LA RED electrónica,» [En línea]. Available: <http://laredelectronica.com/index.php/robotica-sensores/sensor-ultrasonido/sensor-ultrasonido-0-6mts-ez4.html>.
- [15] «eekfactory,» [En línea]. Available: <http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>.
- [16] R. Facil, «SuperRobotica,» [En línea]. Available: <http://www.superrobotica.com/S320114.htm>.
- [17] «Patagoniatec,» [En línea]. Available: <http://saber.patagoniatec.com/arduino-pro-micro-atmega32u4-arduino-argentina-ptec-leonardo/>.
- [18] «electrónica embajadores,» [En línea]. Available: <http://www.electronicaembajadores.com/Productos/Detalle/19/LC-A1003/modulo-arduino-pro-mini-328--5v-16mhz>.
- [19] «Arduitienda,» [En línea]. Available: <http://www.ardumania.es/ardu tienda/es/arduino/86-arduino-nano.html>.
- [20] «xbee.cl,» [En línea]. Available: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>.
- [21] «Tu Discovery Dominicano,» 12 Mayo 2010. [En línea]. Available: <http://discovery-web.over-blog.es/article-definicion-de-lo-que-es-tecnologia-bluetooth-50266070.html>.
- [22] «ABC Proyectos electrónicos,» [En línea]. Available: <http://www.abcelectronica.net/productos/transductores/buzzer/>.
- [23] «gear best,» [En línea]. Available: http://www.gearbest.com/development-boards/pp_160809.html.
- [24] «mercado libre,» [En línea]. Available: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-408986817-repuesto-drone-quadcoptero-syma-bateria-2000ma-cargador-10v-_JM.
- [25] «mercado libre,» [En línea]. Available: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-409044672-cargador-bateria-externo-portatil-2600mah-power-bank-_JM.
- [26] «punto flotante s.a.,» [En línea]. Available: <http://www.puntoflotante.net/16F88PLUS.htm>.
- [27] «proyectospic2010,» 2010. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/proyectospic2010/PIC18F452/introduccion-pic16f628a-1>.
- [28] «National Instruments,» [En línea]. Available: <http://www.ni.com/myrio/buy/esa/>.
- [29] «HEXXON-ingeniería de prototipos e impresión 3D,» 12 marzo 2015. [En línea]. Available: hxx.es/old/materiales-de-impresion-3d-i-pla-acido-polilactico/.
- [30] «Tecnología de los plásticos,» 8 junio 2011. [En línea]. Available:

<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/abs.html>.

- [31] M. C. DAINIZNORAI y R. S. ROSEMBERG, «Dispositivo de detección de obstáculos para invidentes,» Instituto tecnologico de Merida, México, 2013.

SOBRE LOS AUTORES...

Hugo GRIJALVA, nació en el año 1992 en Atuntaqui - Ecuador, persona con discapacidad visual, realizó sus estudios secundarios en el colegio particular San Pedro Pascual de Ibarra, culminó sus estudios superiores en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el año 2016.

Contacto: huguin.g@hotmail.es