

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO PARA LA DETECCIÓN DE  
OBSTÁCULOS, QUE PERMITA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD VISUAL**

**JEANSETH ELLIOT PÉREZ BULA**

**SEBASTIAN URIBE PULGARIN**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA - COLOMBIA  
2020**

**DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO PARA LA DETECCIÓN DE  
OBSTÁCULOS, QUE PERMITA LA MOVILIDAD DE PERSONAS CON  
DISCAPACIDAD VISUAL**

**JEANSETH ELLIOT PÉREZ BULA**

**SEBASTIAN URIBE PULGARIN**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de  
Ingeniero Mecatrónico**

**ASESORES DISCIPLINARES:**

**ING. SAÚL PÉREZ PÉREZ, MS.**

**ING. RONALD ANDRES ARIZA HURTADO, MS.**

**ASESOR METODOLOGICO**

**ING. KELVIN BELEÑO SAENZ, MSc.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

**2020**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado 1

---

Firma del jurado 2

## DEDICATORIA

*El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por darnos fuerza para continuar en este proceso y hacer posible uno de los anhelos más deseados.*

*A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Gracias por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.*

*A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.*

*A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

*Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Autónoma del Caribe, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, a nuestros compañeros y a los que se convirtieron en amigos por hacer parte de esta importante etapa de nuestras vidas.*

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE ECUACIONES.....	10
GLOSARIO.....	11
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.1. ANTECEDENTES.....	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.3. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE .....	19
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	20
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
3. MARCO DE REFERENCIA.....	21
3.1. ESTADO DEL ARTE .....	21
3.2. MARCO TEÓRICO.....	26
3.2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	36
3.2.2. MARCO LEGAL.....	41
4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....	44
4.1. METODOLOGÍA.....	45
4.1.1. Selección de componentes electrónicos.....	45
4.1.2. Criterios de diseño .....	52
4.1.3. Software y hardware .....	53
4.1.4. Diseño Electrónico .....	58
4.2. TIPO DE ESTUDIO .....	59
4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO .....	60
5. PRESUPUESTO .....	62
5.1. PRESUPUESTO GENERAL .....	62
5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO .....	63
5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA .....	64

5.4.	MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS .....	64
6.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	66
6.1.	DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	66
6.2.	DISEÑO DISPOSITIVO FINAL.....	68
6.3.	MATERIALES.....	69
6.4.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	75
6.4.1.	MUESTRA POBLACIONAL .....	75
6.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	75
6.5.1.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO	76
6.5.2.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL	79
	CONCLUSIONES (Debe dar respuesta al objetivo general) Y RECOMENDACIONES .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	BIBLIOGRAFÍA .....	86
	ANEXOS	92
	CODIGO FUENTE SISTEMA DE ALERTA.....	92
	CODIGO FUENTE MODULOS BLUETOOTH .....	93
	MATRIZ DE RIESGO .....	94
	Análisis de alternativas para la solución de los posibles riesgos. ....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloque del dispositivo (propia autoría) .....	26
Figura 2. Conexión Tx y Rx. Tomado de controlautomatico.com, 2020 .....	32
Figura 3. Intercambio de Bit. Tomado de controlautomatico.com, 2020. ....	33
Figura 4. Motor Vibrador. Tomado Vistronica.com, 2020. ....	34
Figura 5. Esquema de conexión TP4056. Tomado Datasheet TP4046, 2020. ....	35
Figura 6. Procedimiento metodología (Propia autoría).....	44
Figura 7. Sensor XL-MaxSonar®. Tomado de maxbotix, 2020 .....	46
Figura 8. Rango de medición sensor. Tomado de maxbotix, 2020 .....	46
Figura 9. Representación gráfica del ángulo de apertura de la onda (Propia autoría). 46	
Figura 10. Batería de litio de 300mAh. Tomado de vistronica,2020 .....	51
Figura 11. Disposición de los dispositivos vista frontal y lateral (Propia autoría). ..	52
Figura 12. Conexión Arduino pro mini y sensor (Propia autoría).....	53
Figura 13. Caracterización de sensor (Propia autoría).....	54
Figura 14. Prueba de medición (Propia autoría). ....	55
Figura 15. Condiciones sistema de alerta (Propia autoría). ....	56
Figura 16. Comandos AT, para esclavo (Propia autoría). ....	57
Figura 17. Comandos AT, para Maestro (Propia autoría). ....	58
Figura 18. Circuito Electrónico para detección de obstáculo (Propia autoría).....	58
Figura 19. Circuito Electrónico sistema de alerta (Propia autoría). ....	59
Figura 20. Diseño dispositivo de detección, vista frontal, lateral e isométrica (Propia autoría). 66	
Figura 21. Diseño dispositivo de detección, vista componentes (Propia autoría). . 66	
Figura 22. Dispositivo de alerta, vista Frontal e isometrica (Propia autoría). ....	67
Figura 23. Diseño dispositivo de alerta, vista de componentes (Propia autoría)....	67
Figura 24. Dispositivo de detección, vista frontal, trasera y lateral (Propia autoría)68	
Figura 25. Dispositivo de alerta, vista frontal y trasera (Propia autoría).....	68
Figura 26. Modulo Bluetooth HC-05. Tomado de www.vistronica.com .....	70
Figura 27. Sensor Ultrasónico GY-US42 (Propia autoría).....	70
Figura 28. Módulo de carga TP4056. (Propia autoría). ....	71
Figura 29. Micromotor vibrador 1027 (Propia autoría). ....	71
Figura 30. Batería lipo 300mAh (Propia autoría).....	72
Figura 31. Pulsador Interruptor DPDT 8MM (Propia autoría).....	72

Figura 32.LED amarillo 3MM. Tomado de Vistrónica SAS (Propia autoría).....	72
Figura 33.Planos collar (Propia autoría).....	73
Figura 34.Planos brazalete (Propia autoría). ....	73
Figura 35.Dispositivo realizado con la ENSB A.R.C Barranquilla (Propia autoría). 74	
Figura 36.Gafas Cubiertas (Propia fuente). ....	75
Figura 37.Voluntario 1 y 2 (Propia autoría). ....	77
Figura 38.Pruebas voluntario 3 (Propia autoría). ....	78
Figura 39.Pruebas voluntario 4 (Propia autoría). ....	79
Figura 40.Grafica prueba final 1 (Propia autoría). ....	81
Figura 41.Grafica prueba final 2 (Propia autoría). ....	82
Figura 42.Grafica prueba final 3 (Propia autoría). ....	83
Figura 43.Programación sistema de alerta (Propia autoría).....	93
Figura 44.Programación de comunicación Arduino y HC-05 (Propia autoría).....	93
Figura 45.Grafica Probabilidad Vs Gravedad (Propia autoría). ....	94

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Personas con discapacidad. ....	15
Tabla 2. Ranking de discapacidades en Colombia .....	16
Tabla 3. Codificación de pines GY-US42.....	27
Tabla 4. Comparación infrarrojo y ultrasonido. ....	28
Tabla 5. Característica modulo HC- 05.....	30
Tabla 6. Características ModuloTP4056.....	36
Tabla 7. Características Motor vibrador .....	47
Tabla 8. Comandos AT .....	49
Tabla 9. Consumo de energía maestro.....	50
Tabla 10. Consumo de energía esclavo .....	50
Tabla 11. Cálculo de Baudios .....	57
Tabla 12. Cronograma objetivo específico 1.....	60
Tabla 13. Cronograma objetivo específico 2.....	60
Tabla 14. Cronograma objetivo específico 3.....	61
Tabla 15. Presupuesto general.....	62
Tabla 16. Costo personal científico.....	63
Tabla 17. Costo personal de apoyo. ....	63
Tabla 18. Costo consultoría especializada. ....	64
Tabla 19. Costo materiales e insumos.....	64
Tabla 20. Costo trabajo de campo.....	65
Tabla 21. Costo equipos usados.....	65
Tabla 22. Peso de los dispositivos.....	69
Tabla 23. Datos voluntarios. ....	76
Tabla 24. Datos primera prueba .....	77
Tabla 25. Intervalos de tiempo vibración. ....	80
Tabla 26. Prueba final 1 resultados. ....	80
Tabla 27. Prueba final dos resultados.....	81
Tabla 28. Prueba final 3 resultados. ....	82
Tabla 29. Matriz de riesgo. ....	94

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación (1).....	47
Ecuación (2).....	51
Ecuación (3).....	51
Ecuación (4).....	57

## GLOSARIO

**Arduino:** Es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores.

**Comunicación inalámbrica:** Es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio.

**Discapacidad:** Es la carencia o condicionamiento de algún atributo físico o mental que restringe o imposibilita el desarrollo natural de la actividad de una persona.

**Discapacidad visual:** Es cualquier alteración del sentido de la vista, puede ser total o parcial. Para entender la realidad que entraña esta discapacidad basta tener en cuenta que a través del sentido de la vista obtenemos el 80% de la información del mundo exterior.

**Obstáculo:** Objeto o persona que hace difícil el paso o lo impide.

**Ultrasonido:** Es una serie de ondas electromagnéticas longitudinales, con frecuencia superior a la captada por el oído humano. Esta tecnología se aplica en distintos campos, el más común es la medicina sobre todo en la rama diagnóstica y terapéutica, como también en la industria. Los dispositivos de ultrasonido son usados para detectar objetos o medir distancias.

## RESUMEN

El presente Proyecto de grado nace de reconocer las problemáticas que enfrentan las personas con algún tipo de discapacidad visual en todo el mundo, aún más en la ciudad de Barranquilla. EL objetivo radica en el desarrollo de un dispositivo que mejore la calidad de vida de las personas en condición de discapacidad visual.

El dispositivo se divide en dos componentes principales. El primero, ubicado en la zona del tórax y con la ayuda de la tecnología del ultrasonido, detecta la presencia de obstáculos en frente del usuario a una distancia igual o menor a 160 centímetros.

El segundo componente, en forma de brazalete, por medio de la tecnología Bluetooth recibe señales del primero y a través de un motor vibrador, genera una alerta sensorial en la muñeca del minusválido. Esta vibración puede variar su frecuencia dependiendo de la distancia a la que el objeto detectado se encuentre.

Con este proyecto se busca generar un impacto social positivo en diferentes entornos de la ciudad, como por ejemplo en las instituciones educativas, permitiendo a niños y jóvenes con pérdida parcial o total de la visión, tener una mejor calidad de vida y reducir los inconvenientes que conlleva el no disponer de uno de los sentidos más importantes para los seres humanos.

**Palabras clave:** Alerta, Discapacidad visual, Ultrasonido, Visión.

## **ABSTRACT**

This degree project was born from recognizing the problems faced by people with some type of visual disability around the world, even more in the city of Barranquilla. The aim is to develop a device to improve the quality of life of people with visual impairment.

The device is divided into two main components. The first, located in the chest area and with the help of ultrasound technology, detects the presence of obstacles in front of the user at a distance equal to or less than 160 centimeters. The second component, in the form of a bracelet, through Bluetooth technology receives signals from the first device and through a vibrating motor, generates a sensory alert on the wrist of the disabled person. This vibration may vary its frequency depending on the distance which the object is located at.

This project seeks to generate a positive social impact in different areas of the city, such as in educational institutions, allowing children and young people with a partial or total loss of vision, to have a better quality of life and to reduce the inconveniences of not having one of the most important senses for human beings.

**Key words:** Alert, Visual disability, Ultrasound, Vision

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas los dispositivos electrónicos de ayuda a la movilidad han experimentado una gran evolución. Los avances tecnológicos han permitido a los diseñadores y a los ingenieros mejorar el desarrollo de dichos dispositivos tanto del punto de vista tecnológico como del punto de vista de diseño. Esto ha permitido mejorar la calidad de vida de muchas personas en condición de discapacidad visual [1].

Actualmente, la ergonomía juega un papel muy importante a la hora de diseñar. Dado que solo no se busca que los dispositivos sean funcionales, sino que también cuenten con un excelente diseño para que de esta manera el usuario se sienta satisfecho. En este aspecto, el diseño ergonómico del dispositivo electrónico de ayuda a la movilidad para las personas con discapacidad visual tiene una gran importancia, debido a su implicación directa con el usuario final, el rendimiento del producto.

El presente trabajo describe el diseño y desarrollo de un dispositivo para la detección de obstáculos, que permita la movilidad de personas con discapacidad visual. En esta investigación se describen los procesos principales del diseño del producto, desde el proceso de análisis hasta la evaluación final del mismo. En el proceso de análisis se enfoca la necesidad del dispositivo y se hace un estudio del usuario final y sus necesidades. En las especificaciones se describen todos los elementos necesarios para el desarrollo del dispositivo y su función. Bajo diseño conceptual se describen las características del dispositivo electrónico utilizado y las necesidades ergonómicas para el diseño del producto.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La organización mundial de la salud define discapacidad como una expresión que implica 3 campos que son:

- A. Deficiencias, refiriéndose a problemas que afectan la conformación o función corporal.
- B. Limitaciones de actividad, que son el entorpecimiento a la hora de realizar labores o acciones.
- C. Restricciones de participación, son dificultades para hacer parte de circunstancias vitales.

Colombia no cuenta con cifras exactas de cuántas personas padecen de algún tipo de discapacidad. El último censo entregado por el DANE de 2015 arrojó que 2.624.898 personas, lo que representa el 6.3% de la población colombiana, sufre de algún tipo de discapacidad. Pero según datos actuales entregados por el RLCPD (Registro de Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad), se han identificado 1.404.108 personas, lo que representa el 2,6% de la población colombiana [2].

Tabla 1. Personas con discapacidad.

<b>NUMERO DE PERSONAS EN CONDICION DE DISCAPACIDAD</b>		
<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>N° PERSONAS CON DISCAPACIDAD</b>	<b>% DE LA POBLACION TOTAL</b>
DANE Censo 2015	2624898	6,3
RLCPD junio 2018	1404108	2,6

En la tabla 1 se puede apreciar que de los 1.404.108 de discapacitados en Colombia según RLCPD 181945 presentan algún tipo de discapacidad visual ya sea ceguera completa o baja visión.

Tabla 2. Ranking de discapacidades en Colombia

<b>DISCAPACIDADES EN COLOMBIA</b>	
No reportado	1%
Los demás órganos de los sentidos	1%
La piel	1%
El sistema Genital y reproductivo	2%
La digestión, metabolismo, hormonas	3%
La voz y el habla	4%
Los oídos	5%
El sistema cardiorrespiratorio y defensas	10%
Los ojos	13%
El sistema nervioso	26%
Movimiento del cuerpo, manos	34%

Para las personas con limitaciones visuales, el desplazamiento autónomo en las ciudades, en los entornos educativos, dentro de lugares cerrados representa todo un desafío. Debido a esto las personas que sufren de ceguera permanente o poca visión están siempre expuestas en la calle.

Según el diario “El heraldo”. A diario las personas con discapacidad visual que transitan por las calles de Barranquilla son víctimas de una ciudad que no está diseñada para sus necesidades, vías inseguras, falta de precaución por parte de los actores viales, andenes llenos de huecos y obstáculos. Normalmente estas personas utilizan un bastón como herramienta guía, pero esto muchas veces resulta ineficiente, debido a que su área de trabajo es muy limitada [3].

Según el diario “El Norte de Castilla”, Amorana Joaquina Sevillano Habitante de la ciudad de Castilla en España, cuenta que los principales obstáculos que se

encuentra al salir de su casa son los carritos que las personas puedan dejar en medio de la acera. También los coches que parquean en un paso de cebra y las barreras arquitectónicas. En su caso, ella no lleva bastón porque para ella es como arrojar la toalla, la gente no se percata de que ella no ve y cuando le ponen un obstáculo se lo lleva por delante [4].

Un reportaje realizado por el diario El Espectador, explica que Jesús López Castro es un niño de 9 años el cual sufre de discapacidad visual, su madre Fabiola Castro, asegura que los colegios en Barranquilla no están físicamente aptos para niños con discapacidad visual, ya que muchos de estos colegios cuentan con desniveles, en el caso de su hijo Jesús López Castro es un niño con personalidad muy alegre y divertida, es los momentos de juego suele perder la noción del espacio y tropezar con algún obstáculo ya sea un objeto o una persona [5].

## **1.1 ANTECEDENTES**

### **VISIÓN 2020**

La Asamblea Mundial de la Salud aprobó el Plan de acción para prevenir ceguera y discapacidad visual 2014-2019 buscando reducir la discapacidad visual evitable en un 25% para el 2019. Significa que cada país trabajará para lograr esta meta aumentando acceso al servicio oftalmológico e incluir más socialmente a afectados con falta de visión, entre otros métodos.

La iniciativa VISION 2020: “el derecho de la visión” es un programa que pretende eliminar las causas principales de ceguera prevenible como tema de salud pública para el 2020. VISION 2020 Latinoamérica es parte de dicha iniciativa y ha sido apoyada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Asociación Panamericana de Oftalmología (APO) [6].

### **PERDIDA DE LA VISION**

La pérdida de visión (incluyendo ceguera) se mantiene como causa significativa de discapacidad a nivel mundial. La Agencia Internacional para la prevención de la ceguera (IABD) expone que una enfermedad tratable fue la causa de pérdida de

visión en 4 de cada 5 afectados, y prevalece con la edad. Por lo tanto, el aumento de la esperanza de vida ha aumentado el número de personas mayores con discapacidad visual. Conocer el número de personas afectadas permite plantear estratégicamente los servicios de salud, medir el efecto económico y promover acciones basadas en la evidencia [7].

## **ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL**

Según un artículo publicado por el Instituto Nacional para Ciegos (INCI), el desarrollo de habilidades que permiten a una persona transitar cotidianamente las calles de una ciudad, necesita de cierta destreza personal, pero para personas con discapacidad visual, es todo un desafío, ya que diariamente afrontan ciudades que no fueron diseñadas pensando en esta población, la presencia de herramientas de ayuda se vuelve imprescindible a la hora de moverse, herramientas como los bastones, perros guías o de terceras personas a veces es necesario para estas personas[8].

## **COLOMBIA Y LAS DISCAPACIDADES**

El Censo general de población realizado por el DANE en el 2006 estableció para el país una prevalencia de discapacidad del 6,4% que equivale a 2.632.255 personas, teniendo en cuenta que ese año la población total del país era de 41.242.948. De este total, el Censo identificó el número de personas y porcentaje de prevalencia de la respectiva situación de discapacidad en el país ilustrado en la siguiente tabla [9].

## **EL USO DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN ESPECIAL. DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA NIÑOS DISCAPACITADOS VISUALES EN ETAPA PREESCOLAR**

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación son un medio eficaz que, aplicado en la educación, ayuda a los pedagogos que trabajan en la estimulación temprana de niños con discapacidad. El Centro de Estudios en Rehabilitación Nutricional y Desarrollo Infantil dentro de su línea de investigación y transferencia

en Promoción del Desarrollo Infantil, creó un Sistema Informático Especializado, constituido por un software y un conjunto de materiales didácticos. El objetivo de esta aplicación es facilitar el desarrollo integral de niños discapacitados visuales y ciegos, ofreciendo al docente una herramienta auxiliar a sus actividades diarias [10].

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo se puede contribuir de manera tecnológica y eficiente a mejorar la movilidad de las personas con discapacidad visual?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE**

### **Importancia Social**

Con el diseño de un dispositivo para la detección de obstáculos no solo se busca mejorar la calidad vida de personas con discapacidad visual, si no brindarles una herramienta tecnológica que les brinde la posibilidad de desplazarse en distintos entornos sin la necesidad de acudir a terceras personas. Con esto, además de ofrecerles más independencia a estas personas, se mejora la calidad de vida de sus familiares y quienes las rodean y por consiguiente se logra un impacto positivo en el desarrollo de la sociedad.

### **Importancia Ambiental**

La importancia ambiental de la presente investigación incluye un análisis general del proyecto y un análisis detallado de todos los componentes a utilizar para llevar a cabo la investigación y así como la disposición final de todos los componentes electrónicos una vez termine su vida útil. Para la fabricación de la coraza del dispositivo se optará por tecnologías amigables con el medioambiente como lo es la impresión 3D, usando PLA. El cual es un material biodegradable obtenido de la fécula de maíz.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un dispositivo para la detección de obstáculos, que permita mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Implementar un sistema capaz de detectar obstáculos en frente del usuario
2. Implementar un sistema de alerta eficiente y discreto para dar aviso al usuario de los obstáculos cercanos.
3. Validar dispositivo implementado para detectar posibles fallos mediante pruebas con usuarios.

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 ESTADO DEL ARTE

Los siguientes trabajos e investigaciones fueron de gran ayuda a la hora de diseñar e implementar el dispositivo.

- **Autor:** Wafa Elmannai, Khaled Elleithy.

**Fecha:** 2017

**Lugar:** Bridgeport, USA.

**DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA BASADOS EN SENSORES PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL. PERSONAS: ESTADO**

**ACTUAL, DESAFÍOS Y DIRECCIONES FUTURAS:** Este artículo presenta la información de varios dispositivos de asistencia basados en sensores para personas con discapacidad visual. Estos son dispositivos que recopilan información sobre el entorno y la transfieren a el usuario a través de cámaras con sensores, sonares o escáneres láser. En este estudio se encuentran dispositivos de detección de obstáculos que pueden ser usados en la mano, en un casco, en un bastón, en sillas de ruedas y en anillos. En este artículo se discute sobre cual serian la mejor opción para la fabricación de alguno de estos dispositivos. Además, se hace una comparación entre cada tecnología, que, si algunas tienen componentes en común, pero se puede apreciar la gran variedad de tecnologías, incluso la implementación de la inteligencia artificial [11]. Esta investigación permite conocer los dispositivos existentes y sus características principales, incluso limitaciones de estos para empezar a trazar el camino hacia el cumplimiento de los objetivos fijados en este proyecto.

- **Autor:** Wachaja, A., Agarwal, P., Zink, M., Miguel, R, Möler, K. y Burgard, W.

**Fecha:** 2016.

**Lugar:** Friburgo, Alemania.

## **NAVEGACIÓN DE PERSONAS CIEGAS CON DISCAPACIDAD PARA CAMINAR USANDO UN DISPOSITIVO INTELIGENTE CAMINANTE:**

Este artículo expone la información de un dispositivo que es instalado en un caminador ortopédico, el dispositivo creado fue llamado Smart Walker. El Smart Walker está construido mediante sensores externos montados en un caminador listo para usar. Esto asegura que el usuario pueda rápidamente adaptarse al nuevo sistema y las consideraciones ergonómicas del caminador todavía se mantiene. Además de eso el caminador posee escáneres laser esto para la percepción de lo que lo rodea, también cuenta con una base de datos para el procesamiento de toda la información, por otra parte, el motor vibrador es instalado en los mangos del caminador. Cabe recalcar que la instalación del dispositivo no altera ni limita en ninguna forma el funcionamiento del caminador, este dispositivo proporciona de manera fiable tanto información espacial como de orientación de navegación a usuarios con discapacidad visual. El artefacto fue creado no solo para personas con discapacidad visual, si no también personas con discapacidad o limitaciones motrices [12]. Este proyecto Proporciona ideas de obtención y sondeo de datos del ambiente y método de aviso al usuario por vibración.

- **Autor:** Gu-Young Jeong, Kee-Ho Yu.

**Fecha:** 2016.

**Lugar:** Jeonju, Corea.

## **DETECCIÓN MULTISECCIÓN Y PERCEPCIÓN VIBROTÁCTIL PARA GUÍA PARA CAMINAR DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL:**

Este artículo plantea el desarrollo de un dispositivo de detección de obstáculos, el cual posee una pantalla táctil para el control del dispositivo, frenos de electromagnetismo que se activan cuando el dispositivo detecte la presencia de algún obstáculo y una unidad de control. El funcionamiento es el siguiente: Siete sensores ultrasónicos son instalados en diferente dirección, estos sensores detectan los obstáculos en todos los flancos posibles para una mejor eficiencia. La información que captan los sensores

es enviada a la computadora, la cual se encargará de decidir qué dirección es la más acertada para caminar, la forma de advertirle al usuario de un obstáculo es por medio de una vibración de la pantalla táctil y una señal acústica emitida por el dispositivo [13]. Se tomo este proyecto como ejemplo para estimar los límites de presupuesto ya que su elaboración conlleva una inversión alta y lo que se busca es que el dispositivo tenga fácil adquisición.

- **Autor:** Larisa Dunai, Ismael Lengua, Fernando Brusola Simón, Guillermo Peris Fajarnés.

**Fecha:** 2015.

**Lugar:** Caracas, Venezuela.

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO ACÚSTICO DETECTOR DE OBSTÁCULOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL:** El

artículo presenta el diseño y desarrollo de un dispositivo de navegación y detección de obstáculos para las personas ciegas, basado en la tecnología Time-of-Flight y en sonidos acústicos. El dispositivo se ha desarrollado como un dispositivo de ayuda, complementario al bastón, para las personas invidentes. Su objetivo primordial es detectar los obstáculos e informar al usuario mediante sonidos acústicos de la locación de estos, tanto en distancia como en dirección. El dispositivo tiene un rango de trabajo entre los 0.5 m y 5 m en distancia y entre 30° izquierda y 30° derecha en azimut, con una precisión de 0, 9° [14]. Con la ayuda de este artículo se evalúa la implementación de un método de aviso sonoro, el cual es descartado ya que no incluye a las personas con discapacidad auditiva.

- **Autor:** Hurtado Fierro, Alejandro.

**Fecha:** 2017.

**Lugar:** Ibagué, Colombia.

**DETECTOR DE OBSTÁCULOS POR ULTRASONIDO PARA PERSONAS CON LIMITACIÓN VISUAL EN MEDIOS ESTRUCTURADOS:** Este artículo

presenta el desarrollo de un dispositivo capaz de detectar obstáculos en

lugares estructurados, tales como las empresas, este dispositivo está basado en la tecnología de radar, ya que emplea un sensor ultrasónico, más exactamente el sensor HC-SR04 el cual fue utilizado gracias la programación mediante un sistema embebido en este caso un Arduino, el dispositivo cuenta un vibrador el cual se activará una vez el sensor HC-SR04 detecte un objeto cercano, pero este también será capaz de emitir un sonido y así enviará una señal de advertencia al usuario. El diseño del dispositivo sin ser robusto tiene todas las bases para un proyecto de ingeniería por lo tanto consta de cuatro tarjetas impresas que conforman un circuito fuente, el circuito de control y procesamiento de la señal ultrasónica y un amplificador convencional. Utilizando el mismo principio que utilizan los murciélagos, se va a emplear un sensor ultrasónico que emite señales con una frecuencia de 40KHz como dispositivo de entrada para la captura de la señal ultrasónica [1]. Proporciona factores para analizar criterios de diseño del dispositivo con el fin de cumplir con los objetivos planteados.

- **Autor:** Roel, Diego.

**Fecha:** 2018.

**Lugar:** Monterrey, México.

### **STRAP DISPOSITIVO PARA CIEGOS CAPAZ DE DETECTAR**

**OBSTÁCULOS:** “Strap” es un chaleco con arnés que ayuda a personas con ceguera a explorar el mundo, pues detecta cualquier tipo de obstáculo, y lo notifica al usuario por medio de vibraciones. Esta herramienta de movilidad es capaz de facilitar a las personas con discapacidad visual y ceguera, moverse en su entorno de forma independiente, proporcionando mayor seguridad y confianza. El chaleco tiene un sensor que detecta objetos a base de algoritmos, el arnés de pecho tiene sensores digitales, cuenta con inteligencia artificial para indicar a la persona los obstáculos y el tipo de peligro que hay al frente [16].

- **Autor:** F. Barati, Señor Delavar.

**Fecha:** 2015.

**Lugar:** Qom, Iran.

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SENSOR MÓVIL BASADO EN EL SISTEMA DE ASISTENCIA WAYFINDING CIEGOS:**

En este estudio, Se ha diseñado e implementado un sistema de orientación basado en sensores móviles al aire libre para los ciegos. El objetivo de este estudio es poder guiar a las personas con limitaciones visuales y permitir la detección de obstáculos y el diseño e implementación de un sistema de sensores y wayfinding móvil de la navegación por ellos. En este estudio un sensor de ultrasonido se utiliza para detectar los obstáculos y GPS se emplea para el posicionamiento y navegación en el wayfinding. Este tipo de sensor de ultrasonidos mide el intervalo entre el envío de ondas y la recepción de las señales de eco con respecto a la velocidad del sonido en el medio ambiente para estimar la distancia a los obstáculos [17]. Se tomo este y el anterior proyecto como ejemplo para estimar el alcance del dispositivo y considerar futuras mejoras como la implementación de inteligencia artificial y GPS.

- **Autor:** Jinhyeok Jang, Youngseok Lee.

**Fecha:** 2013.

**Lugar:** Gyeonggi Do, Corea.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DETECTOR DE OBSTÁCULOS INTEGRADO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL:**

Los componentes de hardware utilizados en este trabajo incluyen; sensores, resistencias, condensadores, transistores, Luz diodos emisores y el microcontrolador. Este dispositivo se basa en la tecnología de infrarrojos. La unidad de detección del sistema realizado consta de dos componentes; un diodo de infrarrojos de emisión y un fototransistor sensible a infrarrojos, con la otra unidad que contiene un reflector de infrarrojos. Cuando está colocado en frente de una entrada a un área protegida, las dos unidades establecer un haz invisible, y cualquier objeto capturado dentro de la zona conduce a una

interrupción de la trayectoria del haz, posteriormente, se activa una alarma. Es desarrollado un algoritmo que vigila continuamente todas las direcciones, y genera la señal de alarma apropiada cuando detecta un obstáculo en la dirección supervisado. El software se desarrolló finalmente en lenguaje de programación kit utilizando el microcontrolador 89C51 [18]. Este proyecto ayudó a evaluar y comparar tecnologías de sensores para investigar a fondo cada una y escoger la adecuada para el dispositivo.

### 3.2 <MARCO TEÓRICO

A continuación, se presenta el diagrama de bloques del dispositivo para la detección de obstáculos, que permita la movilidad de personas con discapacidad visual.

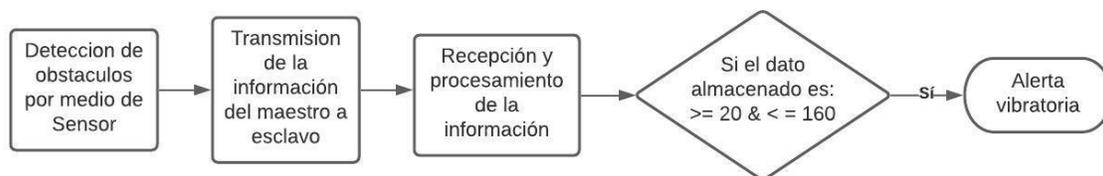


Figura 1. Diagrama de bloque del dispositivo (propia autoría)

En el siguiente espacio se tratarán temas específicos e importantes para el desarrollo de este trabajo. Temas que permitirán entender cada uno de los aspectos relevantes, sus orígenes, explicación científica y tecnológica, aplicaciones, entre otros.

#### **Detección de Obstáculos:**

##### **Sensores de Presencia**

La necesidad de detectar la presencia de objetos está muy vinculada al correcto desempeño de un dispositivo o proceso, dada la importancia de conocer exactamente dónde se ubica un objeto, o para saber si el objeto es un determinado punto. Ya sea para contar piezas, movilizarse, o accionar otros mecanismos en base a la posición del objeto, los sensores de proximidad son una pieza fundamental en los dispositivos de detección de objetos [19].

Este componente es de gran importancia en este proyecto, ya que metafóricamente se convierten en los ojos del usuario. Con su ayuda podremos detectar la existencia de obstáculos y a partir de esto y con la ayuda de la programación, tomar acciones para activar el sistema de alerta.

### **Sensores Ultrasónicos GY-US42**

El sensor ultrasónico GY-US42 producido por varias fábricas en el continente asiático, es un módulo de alta precisión para medir distancias mayores a 20 cm hasta los 720 cm. El sensor mediante su sonda emite ondas ultrasónicas y al ser irradiadas con el objeto medido, la sonda recibe y devuelve la onda acústica para así utilizar esa diferencia de tiempo y calcular la distancia real. El módulo tiene tres formas de leer los datos, por serie UART (nivel TTL); por puerto I2C, compatible con placa Arduino [20].

*Tabla 3. Codificación de pines GY-US42*

<b>CONFIGURACION MODELO GY-US42</b>		
PIN 1	VCC	Power supply +(3v - 5v)
PIN 2	GND	Power supply -
PIN 3	CR	Serial USART_RX/ Trig
PIN 4	DT	Serial USART_tX/ Echo
PIN 5	INT	State
PIN 6	PS	Serial / IIC / Pulse mode conversasion

### **Sensor Infrarrojo Sharp Modelo GP2Y0A02YK0F**

El Sharp GP2Y0A02YK Fabricado por la Sharp Corporation es un sensor de infrarrojos que proporciona una lectura continua de la distancia medida como una tensión analógica dentro de un rango de 20 a 150 cm. La tensión de alimentación

es de 5V y la tensión de salida varia unos 2 voltios de diferencia entre el margen mínimo y el máximo de la distancia medida. Tiene una salida analógica que varía de 2.8V en 15cm a 0.4V en 150cm, con un voltaje de alimentación de 4.5V - 5.5V. El encapsulado es similar a otros sensores Sharp, pero presenta una mayor distancia entre la lente y el sensor con el fin de aumentar el rango de trabajo. La conexión se realiza mediante un conector JST (incluido) de 3 vías, 2 para la alimentación y una para la salida, la cual está disponible de forma continua y su valor es actualizado cada 39 ms. Normalmente se conecta esta salida a la entrada de un canal del ADC del Arduino o Microcontrolador el cual convierte la distancia en un numero digital para ser procesado [21].

### **Comparación entre sensores Ultrasónicos y sensores Infrarrojo**

A continuación, se presentará una tabla donde se compara las características de los dos sensores a escoger, de esta manera se seleccionará el que mejor se adapte a las necesidades del proyecto [22].

Con base a la tabla 4, se procedió a escoger un sensor ultrasónico, esto debido a que se adapta a las necesidades del proyecto, ya que no presenta errores de medición como consecuencia de la luminosidad del ambiente o la longitud de onda de los obstáculos.

*Tabla 4. Comparación infrarrojo y ultrasonido.*

<b>Comparación Infrarrojo VS Ultrasonido</b>		
<b>Objeto Detectable</b>	<b>Detección afectada por materiales / color de objeto</b>	<b>Detección no afectada por materiales / color de objeto</b>
<b>Elemento</b>	Infrarrojo	Ultrasonido
<b>Distancia de detección</b>	500 cm	7 metro máximos
<b>Precisión</b>	Alta	Baja

Velocidad de Respuesta	Rápida	Lenta
Polvo/Agua	Afectado	Inmune
Rango de medición	100 cm a 500 cm	20 cm a 700 cm

### **Transmisión de la información:**

#### **Bluetooth**

El estándar bluetooth, utiliza la técnica FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum, espectro ensanchado por saltos de frecuencia), que consiste en dividir la banda de frecuencia de 2.402 - 2.480 GHz en 79 canales (denominados "saltos") de 1 MHz de ancho cada uno y, después, transmitir la señal utilizando una secuencia de canales que sea conocida tanto para la estación emisora como para la receptora. Por lo tanto, al cambiar de canales con una frecuencia de 1600 veces por segundo, el estándar bluetooth puede evitar la interferencia con otras señales de radio.

El estándar bluetooth se basa en el modo de operación maestro/esclavo. El término piconet se utiliza para hacer referencia a la red formada por un dispositivo y todos los dispositivos que se encuentran dentro de su rango. Pueden coexistir hasta 10 piconets dentro de una sola área de cobertura. Un dispositivo maestro se puede conectar simultáneamente con hasta 7 dispositivos esclavos activos (255 cuando se encuentran en modo "en espera"). Los dispositivos en una piconet poseen una dirección lógica de 3 bits, para un máximo de 8 dispositivos. Los dispositivos que se encuentran en el modo "en espera" se sincronizan, pero no tienen su propia dirección física en la piconet [23].

## Modulo Bluetooth HC-05

El módulo Bluetooth HC-05 viene configurado de fábrica como "Esclavo" (Slave), pero se puede cambiar para que trabaje como "maestro" (máster), se puede cambiar el nombre, código de vinculación, velocidad y otros parámetros más.

Tabla 5. Característica modulo HC- 05

Características	
Configuración	Maestro y esclavo
Versión	v2.0 + EDR
Chip de radio	CSR BC417143
Modulación	GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
Antena	PCB
Potencia de emisión	≤ 4 dBm, Clase 2
Alcance	5 m a 10 m
Sensibilidad	≤ -84 dBm a 0.1% BER
Velocidad	Asincrónica: 2.1 Mbps (Max.) /160 kbps, sincrónica: 1 Mbps/1 Mbps
Seguridad	Autenticación y encriptación (Password por defecto: 1234)
Perfiles	Puerto serial Bluetooth
Pines	VCC, GND, TXD, RXD, KEY y status LED (STATE)
Voltaje de alimentación	3.6 V a 6 V
Dimensiones totales	1.7 cm x 4 cm aprox.

Temperatura operación	de	-20 °C a +75 °C
--------------------------	----	-----------------

### **Modulo bluetooth HC-05 como esclavo**

Cuando está configurado de esta forma, espera que un dispositivo bluetooth maestro se conecte a este, generalmente se utiliza cuando se necesita comunicarse con una PC o Celular, pues estos se comportan como dispositivos maestros [24].

### **Modulo bluetooth HC-05 como Maestro**

En este modo, EL HC-05 es el que inicia la conexión. Un dispositivo maestro solo se puede conectarse con un dispositivo esclavo. Generalmente se utiliza este modo para comunicarse entre módulos bluetooth. Pero es necesario antes especificar con que dispositivo se tiene que comunicar, esto se explicará más adelante [25].

### **Recepción y procesamiento de la información:**

#### **Tarjeta Arduino Pro Mini**

El Arduino Pro Mini es una placa de microcontrolador basada en el ATmega328. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador integrado, un botón de reinicio y orificios para montar encabezados de pines. Se puede conectar un encabezado de seis pines a un cable FTDI o una placa de conexión Sparkfun para proporcionar alimentación USB y comunicación a la placa. El Arduino Pro Mini está diseñado para su instalación semipermanente en objetos o exposiciones. La placa viene sin encabezados pre montados, lo que permite el uso de varios tipos de conectores o la soldadura directa de cables. El diseño del pin es compatible con el Arduino Mini [26].

## Comunicación Serial (TX, RX).

Los puertos de comunicación serial proporcionan la forma más efectiva de comunicar la placa de Arduino con el ordenador, y como se puede notar a través de esta comunicación será posible enviar diferentes órdenes a el Arduino para automatizar procesos o incluso recibir informaciones importantes para mostrarlas en la pantalla del ordenador.

La comunicación serial entre dos dispositivos únicamente utiliza **3 líneas** las cuales son:

- Línea de recepción de datos (RX)
- Línea de transmisión de datos (TX)
- Línea común (GND)

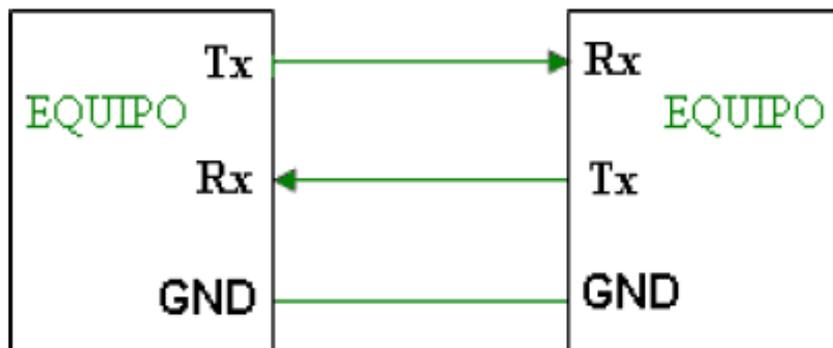


Figura 2. Conexión Tx y Rx. Tomado de [controlautomatico.com](http://controlautomatico.com), 2020

La comunicación serial entre dos dispositivos se realiza a través del intercambio de una secuencia de bits, donde se transmite bit a bit, uno por vez, donde, aunque es lenta la comunicación, tiene la ventaja de poder ser transmitida a mayores distancias y utilizar menos líneas de comunicación.

# ASYNCHRONOUS CHARACTER: 8 DATA BITS, ONE STOP BIT

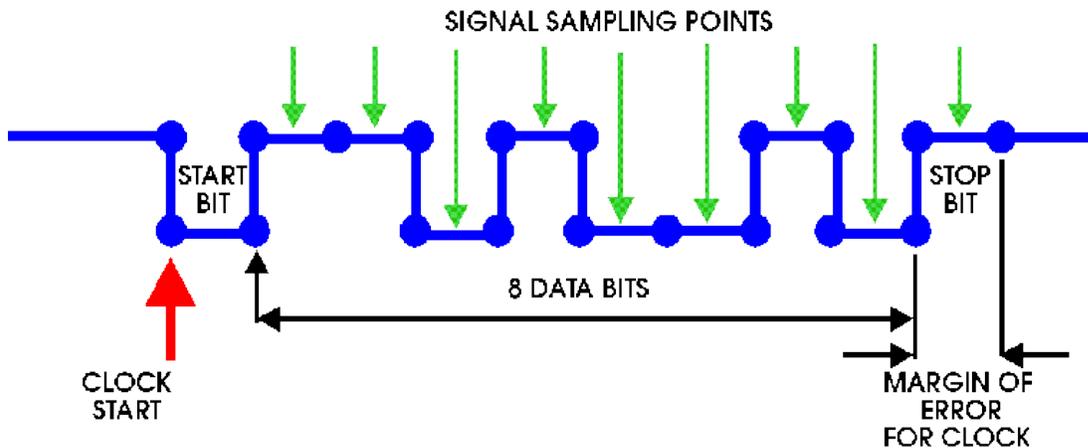


Figura 3. Intercambio de Bit. Tomado de [controlautomatico.com](http://controlautomatico.com), 2020.

En sistemas embebidos es común referirse a los puertos series como **UART** (universally asynchronous receiver/transmitter) la cual simplemente es una unidad que indica la conversión de los datos a una secuencia de bits donde posteriormente son transmitidos o recibidos a una velocidad determinada [27].

## Protocolo I2C

El bus I<sup>2</sup>C, un estándar que facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos con cierto nivel de «inteligencia», sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa. Fue diseñado a este efecto por Philips y permite el intercambio de información entre muchos dispositivos a una velocidad aceptable, de unos 100 Kbits por segundo, aunque hay casos especiales en los que el reloj llega hasta los 3,4 MHz.

## Descripción de las señales

- **SCL** (System Clock) es la línea de los pulsos de reloj que sincronizan el sistema.

- **SDA** (System Data) es la línea por la que se mueven los datos entre los dispositivos.
- **GND** (Masa) común de la interconexión entre todos los dispositivos «enganchados» al bus.

Las líneas **SDA** y **SCL** son del tipo drenaje abierto, es decir, un estado similar al de colector abierto, pero asociadas a un transistor de efecto de campo (o FET). Se deben polarizar en estado alto (conectando a la alimentación por medio de resistores «pull-up») lo que define una estructura de bus que permite conectar en paralelo múltiples entradas y salidas [28].

**Alerta:**

### Micromotor Vibrador Redondo 1027

El Motor conduce alta velocidad giratoria excéntrica produciendo vibración, se utiliza en teléfonos vibradores, equipos de masaje de vibración, relojes electrónicos, mesa de cuarzo, juguetes inteligentes y otros campos [29].

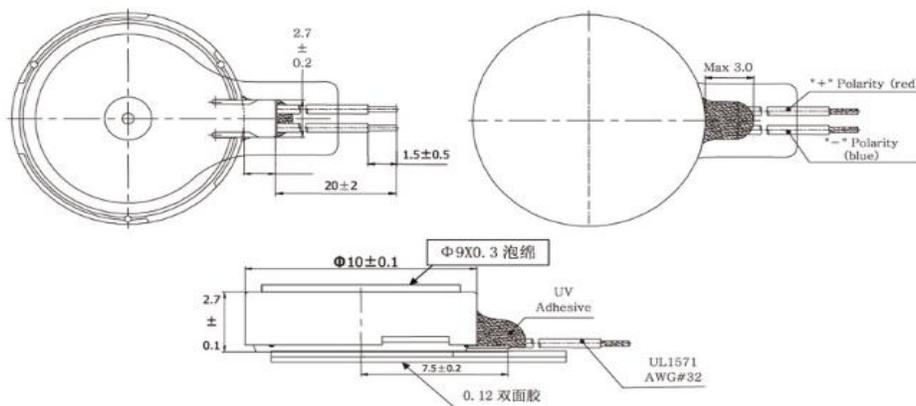


Figura 4. Motor Vibrador. Tomado Vistronica.com, 2020.

### Ácido poliláctico (PLA)

El PLA puro se produce a partir de materias primas renovables y no se basa en combustibles fósiles, como el ABS. Algo bastante positivo, considerando que el



## CARACTERÍSTICAS MODULO TP4056

A continuación, se presentarán las características técnicas del módulo de carga TP4056 [33].

Tabla 6. Características ModuloTP4056.

Modulo Cargador TP4056	
Voltaje de alimentación	4.5 a 5.5 VDC
Corriente de salida:	1A (ajustable)
Voltaje de corte	4.2V (+/- 1% 4.158 a 4.22v)
Precisión de carga:	1.5%
Leds indicadores	Led rojo: cargando batería/ Led verde: batería cargada
Temperatura de trabajo	-10° C a 85° C

### 3.2.1 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se definirán algunos conceptos, que se deben tener claros para poder entender de forma precisa el proyecto.

**Dispositivo:** Un dispositivo es una unidad de hardware o equipo físico que proporciona una o más funciones informáticas dentro de un sistema informático. Puede proporcionar entrada a la computadora, aceptar salida o ambas. Un dispositivo puede ser cualquier elemento electrónico con alguna capacidad informática que admita la instalación de firmware o software de terceros [34].

**Dispositivos para detección de obstáculo:** Son dispositivos diseñados para detectar todo tipo de obstáculo presente en cualquier entorno. Normalmente estos dispositivos usan sensores de tipo ultrasónico o infrarrojo. estos dispositivos

también son usados para facilitar la movilidad de personas con discapacidad visual [35].

**Discapacidad física:** La discapacidad se define como la condición que impide o limita a una persona desarrollar actividades de la vida diaria.” La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás”. Convención de la ONU, 2006.

De igual manera la Organización Mundial de la Salud (OMS), utiliza un enfoque “biopsicosocial”, y define la discapacidad, desde el punto de vista relacional, como el resultado de interacciones complejas entre las limitaciones funcionales (físicas, intelectuales o mentales) de la persona y del ambiente social y físico que representan las circunstancias en las que vive esa persona. La CIF Incluye deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación [36].

**Discapacidad visual:** La discapacidad visual se define con base en la agudeza visual, así como el campo visual. Se habla de discapacidad visual del ojo cuando existe una disminución significativa de la agudeza visual del ojo aún con el uso de lentes, o bien, una disminución significativa del campo visual del ojo [37].

Según datos arrojados por la Organización Mundial de la Salud

- A nivel mundial, se estima que aproximadamente 1300 millones de personas viven con alguna forma de deficiencia visual.
- Con respecto a la visión de lejos, 188,5 millones de personas tienen una deficiencia visual moderada, 217 millones tienen una deficiencia visual de moderada a grave y 36 millones son ciegas).
- En cuanto a la visión de cerca, 826 millones de personas tienen una visión de cerca deficiente.
- A nivel mundial, las principales causas de la visión deficiente son los errores de refracción no corregidos y las cataratas.

- Aproximadamente el 80% de todos los casos de visión deficiente a nivel mundial se consideran evitables.
- La mayoría de las personas con visión deficiente tienen más de 50 años.

La Clasificación Internacional de Enfermedades 11 (2018) clasifica la deficiencia visual en dos grupos según el tipo de visión: de lejos y de cerca [38].

Deficiencia de la visión de lejos:

- 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 a 3/60

**Sensor:** El término sensor se refiere a un elemento de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una señal que puede procesar el sistema. Al elemento activo de un sensor se le conoce comúnmente como transductor. El diseño de sensores y transductores siempre involucra alguna ley o principio físico o químico que relaciona la cantidad de interés con algún evento medible. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas tales como posición lineal, posición angular, desplazamiento, deformación, aceleración, presión, caudal, fuerza, velocidad lineal y velocidad angular, temperatura, intensidad lumínica, distancia y vibración [39].

**Bluetooth:** Es una tecnología inalámbrica destinada para conectar dispositivos que se encuentran a corta distancia, esta tecnología permite la comunicación entre dispositivos mediante ondas de corto alcance. La tecnología es bastante ventajosa, pues permite la comunicación entre diversos dispositivos sin la necesidad de cables. Además de eso, es una tecnología barata [40].

**Programar:** Programar es el proceso por medio del cual se diseña, codifica, limpia y protege el código fuente de programas computacionales. A través de la programación se dictan los pasos a seguir para la creación del código fuente de programas informáticos. De acuerdo con ellos el código se escribe, se prueba y se

perfecciona. El objetivo de la programación es la de crear software, que después será ejecutado de manera directa por el hardware de la computadora, o a través de otro programa. La programación se guía por una serie de reglas y un conjunto pequeño de órdenes, instrucciones y expresiones que tienden a parecerse a una lengua natural acotada. El lenguaje de programación, son todas aquellas reglas o normas, símbolos y palabras particulares empleadas para la creación de un programa y con él, ofrecerle una solución a un problema determinado [41].

**Movilidad:** Es la capacidad de moverse libremente, con facilidad, con ritmo y con un fin determinado en el entorno, es un componente esencial de la vida [42].

- El movimiento es necesario para protegerse de traumatismos y cubrir las necesidades básicas.
- Fundamental para mantener la independencia.
- Esencial para el funcionamiento adecuado de los huesos y los músculos.
- El movimiento sin dolor influye en la autoestima y la imagen corporal.
- Alteraciones en la movilidad hacen que las personas se sientan indefensas y una carga para los demás.
- Es necesario para una vida satisfactoria.

La movilidad y estabilidad normal son el resultado de un sistema musculoesquelético intacto, sistema nervioso intacto y unas estructuras del oído interno intactas, responsables del equilibrio. El movimiento corporal requiere actividad muscular coordinada e integración neurológica que implica cuatro elementos básicos [43]

Para la detección de los obstáculos se utilizarán sensor tipo ultrasónicos y sensor tipo infrarrojo.

**Sensor ultrasónico:** Como su nombre lo indica, los sensores ultrasónicos miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción.

Un sensor óptico tiene un transmisor y receptor, mientras que un sensor ultrasónico utiliza un elemento ultrasónico único, tanto para la emisión como la recepción. En un sensor ultrasónico de modelo reflectivo, un solo oscilador emite y recibe las ondas ultrasónicas, alternativamente. Esto permite la miniaturización del cabezal del sensor [44].

**Sensores infrarrojos:** Los sensores infrarrojos son unos dispositivos optoelectrónicos capaces de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Se utilizan para detectar objetos y además permiten la visión nocturna y la posibilidad de atravesar algunos objetos opacos para la luz visible.

Es decir, los sensores infrarrojos están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas [45].

Los sensores enviarán la señal a un sistema embebido, el cual para este proyecto es un Arduino y este será encargado de procesar la información.

**Arduino:** Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso. El hardware de Arduino consiste en una placa con un microcontrolador generalmente Atmel AVR con puertos de comunicación y puertos de entrada/salida [46].

**Electrónica SMD:** Más conocida por sus siglas **SMT** del inglés *surface-mount technology*, hace referencia al montaje de los componentes electrónicos sobre la superficie del circuito impreso. La tecnología SMD se utiliza ampliamente en la industria electrónica. Esto es debido al incremento de tecnologías que permiten reducir cada día más el tamaño y peso de los componentes electrónicos. Los circuitos impresos poseen unas superficies planas sin agujeros, hechas

normalmente de plomo-estaño(plateadas), o de cobre (doradas), llamadas terminales de soldadura. La “pasta de soldadura”, que consiste en una mezcla de flux y pequeñas partículas de estaño, se aplica sobre los terminales mediante un proceso de estarcido. Para ello, se utiliza unas plantillas de acero o níquel troquelado, conocidas como esténcil [47].

**ACIDO POLILÁCTICO (PLA):** Para la fabricación de la carcasa del dispositivo se utilizará el ácido poliláctico conocida por sus siglas en inglés PLA. Este material se utilizará por su versatilidad, este material se fabrica partir de recursos renovables al 100%, como son el maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Este ácido tiene muchas características equivalentes e incluso mejores que muchos plásticos derivados del petróleo, lo que hace que sea eficaz para una gran variedad de usos. El PLA es un polímero permanente e inodoro, Este material es claro y brillante como el poliestireno. Resistente a la humedad y a la grasa. Tiene características de barrera del sabor y del olor similares al plástico de polietileno tereftalato, usado para las bebidas no alcohólicas y para otros productos no alimenticios. La fuerza extensible y el módulo de elasticidad del PLA es también comparable al polietileno. Pero es más hidrofílico que el polietileno, tiene una densidad más baja. Es estable a la luz U.V., dando como resultado telas que no se decoloran. Su inflamabilidad es demasiado baja [48].

### **3.2.2 MARCO LEGAL**

A continuación, se relaciona las principales normas, relacionadas a la discapacidad visual, así como las leyes que mejoran la calidad de vida de estas personas.

En Colombia existen variedad de leyes y decretos que acuerdan protección, atención, inclusión, entre otras, de las personas que padecen algún tipo de discapacidad; o que definen lineamientos integrales de política para su cuidado. Se encuentran entre muchas, la Ley 1145 de 2007, a través de la cual se organiza el Sistema Nacional de Discapacidad (SND), una más reciente la Ley Estatutaria 1618 de 2013, gracias a la cual se contemplan las disposiciones que garantizan el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad [49].

El SND es un conjunto de normas, instituciones, programas, recursos y/o actividades que permiten poner en marcha los principios generales de la discapacidad, estipulados en la Ley 1145 de 2007. Art. 2. La articulación del SND es fundamental y compleja por el gran número de instancias que lo conforman, y la gran variedad institucional en el ámbito nacional y la interacción internacional [50]. Por otro lado, la organización relacionada con el grupo de discapacitados afectados en el presente proyecto es el INCI. El Instituto Nacional para Ciegos es un establecimiento público del orden nacional, que propone políticas, planes y programas que mejoran la calidad de vida de la población ciega y con baja visión, en el marco del respeto por la diferencia y la equiparación de oportunidades. Para lograr este objetivo, el INCI coordina acciones con los Ministerios de Educación Nacional, de la Protección Social y de Comunicaciones en las áreas de su competencia [51].

### **Ley 1680 de 2013**

El objeto de la presente ley es garantizar el acceso autónomo e independiente de las personas ciegas y con baja visión, a la información, a las comunicaciones, al conocimiento, y a las tecnologías de la información y las comunicaciones, para hacer efectiva su inclusión y plena participación en la sociedad [52].

Esta ley busca desarrollar lo propuesto en el artículo 13 de la constitución política ya que su finalidad es crear condiciones que permitan la igualdad real de los derechos de las personas ciegas y de baja visión, para evitar su discriminación.

Esta ley es un paso hacia adelante en el respeto y garantía de los derechos de 1.3 millones de colombianos ciegos y con baja visión que desde ahora cuentan con una herramienta para acceder a la información y al conocimiento [53].

### **Ley 1346 de 2009**

Por medio de esta ley se aprueba la “convención sobre los derechos de las personas con discapacidad” esta ley fue adoptada por la asamblea de las naciones unidas (ONU) el 13 de diciembre de 2006. En esta ley promueve la inclusión de los

lenguajes, la visualización de textos, el Braille, la comunicación táctil, los macro tipos, los dispositivos multimedia de fácil acceso, así como el lenguaje escrito, los sistemas auditivos, el lenguaje sencillo, los medios de voz digitalizada y otros modos, medios y formatos aumentativos o alternativos de comunicación, incluida la tecnología de la información y las comunicaciones de fácil acceso [54].

### **Constitución política de Colombia 1991**

En la constitución política de Colombia de 1991, entre sus normas abordan temas sobre la discapacidad en Colombia [55].

**Artículo 13:** “El Estado protegerá especialmente a aquellas personas que, por su condición económica, física o mental, se encuentren en circunstancia de debilidad manifiesta y sancionará los abusos o maltratos que contra ellas se cometan”.

**Artículo 47:** “El Estado adelantará una política de previsión, rehabilitación e integración social para los disminuidos físicos, sensoriales y psíquicos, a quienes se prestará la atención especializada que requieran”.

**Artículo 54:** “Es obligación del Estado y de los empleadores ofrecer formación y habilitación profesional y técnica a quienes lo requieran.

**Artículo 68:** “La erradicación del analfabetismo y la educación de personas con limitaciones físicas o mentales, o con capacidades excepcionales, son obligaciones especiales del Estado”.

### **Ley 1438 de 2011**

En materia de salud, el artículo 66 de la ley 1438 de 2011, que reforma el Sistema General de Seguridad Social en Salud, estipula que las acciones de salud deben incluir la garantía a la salud de las personas con discapacidad, mediante una atención integral y una implementación de una política nacional de salud con un enfoque diferencial. De igual manera el Artículo 18, determina la gratuidad de los servicios y medicamentos para los niños, niñas y adolescentes con discapacidad y enfermedades catastróficas, de Sisbén 1 y 2 [56].

#### 4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

A Continuación, se presentará un mapa conceptual (ver figura 7) en donde se detallan cuál fue el procedimiento metodológico a utilizar

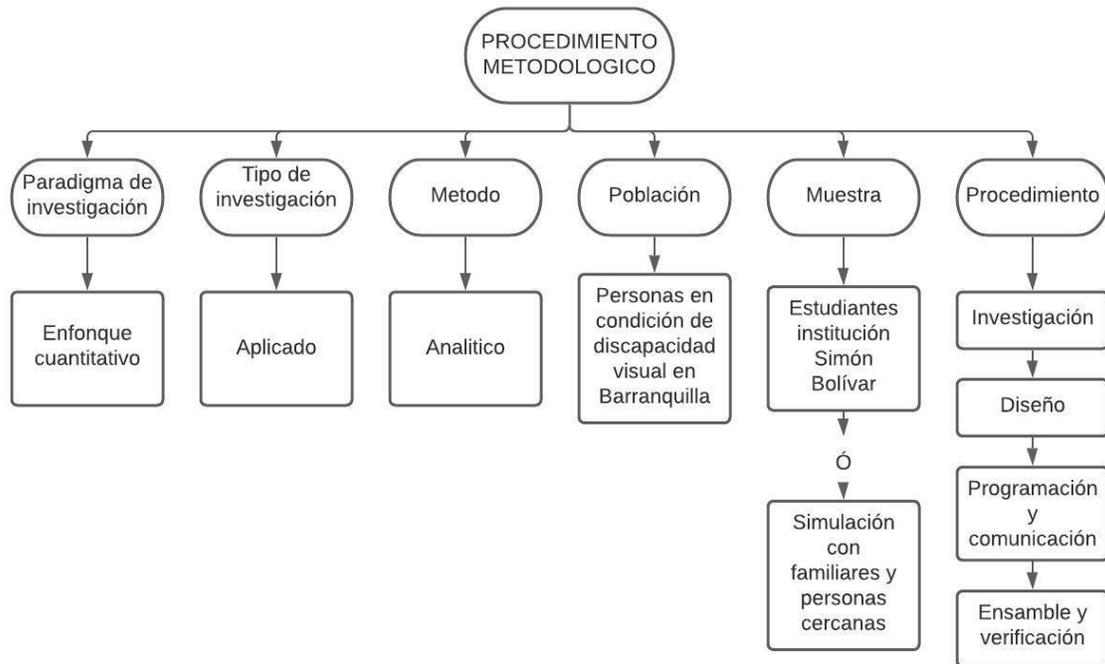


Figura 6. Procedimiento metodología (Propia autoría)

En la figura anterior se observa que la investigación es de enfoque cuantitativo, esto debido a el almacenamiento y análisis de la información proveniente del dispositivo maestro. El tipo de investigación y el método está basado en la experimentación directa y lógica empírica. Las técnicas de investigación aplicada para el desarrollo de este trabajo es de tipo secundario ya que se basa en investigación realizadas con antelación, datos obtenidos mediante la caracterización de los sensores, fuentes independientes, artículos científicos y base de datos. Para el desarrollo del trabajo de grado se procedió hacer la división en 4 fases:

- Investigación
- Diseño
- Programación y comunicación
- Ensamble y verificación

## **4.1. METODOLOGÍA**

En este capítulo se describe el desarrollo del proyecto de grado. Desarrollar un dispositivo para la detección de obstáculos, que permita mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual. Comprendido por el diseño, programación, comunicación y posterior ensamble del dispositivo.

Inicialmente se tuvo contemplado tomar como muestras a estudiantes de la institución Simón Bolívar de la ciudad de Barranquilla, pero por la coyuntura que se vive a nivel mundial como consecuencia de la pandemia ocasionada por el Covid 19, lo que acarre el cierre de los colegios, universidad y centro médicos, donde puede haber personas con algún tipo de discapacidad visual. se optó por seleccionar como muestra a familiares y personas cercanas a quienes mediante gafas que impiden la visualización del entorno se simulo la discapacidad visual.

### **4.1.1. SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS.**

Esta es una de las etapas más importantes para el proyecto. De esta sección dependerá la correcta integración de cada componente,

#### **4.1.1.1. Sistema de detección de obstáculo.**

Para la selección del sensor encargado de la detección de obstáculo se tuvo en cuenta la información de la sección 3.2. Esto debido a la necesidad de un sensor, que no se viera afectado por las condiciones lumínicas, por el tipo de material, la longitud de onda del color del material y contara con un rango de medición acorde a las necesidades del proyecto.

Se optó por un sensor ultrasónico más específicamente el sensor con referencia GY-US42 el cual es una variación del sensor XL-MaxSonar®



Figura 7. Sensor XL-MaxSonar®. Tomado de maxbotix, 2020

Este sensor cuenta con un rango de medición de 20 cm a 756 cm, una velocidad de lectura de 10hz, corriente promedio bajo de 3.4 mA. El sensor cuenta con un ángulo de apertura de 15 grados desde la perpendicular. Esto lo hace ideal para el dispositivo. La interacción entre el sensor ultrasónico y el Arduino pro mini se hará por comunicación I2c.

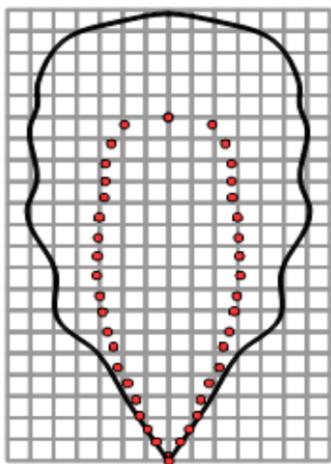


Figura 8. Rango de medición sensor. Tomado de maxbotix, 2020

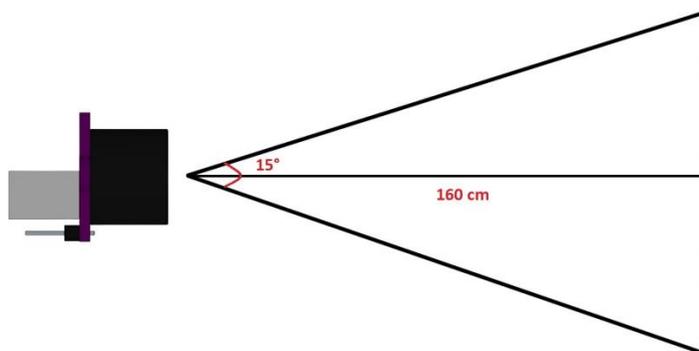


Figura 9. Representación gráfica del ángulo de apertura de la onda (Propia autoría).

$$\text{Rango de la onda: } \tan (\phi) = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Cateto Adyacente}}$$

**Ecuación (1).**

$$\text{Rango de la onda: } \tan (15^{\circ}) = \frac{x}{160\text{cm}}$$

$$\text{Rango de la onda: } \tan (15^{\circ}) * 160 \text{ cm} = x$$

$$\text{Rango de la onda: } x = 42,8 \text{ cm}$$

A una distancia de 160 cm el dispositivo es capaz de detectar objetos a una altura de 42,8cm por encima de la perpendicular, es decir, aproximadamente a la altura de la cabeza del usuario, de igual forma hacia abajo lo que permite detectar obstáculos aproximadamente a la altura de la cintura.

#### 4.1.1.2. Sistema de alerta

Para el sistema de alerta del dispositivo se optó por un motor vibrador 1027. Esto debido a su pequeño tamaño, gran potencia, con una velocidad al alrededor de 4000 RPM y su bajo consumo energético.

Este motor vibrador será el encargado de alertar al usuario de la detección de algún obstáculo, esta vibración contará con variaciones o intermitencias dependiendo de la distancia en la cual se encuentre lo detectado.

Tabla 7. Características Motor vibrador

<b>MICROMOTOR VIBRADOR REDONDO 1027</b>	
Tipo	1027
Material	Hierro
Tamaño	10 x 2.7mm
Longitud del Cable	15 MM
Voltaje	1.5 V Corriente: 0.05A
Voltaje	3 V Corriente: 0.1 A
Velocidad Nominal del Rotor	4000 RPM

#### **4.1.1.3. Microcontrolador**

Este microcontrolador permite programar y controlar tanto el hardware y el software. Este controlador se encuentra en la tarjeta embebida Arduino pro mini la cual se usó en el dispositivo. Para la programación de este se usó el entorno de desarrollo integrado de Arduino (IDE). Ver programación en la sección 4.1.3 y los anexos.

Uno de los motivos más importantes por el cual se procedió a utilizar esta tarjeta en concreto fue su tamaño ya que en comparación con otras tarjetas es bastante pequeña. Lo que resulta ideal para el dispositivo. Aportando así al objetivo de contar con un dispositivo discreto y poco invasivo.

Esta tarjeta se seleccionó debido a que es una versión minimalista del Arduino nano y uno, guardando las mismas características técnicas de sus predecesoras antes mencionadas.

#### **4.1.1.4. Comunicación inalámbrica**

Para la comunicación inalámbrica se hizo necesario el uso de dos módulos bluetooth HC-05, los cuales se configuraron de la siguiente manera. El primero se configuro como maestro y el segundo como esclavo (collar y brazalete respectivamente). Esto se hace para para lograr un emparejamiento y comunicación en tiempo real de ambos dispositivos.

El motivo por el cual se escogió el Módulo Bluetooth HC-05 y no el Módulo Bluetooth HC-06, es que el primero permite ser configurado como esclavo o maestro, por otro lado, el HC-06 solo puede ser utilizado como esclavo.

En este proyecto se necesita que el dispositivo ubicado a la altura del tórax sea configurado como maestro y el dispositivo ubicado en la muñeca debe ser configurado como esclavo. De este modo se logra que el dispositivo que se encarga de detectar los obstáculos dé ordenes al dispositivo que está encargado de alertar al usuario.

## Características modulo HC-05

### Comandos AT

Para la configuración de los dos modulo bluetooth se hizo necesario la utilización de los comandos AT.

Tabla 8. Comandos AT

COMANDOS AT	
NOMBRE DEL COMANDO	ACCION A EFECTUAR
AT	Comando de prueba, debe responder con OK
AT+ROLE=1	Comando para colocar el módulo en modo Maestro (Máster)
AT+ROLE=0	Comando para colocar el módulo en modo Esclavo (Slave)
¿AT+VERSION?	Obtener la versión del firmware
AT+UART=	Configurar el modo de funcionamiento del puerto serie en "modo puente"
AT+NAME<Nombre>	configura el nuevo nombre que llevará el módulo HC-05
AT+PSWD=<número 4 dígitos>	cambiar la contraseña del módulo bluetooth
AT+CMODE<número 0 o 1>	(el 1 le permite conectarse con cualquier MAC (Dirección Física) y 0 solo le permite conectarse con una MAC en particular)

#### 4.1.1.5. Batería

Este componente es la fuente de alimentación para ambos dispositivos, para la selección de la batería previamente se necesitó saber el consumo de cada componente.

En la siguiente tabla se puede observar el consumo de energía de cada uno de los componentes usados para los dispositivos.

Tabla 9. Consumo de energía maestro

<b>CONSUMO DE ENERGIA MAESTRO</b>	
Componente	Consumo de corriente mA
Arduino pro mini	17
Ultrasónico	9
HC-05	8
Led	13
Módulo de carga	5

Sumando todas las corrientes que consumen cada componente se tiene un consumo de:

$$\text{Consumo Maestro} = 52 \text{ mAh}$$

Tabla 10. Consumo de energía esclavo

<b>CONSUMO DE ENERGIA ESCLAVO</b>	
Componente	Consumo de corriente mA
Arduino pro mini	17
Motor vibrador	100
HC-05	8
Led	13
Módulo de carga	5

Sumando todas las corrientes que consumen cada componente se tiene un consumo de:

$$\text{Consumo esclavo} = 143 \text{ mAh}$$

Con base a las dos tablas anteriores se obtiene que el consumo por hora del dispositivo maestro es de 52mAh y el del esclavo es de 143mAh. Se puede notar que el consumo en el esclavo es mucho mayor, esto debido a que en este se encuentra un motor vibrador el cual es el encargado de notificar al usuario del obstáculo detectado. Se pretende que la duración de funcionamiento de los

dispositivos sea de mínimo dos horas. Para esto se requiere realizar el siguiente calculo:

$$\text{Capacidad bateria} = \frac{\text{Tiempo de funcionamiento} * \text{Consumo de energia}}{1 \text{ hora}}$$

**Ecuación (2)**

**Capacidad de maestro:**

$$\text{Capacidad de maestro} = \frac{2 \text{ h} * 52 \text{ mAh}}{1 \text{ h}}$$

$$\text{Capacidad de maestro} = 104 \text{ mAh}$$

**Capacidad de esclavo:**

$$\text{Capacidad de esclavo} = \frac{2 \text{ h} * 143 \text{ mAh}}{1 \text{ h}}$$

$$\text{Capacidad de esclavo} = 286 \text{ mAh}$$

Para la selección de la batería que mejor se adapte a las necesidades del dispositivo. se escoge como referencia el consumo de dispositivo esclavo ya que este representa la mayor demanda de energía. Se opta por usar una batería de litio de mayor capacidad para garantizar las dos horas de funcionamiento, la batería seleccionada es una de 300mAh.



Figura 10. Batería de litio de 300mAh. Tomado de vistronica,2020

A continuación, se realizó un cálculo para saber la duración real de ambos dispositivos.

$$\text{Tiempo de operacion} = \frac{\text{Capacidad bateria} * 1 \text{ hora}}{\text{consumo de energia}}$$

**Ecuación (3)**

### Tiempo de duración maestro

$$\text{Tiempo de operacion maestro} = \frac{300 \text{ mAh} * 1 \text{ h}}{52 \text{ mAh}}$$

$$\text{Tiempo de operacion maestro} = 5,769 \text{ mAh}$$

### Tiempo de duración esclavo

$$\text{Tiempo de operacion maestro} = \frac{300 \text{ mAh} * 1 \text{ h}}{143 \text{ mAh}}$$

$$\text{Tiempo de operacion maestro} = 2,097 \text{ mAh}$$

### 4.1.2. CRITERIOS DE DISEÑO

Para la disposición de los dispositivos se tomó en cuenta que no fuese invasivo ni estorboso para el usuario. Por lo que se decidió colocar el dispositivo maestro a la altura del pecho con la ayuda de un cordón encerado usado comúnmente en collares, también cuenta con un gancho en la parte trasera que puede acoplar el dispositivo en un bolsillo de la camisa, ya que este será el encargado de detectar los obstáculos que estén en un rango de 20cm a 160 cm. El dispositivo esclavo se colocó a la altura de la muñeca asegurado con una manilla de velcro, este será el encargado de recibir la información para posteriormente alertar al usuario. A continuación, la representación gráfica de la disposición



Figura 11. Disposición de los dispositivos vista frontal y lateral (Propia autoría).

### 4.1.3. SOFTWARE Y HARDWARE

El algoritmo y el hardware para los dispositivos fue diseñado de la siguiente manera: Como primer paso se inició por la conexión entre la placa de Arduino y el sensor ultrasónico, para esto se conectó el primer pin del ultrasónico al Vcc del Arduino, el segundo pin on el GND, el tercer pin con el pin analógico A5 el cual funciona como System Clock o SCL y por último el pin 4 con el pin analógico A4 el cual funciona como él (System Data) o el SDA (ver figura 12).

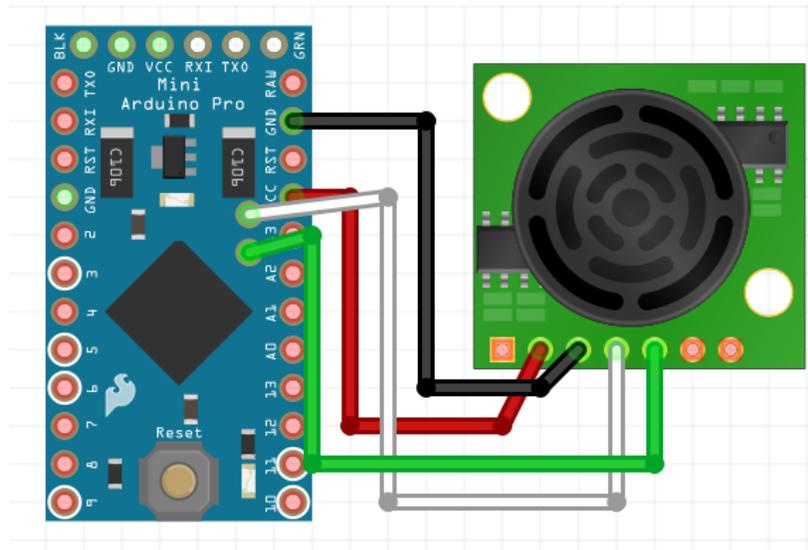


Figura 12. Conexión Arduino pro mini y sensor (Propia autoría).

El paso siguiente fue caracterizar el sensor ultrasónico, para este fue necesario la comunicación con el Arduino mediante el protocolo i2c (ver figura 13). Los datos obtenidos por el sensor serán almacenados en un variable de tipo entera llamada Rango.

```

#include <Wire.h>
int rango;
void setup() {
  Wire.begin();
}

void loop() {

Wire.beginTransmission(112);
  Wire.write(byte(81));
  Wire.endTransmission();
  delay(70);
  Wire.requestFrom (112,2);

  if (2 <= Wire.available()){
    rango=Wire.read();
    rango=rango <<8;
    rango |= Wire.read();}
    Serial.write(rango);
}

```

Figura 13. Caracterización de sensor (Propia autoría).

En la figura 13 se puede verificar la primera prueba de medición, el cual consta de un obstáculo situado a una distancia de 30 cm, esto según la cinta métrica instalada en el piso. Una vez el sensor es caracterizado, se puede observar mediante el monitor serial que la medición arrojada por el sensor ultrasónico es de exactamente 30 cm.



Figura 14. Prueba de medición (Propia autoría).

Para el sistema de alerta oportuna se procedió a usar un micromotor vibrador, este será el encargado de alertar al usuario por medio de una vibración. Este tendrá un intervalo de tiempo el cual dependerá de los datos arrojados por el sensor ultrasónico. Dicho intervalo estará dado por las siguientes condiciones.

```

//caso 1
if (rango >0 && rango<=20) {}
//caso 2
if (rango >20 && rango <=40) {}
//caso 3
if (rango >40 && rango<=60) {}
//caso 4
if (rango >60 && rango<=80) {}
//caso 5
if (rango>80 && rango <=100) {}
//caso 6
if (rango >100 && rango <=120) {}
//caso 7
if (rango >120 && rango <=140) {}
//caso 8
if (rango >=140 && rango <=160) {}

```

Figura 15. Condiciones sistema de alerta (Propia autoría).

Una dificultad que se encontró para el correcto funcionamiento de los dispositivos fue el uso de la función `delay()`; , ya que esta función básicamente detiene la ejecución del programa por el tiempo que se le dé. Esto hace que se den errores al momento de la lectura o que se retrase la comunicación entre el esclavo y el maestro. Para la solución de este inconveniente se usó la función `millis()`; , este devuelve el número de milisegundos desde que la placa Arduino empezó la ejecución, luego se usan una variable de tipo `unsigned long` para almacenar el tiempo transcurrido desde que entra a cada caso. Finalmente se usan dos variables una de tipo `int` y la otra de tipo `boolean` las cuales se usarán para definir el tiempo en el que el motor y un led se encenderán y apagarán. En la sección de Anexos se puede encontrar el código fuente que se usó para la programación del sistema de alerta. Una vez se tiene finalizado la programación para el sistema de detección de obstáculo y el sistema de alerta, se procede a la caracterización de los dos módulos

bluetooth HC-05. Para posteriormente lograr la comunicación entre los dos dispositivos (Ver anexos).

Para la Selección de los UART o Baudios se tuvo en cuenta la siguiente formula:

$$Velocidad\ en\ baudios = \frac{fosc}{(4 * UBRR + 1)}$$

**Ecuación (4).**

Tabla 11. Cálculo de Baudios

FOSC	PS	FOS	UBRR
16000000	4	4000000	103,166667

Teniendo en cuenta la tabla 11 se obtuvo la velocidad en baudios adecuada para la comunicación de los módulos Bluetooth, la cual dio:

$$Velocidad\ en\ baudios = \frac{16000000}{(4 * 103,166667 + 1)}$$

$$Velocidad\ en\ baudios = 38678$$

A pesar de que el valor exacto recomendado por la formula fue de una velocidad en baudio de 38678, La tarjeta de Arduino no maneja esta velocidad con exactitud. Por consiguiente, se tomó la velocidad de baudios más cercana la cual fue de 38400 baudios.

Para programar el primer módulo HC-05 como esclavo, primero se entró en modo configuración, luego se utilizaron los siguientes comandos AT, los cuales se muestran en la figura 15. Al final se obtuvo la dirección de la MAC lo que permitirá la conexión con el Dispositivo maestro.

Bluetooth Esclavo

```
AT
AT+NAME=BTEsclavo
AT+PSWD=0000
AT+UART=38400,0,0
AT+ROLE=0 (Para 0 significa Esclavo y 1 Significa Maestro)
AT+CMODE=1 (el 1 le permite conectarse con cualquier MAC(Direccion Fisica) y 0 solo le permite conectarse con una MAC en particular)
AT+ADDR (Sentencia para extraer la direccion MAC de este bluetooth)

MAC:18:e4:354d92
```

Figura 16. Comandos AT, para esclavo (Propia autoría).

Posteriormente se procede a programar el siguiente modulo HC-05 como maestro, teniendo en cuenta que ahora se debe programar el maestro para que solo se pueda emparejar con el esclavo, para eso se usa la MAC del esclavo, de esta manera obligamos al maestro a emparejarse solo con la MAC que tenga esta registrada (ver Figura 17).

Bluetooth Maestro

```

AT
AT+NAME=BTMaestro
AT+PSWD=0000
AT+UART=38400,0,0
AT+ROLE=1 (Para 0 significa Esclavo y 1 Significa Maestro)
AT+CMODE=0 (el 1 le permite conectarse con cualquier MAC(Direccion Fisica) y 0 solo le permite conectarse con una MAC en particular)
AT+BIND= 18,e4,354d92Aqui se pone la mac del dispositivo esclavo, recordemos que se debe de cambiar los ":" por ","
    
```

Figura 17. Comandos AT, para Maestro (Propia autoría).

#### 4.1.4. DISEÑO ELECTRÓNICO

Para el diseño electrónico de ambos dispositivos se procedió a usar el Software Fritzing.

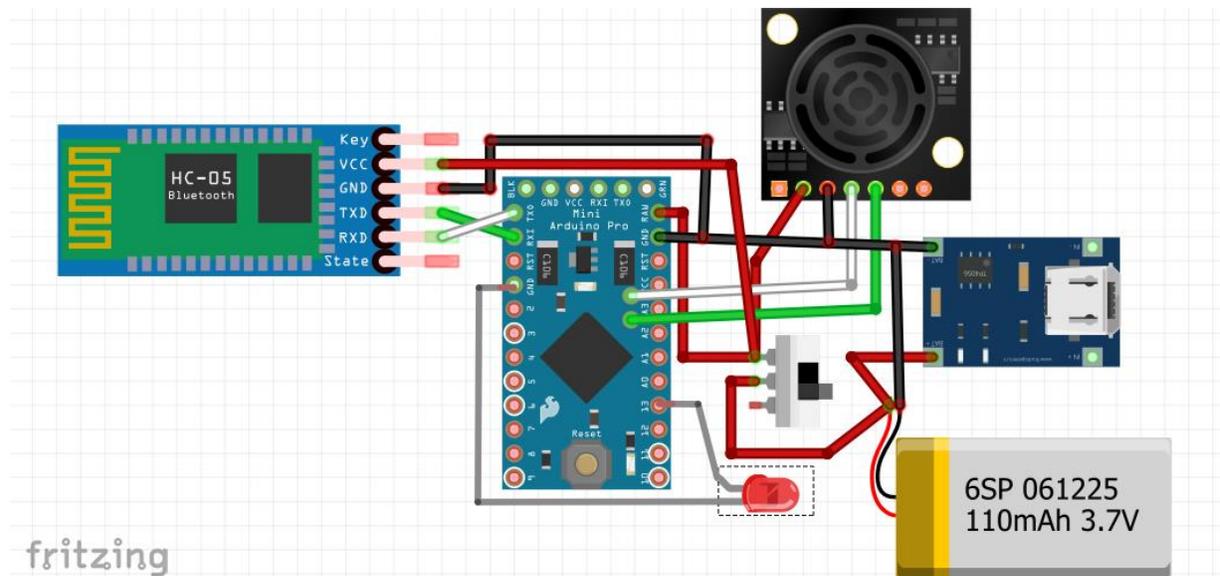


Figura 18. Circuito Electrónico para detección de obstáculo (Propia autoría).

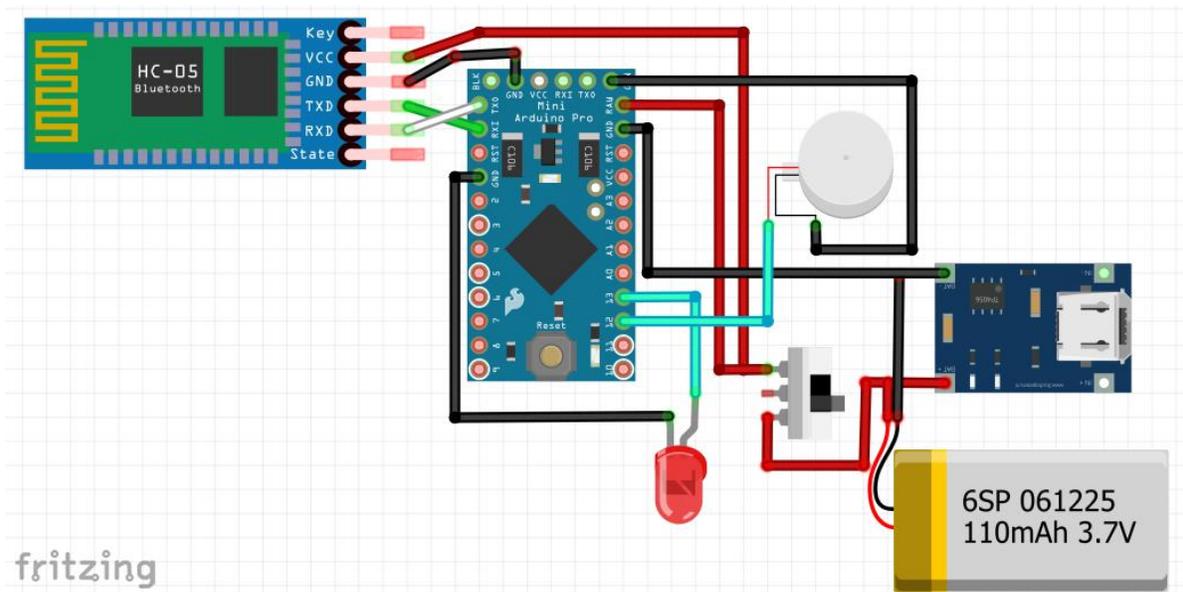


Figura 19. Circuito Electrónico sistema de alerta (Propia autoría).

#### 4.2. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio va dirigido de manera aplicada, debido a la toma de datos experimentales o teóricos como también datos reales obtenidos mediante previos ensayos. Estos datos son posteriormente procesados y estudiados mediante un Software, el cual permitirá ejecutar una acción preventiva con base a los datos previamente obtenidos.

### 4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO

Tabla 12. Cronograma objetivo específico 1.

 Universidad Autónoma del Caribe Proyecto de Grado - Ingeniería Mecatrónica PLAN DE TRABAJO 						
Componentes	Descripción	Fecha Inicio	Fecha Final	Duración (Días)	Responsables	Valores Presupuesto
<b>OBJETIVO 1</b>	<b>Analizar tecnologías de detección de objetos a distancia y de alerta eficiente y discreta para llevar a cabo las más adecuadas al dispositivo</b>	<b>8/11/2019</b>	<b>6/12/2019</b>	<b>27</b>	<b>Sebastian Uribe y Jeanseth Perez</b>	<b>\$ 0</b>
<b>Entregable # 1</b>	<b>Identificación de las tecnologías para detección de obstáculos.</b>	<b>8/11/2019</b>	<b>21/11/2019</b>	<b>13</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 0</b>
Actividad 1	Hacer un estudio de las diferentes tecnologías para detección de obstáculos	8/11/2019	14/11/2019	6	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 2	Comparar las diferentes tecnologías, para hacer una selección acertada.	14/11/2019	18/11/2019	4	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 3	Determinar que tecnología se adapte a las necesidades del proyecto.	18/11/2019	21/11/2019	3	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
<b>Entregable # 2</b>	<b>Identificación de las tecnologías para una alerta oportuna.</b>	<b>22/11/2019</b>	<b>6/12/2019</b>	<b>14</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 0</b>
Actividad 4	Indagar en un sistema optimo para alertar de forma oportuna a personas.	22/11/2019	29/11/2019	7	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 5	Seleccionar los actuadores que se adapten a las necesidades del proyecto	29/11/2019	6/12/2019	7	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -

Tabla 13. Cronograma objetivo específico 2.

<b>OBJETIVO 2</b>	<b>Implementar un sistema de alerta eficiente y discreto para dar aviso al usuario de los obstáculos cercanos.</b>	<b>10/12/2019</b>	<b>25/12/2019</b>	<b>99</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 596.000</b>
<b>Entregable # 3</b>	<b>Selección de tecnología a usar.</b>	<b>10/12/2019</b>	<b>25/01/2020</b>	<b>52</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 121.000</b>
Actividad 6	Comprar los sensores seleccionados.	10/12/2019	11/12/2019	1	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ 56.000
Actividad 7	Compra de tarjetas embebidas y adaptadores	12/12/2019	13/12/2019	1	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ 65.000
Actividad 8	Parametrizar los sensores.	14/12/2019	20/12/2019	6	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 9	Ejecutar pruebas para detectar posibles fallos	20/12/2019	25/12/2019	5	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 10	Realizar la programación para los sensores.	17/12/2019	31/12/2019	14	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 11	Validar el correcto funcionamiento de la programación.	31/12/2019	12/01/2020	12	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 12	Ejecutar pruebas para detectar posibles fallos en la programación.	12/01/2020	25/01/2020	13	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
<b>Entregable # 4</b>	<b>Elección de micromotor vibrador y demas componentes</b>	<b>25/01/2020</b>	<b>18/02/2020</b>	<b>47</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 475.000</b>
Actividad 13	Comprar los micromotores	25/01/2020	28/01/2020	3	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ 25.000
Actividad 14	Caracterizar el micromotor vibrador	28/01/2020	5/02/2020	8	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 15	Calibrar el micromotor según necesidad	12/01/2020	17/01/2020	5	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 16	Compra de más componentes	18/01/2020	20/01/2020	2	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ 200.000
Actividad 17	Compra de insumos y herramientas	20/01/2020	30/01/2020	10	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ 150.000
Actividad 18	Impresión de piezas en 3D	30/01/2020	9/02/2020	10	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ 100.000
Actividad 19	Determinar los rangos adecuados para la vibración.	9/02/2020	12/02/2020	3	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 20	Validar el correcto funcionamiento.	12/02/2020	18/02/2020	6	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -

Tabla 14. Cronograma objetivo específico 3.

<b>OBJETIVO 3</b>	<b>Evaluar el funcionamiento del dispositivo desarrollado para detectar posibles fallos mediante pruebas con usuarios.</b>	<b>18/02/2020</b>	<b>30/03/2020</b>	<b>47</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 0</b>
<b>Entregable # 5</b>	<b>Prueba y testeo</b>	<b>18/02/2020</b>	<b>1/03/2020</b>	<b>25</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 0</b>
Actividad 21	Verificar la programación	18/02/2020	28/02/2020	10	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 22	Verificar el correcto funcionamiento de los sensores y actuadores	28/02/2020	4/03/2020	5	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 23	Probar por separado cada componente.	4/03/2020	6/03/2020	2	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 24	Efectuar la correcta caracterización de cada componente	6/03/2020	8/03/2020	2	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 25	Ratificar mediante pruebas con personas el correcto funcionamiento.	8/03/2020	14/03/2020	6	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
<b>Entregable # 6</b>	<b>Correcta sincronización.</b>	<b>15/03/2020</b>	<b>30/03/2020</b>	<b>22</b>	<b>Jeanseth Perez y Sebastian Uribe</b>	<b>\$ 0</b>
Actividad 26	Verificar el rango de trabajo del Bluetooth	15/03/2020	16/03/2020	2	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 27	Caracterizar el modulo Bluetooth	16/03/2020	17/03/2020	5	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 28	dar la correcta sincronización entre el Bluetooth y demás componer	17/03/2020	20/03/2020	5	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
Actividad 29	Finalización del diseño	20/03/2020	30/03/2020	10	Jeanseth Perez y Sebastian Uribe	\$ -
<b>Actividades Especiales</b>	<b>Actualización de la Líneas Base del Proyecto</b>					
	Admon y Gerencia del Proyecto					
	Procesos de selección objetiva					
	Estudio de Resultados del proyecto					
<b>TOTAL</b>				<b>173</b>		<b>\$ 596.000</b>

## 5. PRESUPUESTO

En el siguiente capítulo se presentará los presupuestos

### 5.1. PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 15. Presupuesto general.

	<b>FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS</b>				GI-02-PR-03- F02
					Versión 1
					12/06/2019
<b>PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO</b>					
	<b>Fuentes de Financiamiento</b>				
RUBROS	Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Otras fuentes Externas	Contrapartida UAC	Total
1. Personal Científico	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 12.742.560	\$ 12.742.560
2. Personal de Apoyo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 3.440.000	\$ 3.440.000
3. Consultaría especializada y Servicios Técnicos externos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 596.000	\$ 0,00	\$ 596.000
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 5.270.000	\$ 5.270.000
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
8. Material de difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
<b>TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 596.000	\$ 21.452.560	<b>\$22.048.560</b>

## 5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO

Tabla 16. Costo personal científico

1. PERSONAL CIENTIFICO										
Nombres y Apellidos	Función dentro del Proyecto	Tipo de Contrato	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. ING SAÚL PÉREZ PÉREZ	Invest. Principal	Asociado	\$ 41.935	5	32				\$ 6.709.600	\$ 6.709.600
2. ING RONALD ARIZA HURTADO	Co-Investigador	Asistente	\$ 37.706	5	32				\$ 6.032.960	\$ 6.032.960
3.			FALSO						\$ 0	\$ 0
4.			FALSO						\$ 0	\$ 0
<b>SUB-TOTAL</b>						<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 12.742.560</b>	<b>\$ 12.742.560</b>

Tabla 17. Costo personal de apoyo.

2. PERSONAL DE APOYO									
Nombres y Apellidos	Tipo de Vinculación	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento			
						Vicerrectoría de Investigación y transferencia	INVESTIGADORES	SUB-TOTAL	
1. Jeanseth Elliot Pérez Bula	Practicante	Auxiliar de Investigación	\$ 10.000	4	43		\$ 1.720.000	\$ 1.720.000	
2. Sebastián Uribe Pulgarín	Practicante	Auxiliar de Investigación	\$ 10.000	4	43		\$ 1.720.000	\$ 1.720.000	
3.	N/A								
4.	N/A								
<b>SUB-TOTAL</b>							<b>\$ 3.440.000</b>	<b>\$ 3.440.000</b>	

### 5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA

Tabla 18. Costo consultoría especializada.

3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA Y SERVICIOS TECNICOS EXTERNOS				
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento		
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	SUB-TOTAL
1. Nombre				\$ 0
2.				\$ 0
3.				\$ 0
SUB-TOTAL		\$ 0	\$ 0	\$ 0

### 5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

El presupuesto dedicado a esta sección incluye los costos de los materiales, insumos y quipos que se utilizaron para la fabricación del dispositivo.

Tabla 19. Costo materiales e insumos.

4. MATERIALES E INSUMOS					
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento			
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Sensores y tarjetas embebidas	Necesarios para la detección de obstáculos y emitir alerta				\$ 121.000
2. Actuadores y componentes de comunicación	tarjeta embebida, bluetooth, batería				\$ 250.000
3. Carcasa o chasis del dispositivo					\$ 100.000
4. Otros insumos	Cautín, Estaño, Termo contraíbles, Silicon.				\$ 150.000
SUB-TOTAL					\$ 596.000

Tabla 20. Costo trabajo de campo.

5. TRABAJO DE CAMPO									
Descripción	Justificación	No. De días	No. De personas	Costo/día de estadía por persona	Transporte por persona (ida/vuelta)	Fuentes de Financiamiento			
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1.		21	2			\$ 0			0
							\$ 0		\$ 0
								\$ 0	\$ 0
SUB-TOTAL						\$ 0	\$	\$ 0	\$

Tabla 21. Costo equipos usados

6. EQUIPOS						
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento			
			Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Computador	Diseño y programación	2			\$4.670.000	\$4.670.000
2. Equipos para fabricar circuitos electrónicos	Estación de soldadura, motor to1ol, extractor, entre otros	1			\$500.000	\$500.000
4. Herramientas	corta frío, pelacables, pinzas, entre otros	1			\$ 100.000	\$ 100.000
4.						\$ 0
5.						\$ 0
SUB-TOTAL			\$ 0	\$ 0	\$ 5.270.000	\$ 5.270.000

## 6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO

A continuación, se presentará el diseño de los dos dispositivos.

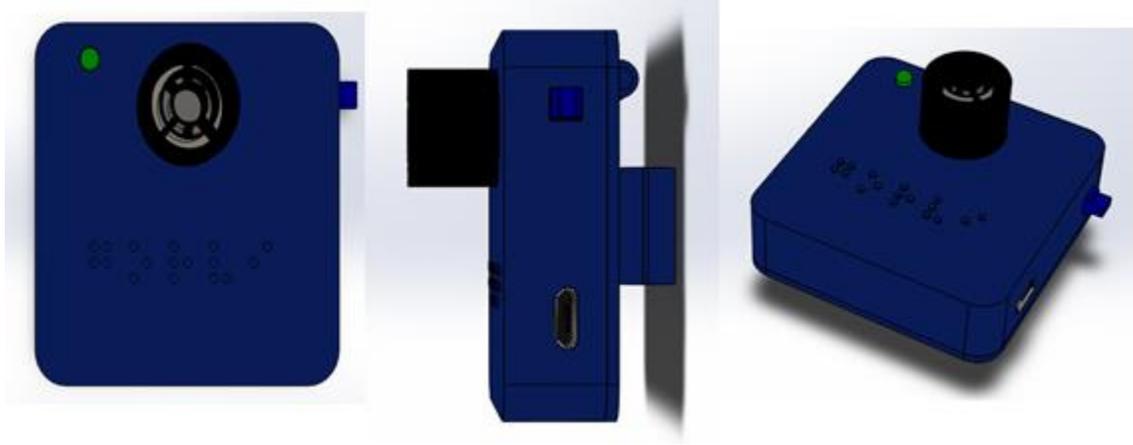


Figura 20. Diseño dispositivo de detección, vista frontal, lateral e isométrica (Propia autoría).

En la anterior figura se puede observar el dispositivo de detención diseñado con la ayuda del software de diseño CAD SolidWorks. El sensor ultrasónico ubicado en la parte superior de la cara frontal y a un lado el led de encendido color verde. En la vista lateral se puede observar el pin de carga micro USB y el interruptor de encendido ubicados a un costado del dispositivo.

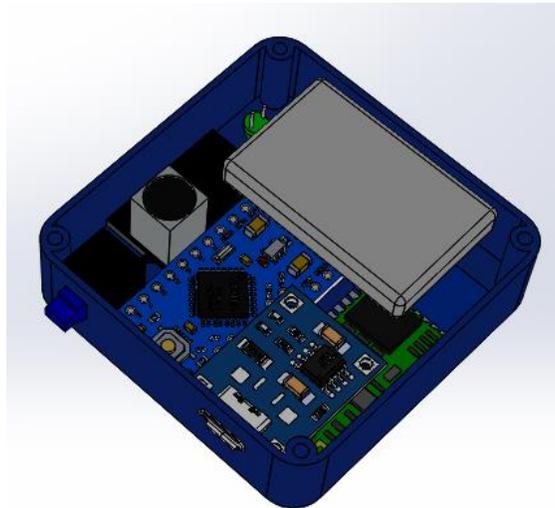


Figura 21. Diseño dispositivo de detección, vista componentes (Propia autoría).

Este dispositivo de forma cuadrada comprende todo el sistema de detección de obstáculos, como se puede apreciar en la figura anterior, los componentes se encuentran distribuidos de manera óptima para aprovechar cada espacio.

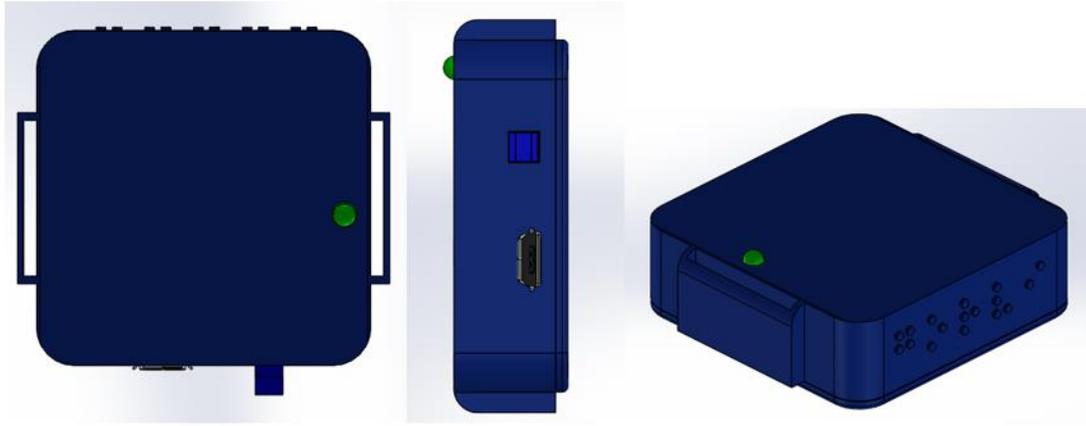


Figura 22. Dispositivo de alerta, vista Frontal e isométrica (Propia autoría).

El dispositivo de alerta igualmente de forma cuadrada, un poco menor en tamaño que el dispositivo de detección, cuenta con un led de encendido en la parte lateral de la cara frontal, a los lados se encuentran las asas por donde pasa la manilla de velcro que asegura el dispositivo a la muñeca del usuario. En una de las caras laterales se observa el pin del módulo de carga y el interruptor de encendido y apagado.

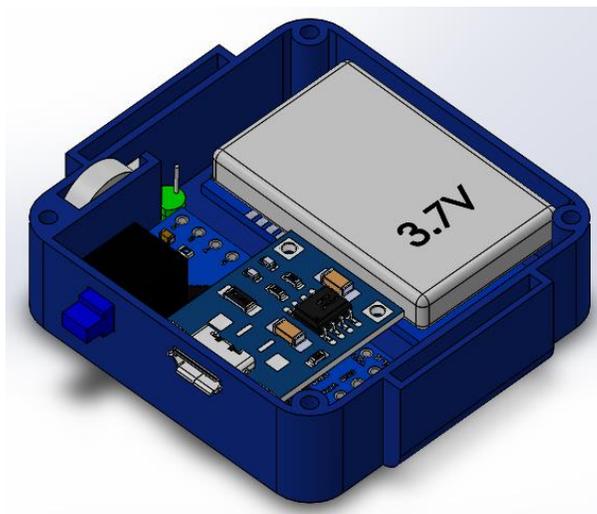


Figura 23. Diseño dispositivo de alerta, vista de componentes (Propia autoría)

Igual que en el de detección, se procuró distribuir los componentes de manera que el peso fuera uniforme en todo el dispositivo.

## 6.2. DISEÑO DISPOSITIVO FINAL

Para el diseño de los dos dispositivos se buscó que este fuera ergonómico, con medidas reducidas, y un peso bajo, esto con el fin de buscar la comodidad del usuario.

A continuación, se presentará el diseño final.



Figura 24. Dispositivo de detección, vista frontal, trasera y lateral (Propia autoría)



Figura 25. Dispositivo de alerta, vista frontal y trasera (Propia autoría).

Se logró la creación física del diseño realizado con la ayuda de la tecnología de impresión 3D, el dispositivo encargado fue una impresora de la marca CreateBot modelo Mini, la cual cuenta con su software de impresión con el mismo nombre de la marca. El material utilizado fue PLA de color azul como se puede observar en la figura anterior.

Los dispositivos finales cuentan con un bajo peso los cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 22. *Peso de los dispositivos.*

<b>PESO DE LOS DISPOSITIVOS</b>	
<b>Dispositivo de detección de obstáculos</b>	<b>Dispositivo de alerta</b>
35 gr	30 gr

### **6.3. MATERIALES**

En esta sección se define la función que cumple cada uno de los componentes en el dispositivo. Los cuales fueron seleccionados en secciones anteriores.

#### **Arduino pro mini**

Este componente se encarga del procesamiento de datos. Recibe la información ya sea del sensor ultrasónico o de la otra placa de Arduino pro mini mediante comunicación I2c y bluetooth respectivamente. Procesa esta información y gracias a la programación cargada en este, abordada en secciones anteriores y en los anexos; genera ordenes ya sea para accionar el motor vibrador o enviar datos de un dispositivo a otro.

#### **Modulo Bluetooth Hc-05**

Este módulo se ocupa de establecer un enlace de datos robusto, confiable y seguro, permitiendo la conexión punto a punto para la transmisión de datos entre los microcontroladores con una potencia de hasta +4 dBm RF.

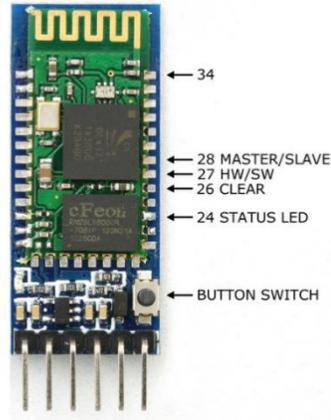


Figura 26. Modulo Bluetooth HC-05. Tomado de [www.vistronica.com](http://www.vistronica.com)

### Sensor ultrasónico GY-US42

Su función principal es captar la existencia y distancia de obstáculos frente al usuario entre 20 y 160cm y enviar este dato a la tarjeta Arduino mediante los pines analógicos 4 y 5 que funcionan como SDA y SCL respectivamente. El sensor mediante su sonda emite ondas ultrasónicas y al ser irradiadas con el objeto medido, la sonda recibe y devuelve la onda acústica para así utilizar esa diferencia de tiempo y calcular la distancia real.



Figura 27. Sensor Ultrasónico GY-US42 (Propia autoría).

### Módulo de carga TP4056

Se encarga de proteger y cargar la batería del dispositivo, mediante un conector micro USB le brinda una corriente de carga de 1A que será interrumpida al completar

la carga. Incluso este módulo impide que la batería trabaje con una tensión demasiado baja (2,75V) para proteger la vida útil de esta.



Figura 28. Módulo de carga TP4056. (Propia autoría).

### **Micromotor vibrador 1027**

Este componente funciona a una velocidad giratoria excéntrica de 4000 RPM y es el encargado de generar una vibración en el brazalete que alerta a la persona con discapacidad visual. La vibración generada es intermitente y su frecuencia dependerá de la distancia del objeto.



Figura 29. Micromotor vibrador 1027 (Propia autoría).

### **Batería de lipo 300mAh**

Encargada de suministrar la energía a los dispositivos con una tensión de 3.7V y una carga máxima de 300mAh. Ideal para alimentar los componentes gracias a su gran capacidad de almacenar carga y su tasa de descarga alta.



Figura 30. Batería lipo 300mAh (Propia autoría).

### **Pulsador Interruptor DPDT 8MM**

Excelente para el dispositivo debido a su pequeño tamaño y fácil accionamiento, es propicio procurar encender ambos dispositivos con poco tiempo de diferencia para garantizar una conexión rápida entre estos.



Figura 31. Pulsador Interruptor DPDT 8MM (Propia autoría).

### **Leds**

Este LED de bajo consumo se utiliza como indicador de encendido.



Figura 32. LED amarillo 3MM. Tomado de Vistrónica SAS (Propia autoría).

## Carcasa

Diseñada mediante el software Solid Works y fabricada con la ayuda de la impresión 3D en material PLA (ácido polilático), el cual es biodegradable y hecho a base de recursos renovables. Se procuró diseñarla con las menores medidas para la comodidad del usuario, pero con el suficiente espacio para contener todos los componentes. A continuación, se ilustran las dimensiones del dispositivo del collar:

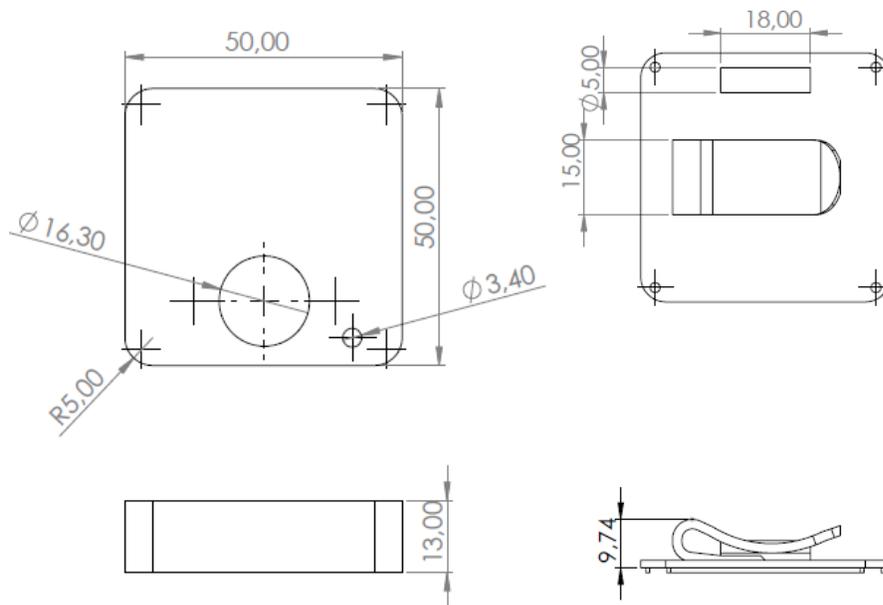


Figura 33. Planos collar (Propia autoría).

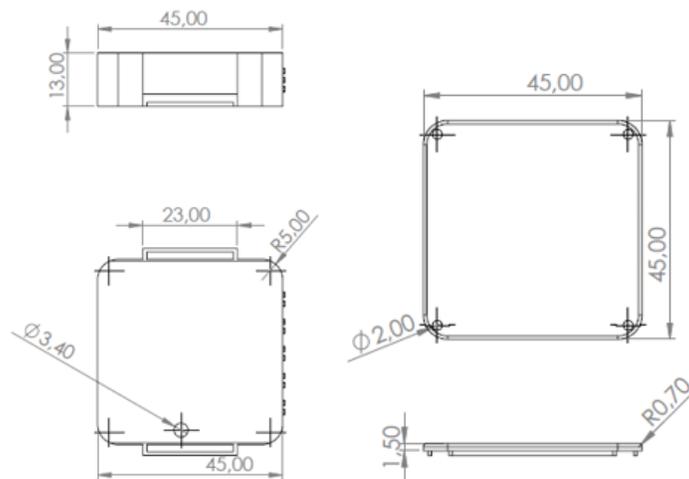


Figura 34. Planos brazaletes (Propia autoría).

Para solucionar el problema planteado en este proyecto, el equipo de trabajo, opto por dividir el dispositivo en dos, esto gracias a la experiencia y retroalimentación de un dispositivo realizado anteriormente en conjunto con la Escuela Naval de Suboficiales ARC Barranquilla (ver Figura 35), Este prototipo inicial presentaba un gran problema para el usuario, la vibración que es el medio por el cual el dispositivo alerta al usuario de un obstáculo iba directamente a la cabeza del usuario, Lo que lo calificó como un prototipo invasivo. Por lo cual se procedió a dividir el dispositivo de la siguiente manera:

El primero es un dispositivo que va a la altura del tórax su función principal será detectar los obstáculos cercanos a la persona y el segundo dispositivo va en la muñeca, la función principal de este será el de alertar al usuario.



Figura 35. Dispositivo realizado con la ENSB A.R.C Barranquilla (Propia autoría).

## 6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos fue necesario realizar pruebas de campo las cuales serán descritas y analizadas para comprender mejor el fin del proyecto.

### 6.4.1. MUESTRA POBLACIONAL

Debido a la emergencia sanitaria presentada a nivel mundial se procedió con la simulación de la muestra pidiendo a sujetos conocidos simular la discapacidad en cuestión. Obstruyendo la visión de estas personas mediante gafas cubiertas con cinta aislante negra como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 36. Gafas Cubiertas (Propia fuente).

## 6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El dispositivo fue capaz de detectar obstáculos frente al usuario y alertar a este de manera oportuna evitando el tropiezo con estos. La persona se adaptó rápidamente al dispositivo luego de pocas pruebas, cabe mencionar que los sujetos que usaron el dispositivo en los experimentos no presentan discapacidad visual y no están acostumbrados a prescindir del sentido de la visión por lo cual se puede considerar una mayor adaptación en personas invidentes, quienes pueden encontrar en este dispositivo una herramienta de ayuda en su cotidianidad.

### 6.5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO

Las pruebas del prototipo se realizaron con 4 voluntarios, para ellas se buscó que fueran de diferente género y rango de edad, esto para comprobar el correcto funcionamiento y la adaptabilidad por parte de voluntarios.

Tabla 23. Datos voluntarios.

PRUEBAS DISPOSITIVOS		
VOLUNTARIOS	GENERO	EDAD
Voluntario 1	Masculino	24
Voluntario 2	Femenino	20
Voluntario 3	Masculino	17
Voluntario 4	Femenino	11

#### Primera prueba prototipo

Las primeras pruebas fueron realizadas con ayuda de los dos primeros voluntarios, estas consistieron en caminar en línea recta y detenerse al recibir alerta de obstáculo, el cual era simulado mediante una pieza cuadrada de madera colocada por uno de los estudiantes, cada voluntario realizó un recorrido aproximado de 15 metros, esta prueba se realizó entre 4 y 5 veces. El usuario podía continuar su trayectoria hacia al frente cuando la alerta cesaba. En ocasiones los usuarios no se detenían aun con el obstáculo en frente y manifestaron no recibir la alerta vibratoria.



Figura 37. Voluntario 1 y 2 (Propia autoría).

Se detectaron fallas menores en cuanto a la programación ya que en ocasiones el dispositivo de la muñeca recibía datos erróneos y perdía la conexión con el maestro. Se tomaron las acciones correctivas pertinentes para solucionar este problema y alcanzar las metas del proyecto.

Los datos obtenidos de la primera prueba fueron las siguientes:

Tabla 24. Datos primera prueba

PRUEBAS PROTOTIPO				
VOLUNTARIOS	DISTANCIA DEL RECORRIDO	CANTIDAD DE OBSTACULOS	OBSTACULOS DETECTADOS	OBSTACULOS NO DETECTADOS
VOLUNTARIO 1	15 M	8	6	2
VOLUNTARIO 2	15 M	8	7	1

### Segunda prueba prototipo.

Una vez se hicieron las correcciones pertinentes se lograron corregir los fallos de la programación y posteriormente hacer nuevas pruebas, pero con mayor grado de dificultad. Para la realización de estas se procedió a pedir la ayuda de los voluntarios 3 y 4 (tabla 23).

Para esta prueba se les pide a los voluntarios que una vez el dispositivo detectara y notificara la presencia de algún obstáculo estos se detuvieran y cambiaran su

dirección, los sujetos podían realizar giros de 90 grados al recibir la alerta de obstáculo, obteniendo una trayectoria con giros hacia derecha e izquierda, además se simuló lo que es llamado “bolsillo “o callejón sin salida obligando al usuario devolverse para encontrar otra salida. Se pudo visualizar una mejora del dispositivo, cumpliendo con los objetivos planteados al inicio del proyecto. El usuario fue capaz de recibir la alerta de manera oportuna para detenerse o cambiar el curso de su trayectoria y así evitar tropiezos con obstáculos en el camino a la altura del pecho.



Figura 38. Pruebas voluntario 3 (Propia autoría).



Figura 39. Pruebas voluntario 4 (Propia autoría).

## 6.5.2. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL

En la sección 4.1.3. se menciona que el dispositivo de alerta cuenta con un sistema de aviso de tipo vibratorio, Esta vibración fue programada con un intervalo de tiempo el cual dependerá de la distancia en que se encuentre el obstáculo. Esos intervalos de tiempo se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 25. Intervalos de tiempo vibración.

Distancia de obstáculo	Intervalo de tiempo
<= 20 cm	Siempre activo
> 20 cm y <= 40 cm	0.2 s
> 40 cm y <= 60 cm	0.35 s
> 60 cm y <= 80 cm	0.5 s
> 80 cm y <= 100 cm	0.62 s
> 100 cm y <= 120 cm	0.75 s
> 120 cm y <= 140 cm	0,88 s
> 140 cm y <= 160 cm	1 s

Los voluntarios después de varias pruebas fueron capaces de percibir el cambio de frecuencia una vez se alejaban o acercaban al obstáculo. Para las pruebas finales se les pidió a los 4 voluntarios hacer 3 pruebas diferentes las cuales fueron las siguientes:

### Primera Prueba final.

En esta prueba se les pidió a los voluntarios detenerse una vez el dispositivo detectara la presencia de algún obstáculo, el paso siguiente fue medir con ayuda de un flexómetro la distancia entre el obstáculo y los voluntarios con el fin de corroborar el funcionamiento. Teóricamente dicha distancia tendría que estar en un rango de 140 a 160 cm, los resultados obtenidos se pueden ver en la tabla 26.

Tabla 26. Prueba final 1 resultados.

PRUEBA DISPOSITIVO FINAL				
OBSTACULO DE 140 A 160 CM DE DISTANCIA				
Pruebas	Voluntario 1 Medidas (cm)	Voluntario 2 Medidas (cm)	Voluntario 3 Medidas (cm)	Voluntario 4 Medidas (cm)
Prueba 1	150	142	157	154
Prueba 2	155	149	148	149
Prueba 3	148	157	151	155
Prueba 4	158	158	147	152

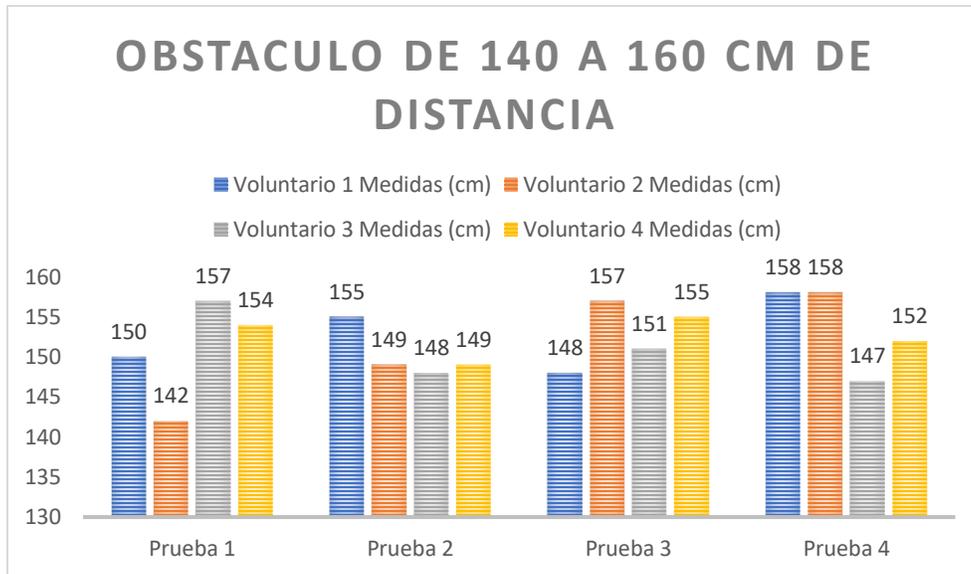


Figura 40. Grafica prueba final 1 (Propia autoría).

Observando la tabla, figura anterior y basándose en la programación, es preciso decir que los datos obtenidos en las pruebas corresponden al funcionamiento esperado. Se obtienen variaciones las cuales están asociadas a factores como la velocidad y anchura del paso de la marcha de cada usuario.

### Segunda prueba final.

Para la segunda prueba se les pidió a los voluntarios que se detuvieran al momento de sentir tres o cuatro cambios en la frecuencia de la vibración y estos fueron los resultados.

Tabla 27. Prueba final dos resultados.

PRUEBA DISPOSITIVO FINAL				
OBSTACULO DE 60 A 100 CM DE DISTANCIA				
Pruebas	Voluntario 1 Medidas (cm)	Voluntario 2 Medidas (cm)	Voluntario 3 Medidas (cm)	Voluntario 4 Medidas (cm)
Prueba 1	80	91	82	87
Prueba 2	89	86	76	69
Prueba 3	92	79	91	78
Prueba 4	96	88	75	86

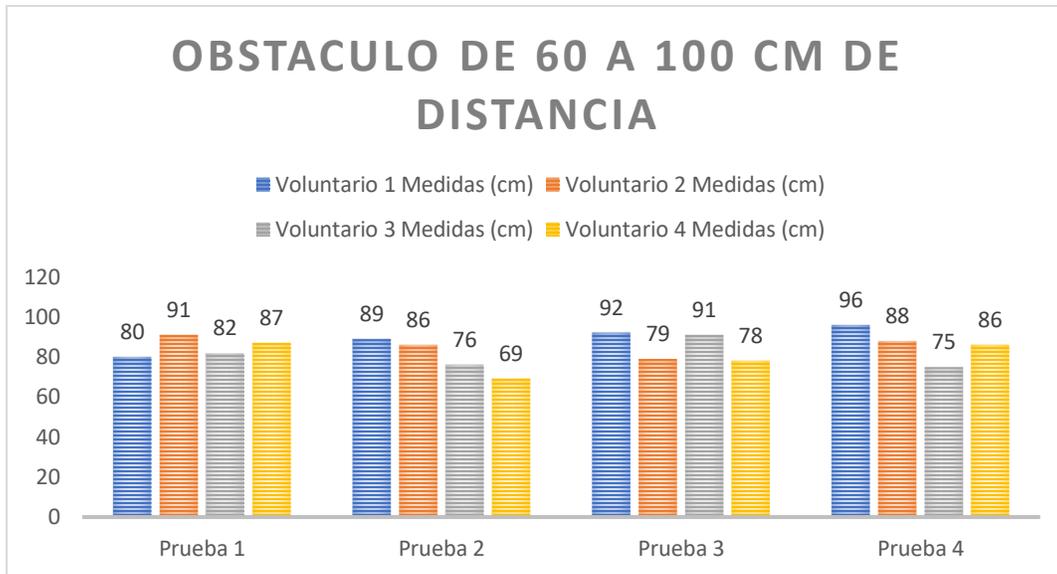


Figura 41. Grafica prueba final 2 (Propia autoría).

Gracias a los datos anteriores, se puede comprobar una vez más el funcionamiento correcto del dispositivo y la respuesta del usuario se encuentra dentro del intervalo esperado, debido a que un cambio de frecuencia se da cada 20cm (tabla 25), 3 cambios de frecuencia ubican al usuario entre los 60 y 100cm de distancia con el obstáculo.

### Tercera prueba final

Para la última prueba final se les pidió a los voluntarios que se detuvieran en el quinto o sexto cambio de frecuencia, estos fueron los resultados.

Tabla 28. Prueba final 3 resultados.

PRUEBA DISPOSITIVO FINAL				
OBSTACULO DE 20 A 50 CM DE DISTANCIA				
Pruebas	Voluntario 1 Medidas (cm)	Voluntario 2 Medidas (cm)	Voluntario 3 Medidas (cm)	Voluntario 4 Medidas (cm)
Prueba 1	41	42	21	44
Prueba 2	27	28	34	43
Prueba 3	43	34	47	39
Prueba 4	37	34	49	30

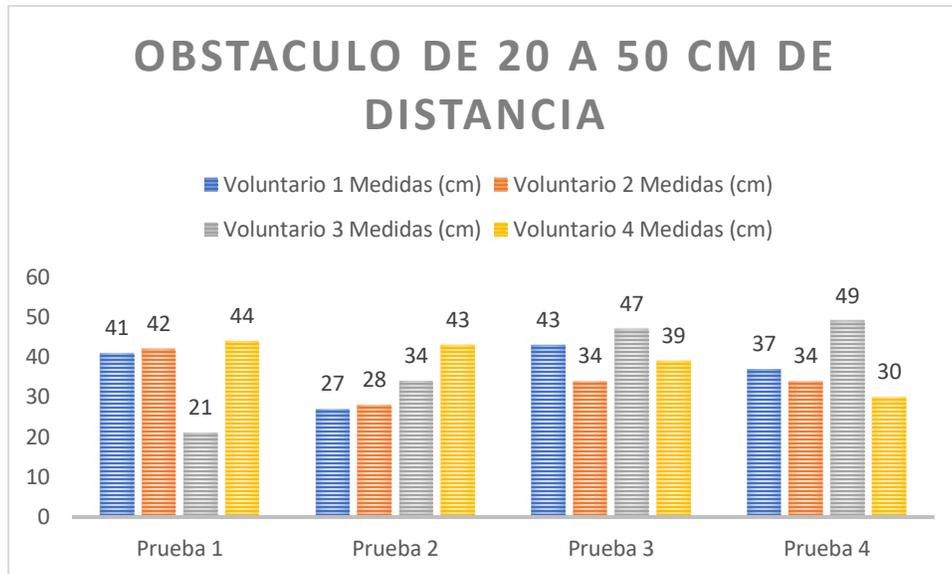


Figura 42. Grafica prueba final 3 (Propia autoría).

Gracias a los datos obtenidos en esta última prueba, se puede afirmar que el usuario puede adquirir la destreza de interactuar con estos cambios de frecuencia para cumplir con un fin específico que puede ser detenerse a la mayor distancia posible del obstáculo, o acercarse lo suficiente ya sea para ejercer una acción sobre este como puede ser el caso de una puerta, entre otros.

El objetivo de las 3 pruebas finales fue comprobar que los usuarios eran capaces no solo de percibir la presencia de un obstáculo, sino también los cambios en la frecuencia de la vibración y gracias a estos últimos, hacerse una idea de la distancia a la que este se encuentra y si se está acercando o alejando.

## CONCLUSIONES

Al tratarse de un dispositivo que tendrá contacto directo con el usuario, fue necesario evitar un efecto invasivo en este. Para lograr esto, se optó por dividir el dispositivo en dos subsistemas, uno de detección ubicado en la zona del pecho y otro de alerta alojado en la muñeca. Gracias a la investigación y la experiencia de proyectos realizados anteriormente, un mecanismo en forma de collar y otro en forma de brazalete se adaptaron a las necesidades y objetivos del proyecto. Se cuestionó a los usuarios sobre la comodidad y ubicación del dispositivo, obteniendo una respuesta positiva por parte de estos, cumpliendo así con el objetivo de desarrollar un dispositivo discreto y poco invasivo.

Se observó que el método de comunicación más adecuado fue mediante Bluetooth debido a su facilidad de acceso y rápida transferencia de datos, el cual gracias a las pruebas realizadas mostró respuesta y comportamiento óptimo en la conexión de los dispositivos y envío de información.

Para aportar a la discreción del dispositivo, una señal de alerta conveniente fue la de vibración, ya que no es audible y solo es percibida por el usuario. En cuanto al sistema de detección, se pudo comprobar que por su alcance y eficiencia la tecnología de ultrasonido satisface las expectativas designadas.

Los dispositivos electrónicos seguirán convirtiéndose en una gran herramienta de ayuda cuando se habla de personas con algún tipo de discapacidad, este proyecto es una prueba de esto.

En virtud de las pruebas realizadas al funcionamiento del dispositivo se puede concluir que toda persona con discapacidad visual que haga uso de este instrumento encontrará una gran ayuda para mejorar su movilidad e incluso calidad de vida.

Gracias a la retroalimentación obtenida, se considerarán futuras mejoras para aumentar el confort, calidad y confianza en el dispositivo. Como el fácil reemplazo de componentes consumibles como la batería y motor. El diseño de un sistema embebido que incluya todos o la mayoría de los componentes en una sola tarjeta para cada subsistema, logrando así un mejor tamaño, peso, estética y comodidad.

Otra mejora para tener en cuenta sería la implementación de inteligencia artificial y GPS, para identificar y clasificar objetos y obstáculos como desniveles, final de aceras, escalones, cruce de calles, entre otros. Además, una personalización para cada usuario, recordando caminos frecuentes y lugares asociados a este como hogar y trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Hernandez, «areatecnologia,» 2 8 2018. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/historia-evolucion-tecnologia.htm>. [Último acceso: 26 3 2020].
- [2] MinSalud, «Ministerio de salud,» 02 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/sala-situacional-discapacidad-junio-2018.pdf>. [Último acceso: 26 03 2020].
- [3] E. patiño, «El Heraldo,» 22 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.elheraldo.co/barranquilla/en-barranquilla-14-mil-personas-en-condicion-de-discapacidad-han-sido-registradas>. [Último acceso: 26 03 2020].
- [4] Zamora, «El norte de castilla,» 05 12 2009. [En línea]. Available: <https://www.elnortedecastilla.es/20091205/zamora/persona-ciega-dificil-desesperante-20091205.html>. [Último acceso: 26 03 2020].
- [5] L. A. V. G. R. J. M. Natalia Zuluaga, «El Espectador,» 29 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/las-dificultades-para-las-personas-con-discapacidad-visual-en-las-escuelas-publicas/>. [Último acceso: 28 03 2020].
- [6] MinSalud, «Ministerio de salud,» 04 08 2016. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/asis-salud-visual-colombia-2016.pdf>. [Último acceso: 30 03 2020].
- [7] IAPB, «La Agencia Internacional para la Prevención de la Ceguera,» 28 07 2017. [En línea]. Available: <https://www.iapb.org/learn/knowledge-hub/attachment/doc-library-2/>. [Último acceso: 02 04 2020].
- [8] P. A. Lozada, «Instituto nacional para ciegos,» 17 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.inci.gov.co/blog/orientacion-y-movilidad-de-personas-con-discapacidad-visual>. [Último acceso: 03 04 2020].
- [9] N. A.-T. Luz Myrian Rojas-Rojas, «Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,» 02 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ree/v22n1/1409-4258-ree-22-01-97.pdf>. [Último acceso: 05 04 2020].

- [10] J. A. Ferreyra, «<http://repositoriocdpd.net/>,» 20 08 2014. [En línea]. Available: <http://repositoriocdpd.net:8080/handle/123456789/351>. [Último acceso: 05 04 2020].
- [11] K. E. Wafa Mohamed Elmannai, «researchgate,» 03 2017. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/314652221\\_Sensor-Based\\_Assistive\\_Devices\\_for\\_Visually-Impaired\\_People\\_Current\\_Status\\_Challenges\\_and\\_Future\\_Directions](https://www.researchgate.net/publication/314652221_Sensor-Based_Assistive_Devices_for_Visually-Impaired_People_Current_Status_Challenges_and_Future_Directions). [Último acceso: 04 2020].
- [12] A. A. P. Z. M. M. R. M. K. y. B. W. Wachaja, Agosto 2016. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/306071753\\_Navigating\\_blind\\_people\\_with\\_walking\\_impairments\\_using\\_a\\_smart\\_walker](https://www.researchgate.net/publication/306071753_Navigating_blind_people_with_walking_impairments_using_a_smart_walker). [Último acceso: 10 04 2020].
- [13] K.-H. Y. Gu-Young Jeong, «ncbi.nlm.nih,» 12 07 2016. [En línea]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4970117/>. [Último acceso: 12 04 2020].
- [14] I. L. F. B. S. G. P. F. Larisa Dunai, «Redalyc,» 12 12 2015. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33943081007>. [Último acceso: 10 04 2020].
- [15] A. Hurtado Fierro, «repository.unad,» 15 07 2017. [En línea]. Available: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13407>. [Último acceso: 10 04 2020].
- [16] D. Roel, 01 08 2018. [En línea]. Available: <https://www.unotv.com/noticias/portal/investigaciones-especiales/detalle/conoce-dispositivo-para-ciegos-detecta-obstaculos-726170/>. [Último acceso: 04 2020].
- [17] S. D. F. Barati, «researchgate,» 12 2015. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/287358452\\_DESIGN\\_AND\\_DEVELOPMENT\\_OF\\_A\\_MOBILE\\_SENSOR\\_BASED\\_THE\\_BLIND\\_ASSISTANCE\\_WAYFINDING\\_SYSTEM](https://www.researchgate.net/publication/287358452_DESIGN_AND_DEVELOPMENT_OF_A_MOBILE_SENSOR_BASED_THE_BLIND_ASSISTANCE_WAYFINDING_SYSTEM). [Último acceso: 04 2020].
- [18] Y. L. Jinhyeok Jang, «researchgate,» 2013. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/325882613\\_Design\\_and\\_implementation\\_of\\_huvigation\\_for\\_the\\_visually\\_impaired](https://www.researchgate.net/publication/325882613_Design_and_implementation_of_huvigation_for_the_visually_impaired). [Último acceso: 04 2020].

- [19] mecatronicalatam, «mecatronica latam,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.mecatronicalatam.com/tutorial/es/sensores/sensor-de-movimiento>. [Último acceso: 05 2020].
- [20] Vistronica, «vistronicacom,» 08 2018. [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/aerodelismo/sensor-de-ultrasonido-gy-us42-para-controlador-apm--detail.html>. [Último acceso: 04 2020].
- [21] Sharp Corporation, «datasheet.octopart,» 2017. [En línea]. Available: <https://datasheet.octopart.com/GP2Y0A02YK0F-Sharp-Microelectronics-datasheet-636161.pdf>. [Último acceso: 04 2020].
- [22] «keyence,» 27 11 2019. [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/comparison/>. [Último acceso: 03 2020].
- [23] ccm, «es.ccm.net,» 08 2017. [En línea]. Available: <https://es.ccm.net/contents/69-como-funciona-el-bluetooth>. [Último acceso: 04 2020].
- [24] J Gonzales, «Naylamp mechatronics,» 05 2017. [En línea]. Available: [https://naylampmechatronics.com/blog/24\\_configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usa.html](https://naylampmechatronics.com/blog/24_configuracion-del-modulo-bluetooth-hc-05-usa.html). [Último acceso: 04 2020].
- [25] electronicoscaldas, «<http://www.electronicoscaldas.com/>,» 11 2014. [En línea]. Available: [www.electronicoscaldas.com/datasheet/HC-03-HC-05-AT-command-set.pdf](http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/HC-03-HC-05-AT-command-set.pdf). [Último acceso: 04 2020].
- [26] Arduino, «Store Arduino,» 29 09 2019. [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-pro-mini>. [Último acceso: 18 03 2020].
- [27] S. A. C. Giraldo, «Control, Automatico y Educacion,» 21 09 2019. [En línea]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/comunicacion-serial-con-arduino/>. [Último acceso: 21 03 2020].
- [28] E. J. Carletti, «Robots Argentina,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/ComunicacionBusI2C.pdf>. [Último acceso: 22 03 2020].

- [29] Vistronica, «[www.Vistronica.com](http://www.Vistronica.com),» 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/robotica/motores/micro-motor-vibrador-redondo-1027-detail.html>. [Último acceso: 03 2020].
- [30] L. C., «3dnatives,» 23 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-230720192/>. [Último acceso: 26 03 2020].
- [31] Vistronica, «[www.vistronica.com](http://www.vistronica.com),» 16 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/modulocargadordebateraslipomicrousb5v1atp4056-detail.html>. [Último acceso: 10 03 2020].
- [32] Vistronica.com., «[www.Vistronica.com](http://www.Vistronica.com),» 2020. [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/baterias/bateria-recargable-lipo-3-7v-300mah-detail.html>. [Último acceso: 22 03 2020].
- [33] alldatasheet, «[alldatasheet.com](http://alldatasheet.com),» 27 06 2016. [En línea]. Available: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132405/ASIC/TP4056.html>. [Último acceso: 18 03 2020].
- [34] techopedia, 08 2018. [En línea]. Available: <https://www.techopedia.com/definition/2185/device>. [Último acceso: 01 04 2020].
- [35] B electronics, «[brigade-electronics](http://brigade-electronics.com),» 2018. [En línea]. Available: <https://brigade-electronics.com/es/productos/deteccion-de-obstaculos-por-ultrasonido/>. [Último acceso: 26 03 2020].
- [36] Ministerio de Salud, «[MinSalud.com](http://MinSalud.com),» Discapacidad, 2020. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/promocion-social/Discapacidad/Paginas/discapacidad.aspx>. [Último acceso: 23 03 2020].
- [37] Ministerio de Educación, «Gobierno de Chile,» 2017. [En línea]. Available: <https://especial.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/31/2016/08/GuiaVisual.pdf>. [Último acceso: 27 03 2020].
- [38] Organizacion mundial de la salud, «WHO,» Ceguera y discapacidad visual, 11 10 2018. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. [Último acceso: 21 03 2020].

- [39] Mecatronica Latam, «Mecatronica,» Sensores, 2019. [En línea]. Available: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/>. [Último acceso: 03 04 2020].
- [40] T. informatica, «www.tecnologia-informatica.com,» Bluetooth, 07 02 2020. [En línea]. Available: <https://tecnologia-informatica.com/bluetooth/>. [Último acceso: 29 03 2020].
- [41] conceptodefinicion, «conceptodefinicion.de,» Programacion, 25 07 2019. [En línea]. Available: <https://conceptodefinicion.de/programacion-informatica/>. [Último acceso: 04 04 2020].
- [42] Nurys pache coleccion web, Movilidad, 2018. [En línea]. Available: <http://nuryspachecoleccionweb.weebly.com/importancia-de-la-movilidad-fiacutesica.html>. [Último acceso: 28 03 2020].
- [43] J Rendon, «Nurei nvestigacion,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.nureinvestigacion.es//OJS/index.php/nure/article/view/792>. [Último acceso: 30 03 2020].
- [44] Keyence, «keyence.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/index.jsp>. [Último acceso: 21 03 2020].
- [45] Protegiendo Personas, «ProtegiendoPersonas.com,» 10 07 2018. [En línea]. Available: <http://www.dudassecuritasdirect.es/alarmas/sensores-infrarrojos-que-son-y-para-que-se-utilizan/>. [Último acceso: 25 03 2020].
- [46] Aprendiendo Arduino, 12 03 2018. [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/que-es-arduino-2/>. [Último acceso: 01 04 2020].
- [47] insercad, «insercad.com,» SMD, 25 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.insercad.com/montajes-electronicos-smd/>. [Último acceso: 30 03 2020].
- [48] eis, 18 08 2017. [En línea]. Available: <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>. [Último acceso: 30 Marzo 2020].
- [49] M. I. H. RÍOS, «Discapacidad Colombia,» LEGISLACIÓN EN DISCAPACIDAD, 20 septiembre 2017. [En línea]. Available:

<https://discapacidadcolombia.com/index.php/legislacion>. [Último acceso: 31 marzo 2020].

[50] Discapacidad colombia, «Universidad de San Buena Ventura Medellín,» EL SND, 22 julio 2019. [En línea]. Available: <https://discapacidadcolombia.com/index.php/legislacion/178-el-snd>. [Último acceso: 31 Marzo 2020].

[51] Ministerio de Salud de Colombia, «MinSalud,» Decreto 1006 de 2004, 2016. [En línea]. Available: [https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-85392.html?\\_noredirect=1](https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-85392.html?_noredirect=1). [Último acceso: 31 Marzo 2020].

[52] Fundación Saldarriaga COCHA, «discapacidadcolombia.com,» LEY 1680 DE 2013, 20 Noviembre 2013. [En línea]. Available: [https://discapacidadcolombia.com/phocadownloadpap/LEGISLACION/LEY\\_1680\\_DE\\_2013.pdf](https://discapacidadcolombia.com/phocadownloadpap/LEGISLACION/LEY_1680_DE_2013.pdf). [Último acceso: 31 Marzo 2020].

[53] Fundación Karisma, «web.Karisma,» Ley de acceso a las TIC para las personas ciegas y con baja visión, 02 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://web.karisma.org.co/ley-de-acceso-a-las-tic-para-las-personas-ciegas-y-con-baja-vision-un-paso-adelante-para-garantizar-derechos-fundamentales/>. [Último acceso: 28 Marzo 2020].

[54] Congreso DE la Republica de Colombia, «secretariassenado,» LEY 1346 DE 2009, 31 Julio 2009 . [En línea]. Available: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1346\\_2009.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1346_2009.html). [Último acceso: 05 04 2020].

[55] Ministerio de Salud de Colombia, 9 noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/Discapacidad-CND.aspx>. [Último acceso: 29 03 2020].

[56] El Congreso de Colombia , «minsalud,» Ley 1439 de 2011, 19 Enero 2011. [En línea]. Available: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%201438%20DE%202011.pdf). [Último acceso: 31 Marzo 2020].

## ANEXOS

### CODIGO FUENTE SISTEMA DE ALERTA.

```
if (rango >0 && rango<=20){
digitalWrite(13,HIGH);
digitalWrite(Led,HIGH);  }
if (rango >20 && rango <=40){
if (millis()-tiempoInicio1>=delay1){
estadoled=!estadoled;
digitalWrite(13,estadoled);
digitalWrite(Led,estadoled);
tiempoInicio1=millis();}}
if (rango >40 && rango<=60){
if (millis()-tiempoInicio2>=delay2){
estadoled=!estadoled;
digitalWrite(13,estadoled);
digitalWrite(Led,estadoled);
tiempoInicio2=millis();}}
if (rango >60 && rango<=80){
if (millis()-tiempoInicio3>=delay3){
estadoled=!estadoled;
digitalWrite(13,estadoled);
digitalWrite(Led,estadoled);
tiempoInicio3=millis();}}
if (rango>80 && rango <=100){
if (millis()-tiempoInicio4>=delay4){
estadoled=!estadoled;
digitalWrite(13,estadoled);
digitalWrite(Led,estadoled);
tiempoInicio4=millis();}}
if (rango >100 && rango <=120){
if (millis()-tiempoInicio5>=delay5){
estadoled=!estadoled;
digitalWrite(13,estadoled);
digitalWrite(Led,estadoled);
tiempoInicio5=millis();} }
```

```

    if (rango >120 && rango <=140){
    if (millis()-tiempoInicio6>=delay6){
    estadoled=!estadoled;
    digitalWrite(13,estadoled);
    digitalWrite(Led,estadoled);
    tiempoInicio6=millis();} }
    if (rango >=140 && rango <=160){
    if (millis()-tiempoInicio7>=delay7){
    estadoled=!estadoled;
    digitalWrite(13,estadoled);
    digitalWrite(Led,estadoled);
    tiempoInicio7=millis();}
    }

```

Figura 43. Programación sistema de alerta (Propia autoría).

## CODIGO FUENTE MODULOS BLUETOOTH

```

#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial miBT(10, 11); // pin 10 como RX, pin 11 como TX

void setup() {
  Serial.begin(9600); // comunicacion de monitor serial a 9600 bps
  Serial.println("Listo"); // escribe Listo en el monitor
  miBT.begin(38400); // comunicacion serie entre Arduino y el modulo a 38400 bps
}

void loop(){
  if (miBT.available()) // si hay informacion disponible desde modulo
    Serial.write(miBT.read()); // lee Bluetooth y envia a monitor serial de Arduino

  if (Serial.available()) // si hay informacion disponible desde el monitor serial
    miBT.write(Serial.read()); // lee monitor serial y envia a Bluetooth
}

```

Figura 44. Programación de comunicación Arduino y HC-05 (Propia autoría).

## MATRIZ DE RIESGO

A continuación, se mostrará los posibles riesgos que pudieron afectar el desarrollo y construcción del dispositivo, así como sus posibles soluciones.

Tabla 29. Matriz de riesgo.

RIESGO		Probabilidad (Ocurrencia)	Gravedad (Impacto)	Valor del Riesgo	Nivel de Riesgo
R1	Dispositivo invasivo.	1	5	5	Apreciable
R2	Error en la programación.	2	5	10	Importante
R3	Componentes en mal estado.	2	5	10	Importante
R4	Demora en los tiempos de envío de los componentes.	3	5	15	Muy grave
R5	No contar con la documentación completa.	1	5	5	Apreciable
R6	Mal calculo de la eficiencia energética del dispositivo.	2	5	10	Importante
R7	No obtener las dimensiones deseadas del dispositivo.	4	1	4	Apreciable
R8	Error en la sincronización del dispositivo.	1	4	4	Apreciable
R9	No cumplir con las actividades y el cronograma.	2	5	10	Importante
R10	Pandemia mundial	5	5	25	Muy grave

(Propia fuente)

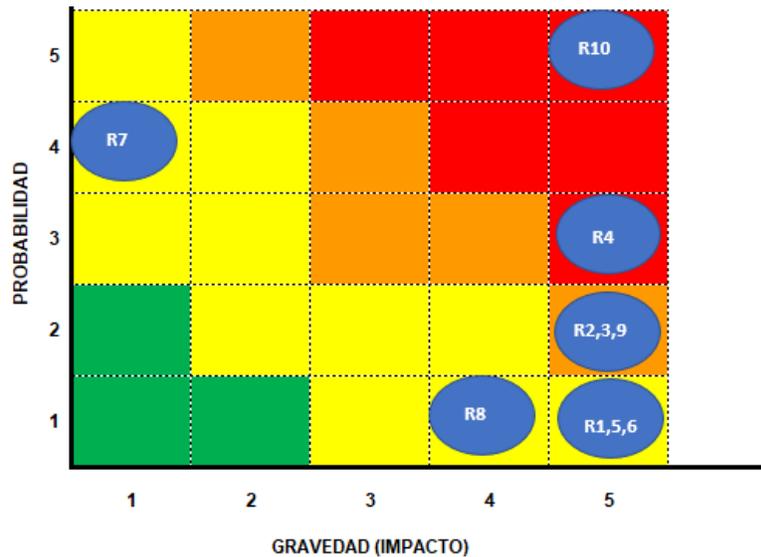


Figura 45. Grafica Probabilidad Vs Gravedad (Propia autoría).

## **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCIÓN DE LOS POSIBLES RIESGOS.**

**Solución riesgo #1:** Para solucionar este riesgo se optó por dividir el dispositivo en dos, el primero instalado a la altura del pecho, encargado de detectar los obstáculos cercanos, el segundo dispositivo instalado en la muñeca por medio de una pulsera, este será el encargado de alertar a el usuario por medio de una vibración.

**Solución riesgo #2:** Para evitar un error en la programación, se harán diversos ensayos de prueba para descartar cualquier error.

**Solución riesgo #3:** Para evitar la compra de componentes en mal estado, se opta por hacer la compra en establecimientos reconocidos y los cuales ofrezcan garantía de los productos.

**Solución riesgo #4:** Para evitar la posibilidad de los retrasos en los envíos. Solo se comprará en tiendas locales o en tiendas que cuenten con servicios de mensajerías reconocidos.

**Solución riesgo #5:** Para evitar problemas con la documentación se optará por realizar las actividades con el tiempo establecido, de esta manera se evitará retrasos en la entrega de la documentación.

**Solución riesgo #6:** Para evitar un mal cálculo de la eficiencia energética del dispositivo se optará por hacer las pruebas pertinentes para verificar la duración de las baterías. Y se procederá a cambiarlas por unas de mayor capacidad si es necesario.

**Solución riesgo #7:** Para evitar este riesgo se procederá a hacer una investigación de los mejores componentes para la realización del proyecto.

**Solución riesgo #8:** Para evitar ese riesgo se procederá a realizar las pruebas pertinentes para corregir las fallas que se detecten.

**Solución riesgo #9:** para evitar este riesgo se tendrá un control estricto del tiempo. De esta manera se puede garantizar el cumplimiento.

**Solución riesgo #10:** Este riesgo no puede ser evitado por los estudiantes.