

**DESAROLLO DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO PARA EL DESPLAZAMIENTO Y
UBICACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL**

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero de sistemas

YESSID SARMIENTO VIZCAINO

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN CHÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
2018**

**DESAROLLO DE UN BASTÓN ELECTRÓNICO PARA EL DESPLAZAMIENTO Y
UBICACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL**

YESSID SARMIENTO VIZCAINO

461211140

DIRECTOR

Ms. Ing. ARLES PRIETO MORENO

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA EXTENSIÓN CHIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
2018**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a la Universidad de Cundinamarca extensión Chía, por haberme recibido en sus instalaciones, hacerme parte de su equipo y brindarme el apoyo necesario para mí crecimiento tanto personal como profesional.

Agradezco a mi director de proyecto Ms. Ing. Arles prieto moreno, por su paciencia, apoyo incondicional y enseñanzas, brindándome su experiencia y conocimientos en cada paso del proyecto de grado.

Agradezco al Ms. Ing. Jairo Eduardo Márquez Díaz quien proporciono asesorías metodológicas y su conocimiento en investigación para el desarrollo del proyecto de gado.

Y por último agradezco al Dr. David Sarmiento Secretario de Desarrollo Social por su colaboración que facilitó el cumplimiento de las pruebas para este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado primero que todo a Dios que me dio la perseverancia y fuerza suficiente para culminar esta Profesión.

A mi padre amado, Leonardo Sarmiento Arciniegas que, gracias a su apoyo, incondicional, enseñanzas de vida y disciplina me da la oportunidad de cumplir mis sueños y ser el hombre que soy hoy en día.

A Diana Cipamocha que con su conocimiento, colaboración y paciencia me ayudo en muchas partes importantes en esta carrera.

A todos mis seres queridos gracias por tanto apoyo en el transcurso de mi vida.

Mil gracias a todos

RESUMEN.

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un prototipo de bastón electrónico con el cual se interactúa por medio de un APP, para facilitar a las personas que padecen algún tipo de discapacidad visual el desplazamiento y ubicación en un entorno urbano, por consiguiente, se emplearon diferentes tecnologías que existen en el mercado. La idea de este prototipo surge como respuesta ante la necesidad facilitar el desplazamiento de la población invidente en un entorno urbano, así como el elevado costo y el difícil proceso de importación de un bastón electrónico.

En el desarrollo del prototipo se emplearon dos metodologías, móvil D y RUP (Proceso Unificado de Rational), las cuales se adaptaron e integraron para realizar la aplicación móvil y el bastón electrónico. La aplicación se desarrolló en APP Inventor llamada I.G.U.P.I -Interfaz Gráfica de Usuario para Personas Invidentes-, esta se conecta con el bastón electrónico e informa sobre los obstáculos detectados alrededor, además cuenta con una interfaz para que pueda utilizar el GPS y consultar la ubicación donde se encuentra en tiempo real. Para el bastón electrónico se instalaron sensores de ultrasonido que puede detectar obstáculos, se empleó un módulo de bluetooth que se conecta con la aplicación y le notifica al usuario por medio de una voz sintetizada la detección de obstáculos en su desplazamiento. Para evaluar su funcionamiento se hicieron dos pruebas en las que participaron a dos personas invidentes.

PALABRAS CLAVE: aplicativo móvil, bastón electrónico, bluetooth, GPS, invidentes, sensores de ultrasonido.

ABSTRACT.

The objective of this project is to develop a prototype of an electronic stick with which it can be interacted by means of an APP, in order to make it easier for people suffering from some type of visual disability to move and locate in an urban environment, on the contrary, Different Technologies that exist in the market will be applied. The idea of this prototype emerges as an answer.

In the development of the prototype, two methodologies were used, mobile D and RUP (unified rational process), which are adapted and integrated to make the mobile application and the electronic stick. The application is reduced in the application of the IGUPI call - Graphical User Interface for the Blind -, it connects with the electronic stick and informs about the detected results around, besides an interface so that it can use the GPS and consult the location where it is in real time. For the electronic baton, ultrasound sensors are installed that can be detected, a bluetooth module can be used that connects with the application and the user is notified by means of a synthesized voice the detection of obstacles in their movement. To evaluate its functioning, two tests were carried out in the participation of two blind people.

KEY WORDS: Bluetooth, blind, electronic stick, GPS, mobile application, ultrasound sensors.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
TABLA DE CONTENIDO	7
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE ANEXOS	12
CAPÍTULO 1.	13
INTRODUCCIÓN.	13
1. PROBLEMA.	14
1.1. Planteamiento del problema.	14
1.2. Formulación del problema	15
2. OBJETIVOS.	16
2.1. Objetivo general.	16
2.2. Objetivos específicos.	16
3. ALCANCES Y LIMITACIONES.	17
3.1. Alcance.	17
3.2. Limitaciones.	18
4. JUSTIFICACIÓN.	19
5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.	20
CAPÍTULO 2.	20
6. MARCO TEORICO.	21
A. Discapacidad visual	21
B. Causas de la discapacidad visual	21
6.1. Marco referencial.	23
6.1.1. Lazzus asistente GPS ciegos.	23

	8
6.1.2. Lazarillo App GPS Accesible.	24
6.1.3. Vhista.....	25
6.1.4. Bastón electrónico egara.....	25
6.1.5. EyeStick.	26
6.2. Marco conceptual.....	27
6.2.1. Generalidades.	27
6.2.2. Bastón electrónico.	28
6.2.3. App.	28
6.2.4. Modulo bluetooth.	28
6.2.5. Arduino mega.	29
6.2.6. Sensor de ultrasonido.....	29
6.2.7. Mit app inventor.....	29
6.2.8. Programación en bloques.	30
6.3. Marco ingenieril.....	30
6.3.1. Mit App inventor 2.....	30
6.3.2. Arduino Software (IDE).	32
6.3.3. Sistemas embebidos.....	33
6.3.4. Modulo bluetooth.	34
6.3.5. Sensor de ultrasonido HC-SR04.	34
CAPÍTULO 3.	36
7. METODOLOGÍA.....	36
7.1. Fases de metodología móvil D.....	36
7.1.1. Fase de exploración.	36
7.1.2. Fase de inicialización.	37
7.1.3. Fase de estabilización.....	37
7.1.4. Fase de pruebas y puesta en marcha.	37
7.2. Fases de metodología RUP.....	38
7.2.1. Fase de inicialización	38
7.2.2. Fase de elaboración.....	38
7.2.3. Fase de construcción.....	38
7.2.4. Fase de transición.....	39

	9
8. DESARROLLO DEL PROYECTO	39
8.1. Desarrollo de las metodologías.	39
8.1.1. Desarrollo aplicativo móvil.	39
8.1.2. Desarrollo prototipo electrónico del bastón.....	48
8.2. Impacto del uso del Prototipo	58
8.2.1. Análisis de eficiencia del prototipo frente al bastón común.....	59
8.3. Costo del proyecto.....	61
9. TESTER	62
9.1. Caso de pruebas bastón electrónico	63
9.2. Prueba de rendimiento	64
9.3. Tiempo de instalación.....	65
9.4. Uso de memoria.....	65
9.5. Pruebas de compatibilidad.....	66
9.6. Casos de pruebas prototipo.....	67
10. CONCLUSIONES	69
11. RECOMENDACIONES	70
12. PROYECCIONES	71
ANEXO A	74
ANEXO B	76
ANEXO C	77
ANEXO D	78
ANEXO E	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logo de aplicación Lazzus.....	23
Figura 2. Interfaz aplicación lazarillo.....	24
Figura 3. Aplicación Vhista.....	25
Figura 4. Prototipo bastón egara.....	26
Figura 5. EyeStick bastón láser.....	27
Figura 6. Logo Mit app inventor.....	30
Figura 7. Entorno de trabajo app inventor 2.....	31
Figura 8. Logo Arduino.....	32
Figura 9. Placa Arduino mega 2560.....	33
Figura 10. Modulo bluetooth hc06.....	34
Figura 11. Sensor de ultrasonido hc-sr04.....	35
Figura 12. Caso de uso aplicativo móvil.....	40
Figura 13. Funcionamiento del prototipo.....	42
Figura 14. Interfaz aplicativo móvil.....	43
Figura 15. Interfaz de GPS.....	43
Figura 16. Comunicación bastón a la aplicación.....	44
Figura 17. Diagrama de flujo de navegación APP.....	45
Figura 18. Código aplicación móvil 1.....	46
Figura 19. Código aplicación móvil 2.....	46
Figura 20. Código aplicación móvil 3.....	47
Figura 21. Caso de uso hardware.....	48
Figura 22. Altura del bastón electrónico de un hombre adulto.....	49
Figura 23. Elaboración bastón.....	50
Figura 24. Bastón básico.....	51
Figura 25. Protección de los componentes electrónicos del bastón.....	51
Figura 26. Conexión módulo bluetooth HC-06.....	52
Figura 27. Esquema de conexión sensor ultrasónico HC-SR04.....	53
Figura 28. Funcionamiento del sensor de ultrasonido.....	53
Figura 29. Bastón con sus componentes electrónicos.....	55
Figura 30. Código Arduino 1.....	56
Figura 31. Código arduino 2.....	56
Figura 32. Energización del prototipo.....	57
Figura 33. Rendimiento de CPU.....	64
Figura 34. Tiempo de instalación.....	65
Figura 35. Uso de memoria.....	66
Figura 36. Pruebas de compatibilidad.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de personas invidentes en Risaralda.	22
Tabla 2. Aplicativo móvil caso de uso.....	41
Tabla 3. Caso de uso hardware.	49
Tabla 4. Condiciones técnicas.....	54
Tabla 5. Impacto del uso del prototipo percibido por el Usuario 1	58
Tabla 6. Impacto del uso del prototipo percibido por Usuario 2	58
Tabla 7. Análisis de eficiencia del bastón común.....	59
Tabla 8. Análisis de eficiencia del prototipo de bastón electrónico	60
Tabla 9. Costo del proyecto	61
Tabla 10. Casos de pruebas aplicativo móvil.....	62
Tabla 11. ID caso de prueba: cp-001	67

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Entrevista a Jaime Diaz.....	Pág. 74
ANEXO B. Prueba de campo 1	Pág. 76
ANEXO C. Prueba de campo 2	Pág. 77
ANEXO D Artículo científico bastón electrónico	Pág. 78
ANEXO E Manual técnico y de usuario.....	Pág. 79

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN.

El avance significativo que ha tenido la tecnología en las últimas décadas ha permitido que, tanto a ingenieros como a desarrolladores, puedan crear herramientas haciendo uso de las TICs, que permiten facilitar la ayuda de personas con algún tipo de discapacidad, especialmente invidentes. Según estudios estadísticos, *Colombia tiene registrados 1.143.992 casos de personas con algún tipo de discapacidad visual, que representan el 43.5% del total de discapacitados del país* (DANE en el 2013).

Gracias al avance tecnológico al que se ha llegado, se pueden crear herramientas que sirvan de apoyo a personas con diferentes tipos de discapacidad, que les facilite la realización de las actividades diarias, y de esta forma, se les puede ayudar en su diario vivir; para ello se desarrolló el prototipo de un bastón electrónico de bajo costo, dotado de sensores de ultrasonido para la detección de obstáculos en su camino, y por medio de un módulo Bluetooth, realizar la conexión a una aplicación móvil APP con el bastón gris, -es una prolongación de su cuerpo fabricado en aluminio y fibras sintéticas guía los pasos del invidente haciendo notar en qué tipo de superficie está caminando-, que emplea el servicio de geolocalización GPS del teléfono el cual estará dotado de sensores e interfaces electrónicas necesarias para lograr la comunicación y la manipulación del mismo, el usuario podrá interactuar con el dispositivo móvil a través de mensajes de audio, los cuales le darán avisos de alerta cuando haya algún tipo de obstáculo en su camino, dando mayor confianza al moverse, así como también, podrá consultar su ubicación en tiempo real cada vez que lo necesite.

Teniendo en cuenta que algunas personas por su condición de discapacidad son reacias al uso de la tecnología, nace la idea de presentar una propuesta que mejore los bastones electrónicos existentes en el mercado, haciendo uso de herramientas tecnológicas que les facilite el desplazamiento, sin que genere mayor traumatismo a la hora de interactuar con ellos.

1. PROBLEMA.

1.1. Planteamiento del problema.

En la actualidad se observa con mayor frecuencia que la investigación y el desarrollo tecnológico, a través del diseño de nuevos sistemas y aplicaciones, buscan mejorar la calidad de vida de las personas, para hacerles más fácil su diario vivir, encontrándose que una de las barreras que se tiene que afrontar, es que la tecnología no es accesible para todos, ya sea por costos, desconocimiento, o porque simplemente no han sido creadas; sumado a lo anterior, muchos no pueden disfrutar de sus beneficios, por tener alguna discapacidad como la visual por citar un ejemplo.

Las plataformas tecnológicas avanzan cada día a pasos agigantados, surgiendo diversas herramientas y escenarios, que le permite a la sociedad optar por una mejor calidad de vida y sin duda, su uso masivo tiene actualmente revolucionado al mundo. Sin embargo, existen algunas restricciones especialmente para las personas discapacitadas, siendo las menos favorecidas aquellas con limitaciones visuales (invidentes), quienes, por su condición, no pueden disfrutar de todas las herramientas que ofrece la tecnología, para suplir ciertos servicios que les facilite la movilidad, en particular, facilitar el desplazamiento y ubicación en cualquier momento de su recorrido.

Actualmente en el mercado existen algunos bastones grises, que vienen dotados con sensores para facilitar la movilidad a las personas con este tipo de discapacidad, pero uno de los

principales obstáculos que encuentra esta población, es la carencia de los recursos económicos para adquirirlos, así, como la capacitación para su correcta manipulación, debido a que, en su gran mayoría, son traídos del exterior. Estos antecedentes, son los principales obstáculos que encuentra esta población para hacer uso de las bondades que les ofrece la tecnología, y es de ahí que surge la inquietud de desarrollar un prototipo, que además de suplir estas necesidades básicas, posean otros valores agregados como la incorporación de comandos de voz y ubicación en tiempo real, a través de los módulos de un teléfono móvil, así como también, poderse ofertar a unos precios muy cómodos para quienes no poseen los recursos económicos para su adquisición.

1.2. Formulación del problema

¿Qué impacto tiene la implementación de un bastón electrónico conectado por medio de un APP, en la vida cotidiana de una persona con discapacidad visual, como elemento que le permita identificar obstáculos para ubicarse en un entorno urbano?

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general.

Desarrollar un prototipo de bastón electrónico y una APP, para facilitar el desplazamiento y ubicación a personas que padecen algún tipo de discapacidad visual.

2.2. Objetivos específicos.

- Realizar un estudio acerca de los desarrollos de sistemas electrónicos incorporados a bastones para invidentes, e identificar las necesidades comunes para su movilidad.
- Analizar la información recopilada e identificar las variables comunes, con el fin de realizar un diseño de hardware y software que se adapte a las necesidades propias de la población objeto de estudio.
- Establecer qué tecnologías electrónicas existen en el mercado, que permitan ser adaptadas o incorporadas en el sistema propuesto, para la implementación del prototipo.
- Diseñar el sistema electrónico de detección temprana de objetos, que se ajuste a las necesidades y requerimientos de movilidad de los usuarios finales.

- Desarrollar un APP que, al ser conectada al sistema electrónico del bastón, facilite el desplazamiento y la ubicación del invidente.
- Efectuar pruebas de campo para realizar los ajustes finales, con el fin de entregar un prototipo que responda a las exigencias tanto de fiabilidad, como de seguridad que debe poseer el bastón electrónico.

3. ALCANCES Y LIMITACIONES.

3.1. Alcance.

Con el desarrollo de este prototipo se busca que la persona que lo posea, además de facilitarle su movilidad, haga uso de la tecnología para que adquiera más seguridad a la hora de realizar sus desplazamientos por los diferentes lugares que suele frecuentar.

El bastón por estar dotado de sensores electrónicos y una interfaz para conectarse a un Smartphone, hace uso de herramientas como lo son el App para navegación en tiempo real con comandos de voz, y algunos periféricos que facilitan su manipulación.

El diseño del prototipo es modular, para facilitar la interconexión con otros periféricos, así como expandir sus capacidades, ejemplo poder anexar un banco de baterías externo para prolongar su vida útil u otros módulos sensores, para tener una mayor cobertura.

El aplicativo móvil se puede instalar en cualquier dispositivo Android de versión 4.2 o superior.

El prototipo desarrollado se limita a un funcionamiento básico, el cual parte de la conexión entre la estructura electrónica del bastón y el dispositivo Android en el que se instale, posterior a esto el bastón identifica obstáculos en diferentes direcciones, por lo cual es necesaria su calibración antes de ser usado, posteriormente el bastón mantiene comunicación continua con el dispositivo sobre la detección de obstáculos, y el dispositivo notifica por medio de una voz sintetizada de los obstáculos detectados. Es importante resaltar que en ocasiones la detección es

rápida, pero la notificación tarda algunos segundos, por lo cual pueden presentarse falsas notificaciones, esto es un error debido al tipo de sensores que se emplearon, la solución se proyecta como mejora del prototipo y se debe incluir en la siguiente versión desarrollada.

3.2. Limitaciones.

La carencia de los componentes electrónicos para el desarrollo de las interfaces, debido a que algunos sensores encontrados en el mercado son genéricos y de baja calidad, en caso de necesitarse con características especiales.

Por no contar con la infraestructura para la fabricación del prototipo con características ergonómicas, tales como impresoras 3D, cortadora LASSER, inyectoras de plástico, y herramientas industriales, no se entrega un prototipo con terminaciones óptimas ni con características comerciales, convirtiéndose esto en una limitación del prototipo.

Para obtener un prototipo que cumpla con algunas características especiales para población con discapacidad visual, es necesario que los sensores utilizados sean con enfoques a la instrumentación médica, los cuales, hace que los equipos electrónicos sean más versátiles y precisos.

Al revisar el estado del arte, se identificó en portales web de Japón, Rusia y Alemania, la comercialización de un tipo de bastón electrónico con características que facilitan el desplazamiento de personas invidentes, ante lo cual surgen otras de las limitaciones como el idioma y la adquisición de los mismos al por menor.

4. JUSTIFICACIÓN.

El proyecto surge a través del interés de ayudar a la población vulnerable con discapacidad visual, brindando una ayuda para la realización de sus actividades diarias, atenuando con ello, el impacto que tiene en su vida el no contar con el sentido de la vista, es decir, un sistema electrónico que puede brindarles información en tiempo real sobre objetos, personas u obstáculos que se encuentren en su camino, dándoles una mayor confianza al moverse.

Para complementar el equipo electrónico y colocarle un valor agregado que haga la diferencia con respecto a los que hay en el mercado, se dotó de una aplicación móvil –APP- con comandos de voz que guía al usuario en los diferentes desplazamientos, así como informarle cuando tiene un potencial obstáculo que le puede causar lesiones. Esta herramienta fue muy bien recibida por el personal con el que se le hizo las pruebas, convirtiéndose en un plus, porque le da más confianza a la hora de hacer su uso.

El hacer uso de algunas herramientas del teléfono tales como el servicio de geolocalización GPS y el protocolo de comunicaciones inalámbricas Bluetooth, se puede conectar el bastón por medio de una interfaz para la manipulación de estos módulos.

Teniendo en cuenta la entrevista realizada al señor (Jaime Díaz), manifiesta que algunas personas con discapacidad visual –invidentes- son temerosos a la tecnología por las dificultades que estas presentan para ellos, nace la idea de mejorar los bastones que utilizan para su desplazamiento –bastón gris- creando un dispositivo que les facilite la movilidad y les aporte confianza.

5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

Software, Sistemas Emergentes y Nuevas Tecnologías: Fomentar en los estudiantes la planeación, análisis, diseño, desarrollo, implantación y mantenimiento de aplicaciones; la capacidad liderazgo, la aplicación de últimas tecnologías para asegurar la calidad en las soluciones informáticas que las organizaciones requieran basándose en los estándares reconocidos nacionales e internacionales. Conjunto de programas, subprogramas y menús que se elaboran a manera de aplicaciones y/o paquetes para cumplir un fin específico.

6. MARCO TEORICO.

Actualmente existen desarrollos e implementaciones de bastones electrónicos y aplicaciones móviles para las personas con discapacidad visual, las cuales se comercializan por separado con unos costos muy elevados, que, por lo general, son importados y sus costos sobrepasa la capacidad económica de un alto número de esta población, que, debido a sus limitaciones, no cuentan con recursos económicos suficientes, para sostener sus gastos. En las tiendas virtuales se ofertan un número considerable de aplicaciones móviles, pero por sus características y condición de ser gratuitas, presentan algunas limitaciones, tales como la conectividad con el bastón gris.

A. Discapacidad visual

La discapacidad visual es la carencia de funcionamiento de la vista, algunas son leves y otras graves, unas de estas enfermedades se dividen en:

- Discapacidad visual moderada
- Discapacidad visual grave
- Ceguera

B. Causas de la discapacidad visual

Algunas personas sufren de discapacidad visual grave por motivos tales como :

- Enfermedades de nacimiento
- Accidentes
- Diabetes
- Glaucoma
- Cataratas no operadas

La universidad católica de Pereira en el año 2014, realizo un estudio donde se evidencio el número de invidentes que hay en el departamento (véase la tabla 1) sumando las personas con discapacidad visual observando que en Colombia la cantidad es muy grande.

Tabla 1. Caracterización de personas invidentes en Risaralda.

REGISTRO DE LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD - MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. AL AÑO 2014					
POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD VISUAL EN RISARALDA.					
Departamento / Municipio	SEXO				Total general
	FEMENINO	MASCULINO	NO DEFINIDO	NR - NO REPORTADO	
66 – RISARALDA	5.743	4.150	1	4	9.898
66001 - PEREIRA	3.974	2.416	1	4	6.395
66045 – APÍA	56	57			113
66075 - BALBOA	72	93			165
66088 - BELÉN DE UMBRÍA	59	51			110
66170 - DOSQUEBRADAS	48	68			116
66318 - GUÁTICA	89	119			208
66383 - LA CELIA	49	75			124
66400 - LA VIRGINIA	148	140			288
66440 - MARSELLA	23	22			45
66456 - MISTRATÓ	26	18			44
66572 - PUEBLO RICO	94	148			242
66594 - QUINCHÍA	98	103			201
66682 - SANTA ROSA DE CABAL	959	776			1.735
66687 - SANTUARIO	48	64			112

Fuente: Alexander Murillo Córdoba, Universidad Católica de Pereira facultad ingeniería electrónica.

6.1. Marco referencial.

En referencia al desarrollo de este proyecto es fundamental mencionar los siguientes antecedentes que representan el estado del arte a la fecha.

6.1.1. Lazzus asistente GPS ciegos. La empresa busco minimizar una necesidad como la ubicación GPS para las personas invidentes, para que ellos puedan ir a cualquier lugar sin problema por ello la empresa presentó el desarrollo. *Lazzus* es una aplicación accesible para dispositivos móviles, creada y diseñada para usuarios invidentes o con alta discapacidad visual, que permite descubrir en tiempo real los lugares que se encuentran alrededor. (Lazzus,2017).

Figura 1. Logo de aplicación Lazzus.



Fuente: Notisistema. (2017). Lazzus app que te ayuda a mejorar la movilidad [imagen]. Recuperado de <https://www.notisistema.com/noticias/lazzus-la-app-que-ayuda-a-mejorar-la-movilidad-de-invidentes/>

La aplicación de *Lazzus* como se ilustra en figura 1, es muy completa porque la persona invidente puede tener un poco más de independencia, debido a que por medio del GPS le brinda ubicación en tiempo real y le informa por medio de audios, los diferentes lugares que tiene cerca como por ejemplo una panadería, un banco, un hospital o simplemente, la dirección donde se

encuentra. Esta aplicación puede ser descargada en Android y iOS, en la cual encontrará funciones tales como:

- Conocer la localización actual (Calle y número)
- Añadir lugares favoritos
- Examinar un listado de lugares cercanos.

6.1.2. Lazarillo App GPS Accesible. La empresa toma como prioridad a las personas con discapacidad visual, para minimizar su ubicación y llevarlos a cada paso que den por ello crearon la aplicación. *Lazarillo es una aplicación GPS que busca entregar autonomía a las personas con discapacidad visual, mediante indicaciones por mensajes de voz que brindan información sobre la ruta por la cual transitan, facilitando su movilidad por la ciudad.* (Lazarillo,2016), Esta aplicación proporciona mucha confianza a la persona invidente a encontrar cualquier lugar donde él quiera desplazarse ya sea una cafetería o un centro comercial o ir a lugares nuevos ya que la aplicación le permite estar en un modo de exploración para que la persona invidente tenga la confianza de salir a cualquier parte que la persona desee.

Figura 2. Interfaz aplicación lazarillo



Fuente: LAZARILLO TEC SPA. (2016). Lazarillo App GPS Accesible. [Imagen]. Recuperado de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lazarillo>

6.1.3. Vhista. Dos estudiantes crearon esta genial App con inteligencia artificial que reconoce rostros con sus expresiones y objetos como carros, andenes etc. La idea nació de profesionales colombianos que deciden desarrollar este proyecto y se ha convertido en una herramienta muy útil para las personas invidentes.

“Es una aplicación móvil que se encuentra disponible para dispositivos Android y iOS que permite a las personas con discapacidad visual identificar objetos y personas a su alrededor, reconocer marcas de productos, reconocer caras, paisajes y diferentes actividades entre otros”. (Vhista,2017).

Figura 3. Aplicación Vhista



Fuente: Andrea López. 2017.Vhista app. [Imagen]. Recuperado de <http://www.gestionandoportunidades.com/archivo/9268>

6.1.4. Bastón electrónico egara. La empresa instead technologies se dedica crear herramientas de bioingeniería profesionales de ingeniería electrónica desarrollaron un bastón con altos estándares para la seguridad de los invidentes.

“El sistema ha sido creado por miembros de la Cátedra de Investigación en Retinosis Pigmentaria Bidons Egara y del grupo de Neuro ingeniería Biomédica de la UMH, coordinador por el profesor Eduardo Fernández. Esta herramienta puede ser específicamente ajustada para adaptarse a las características físicas de cada persona,

mientras que la detección de objetos se realiza mediante sensores acoplados a un bastón blanco tradicional y que mejoran su funcionalidad”. (instead- technologies,2017).

Este bastón electrónico puede detectar obstáculos de frente y en la cintura ya que esos obstáculos se consideran un peligro para las personas invidentes.

Figura 4. Prototipo bastón egara.

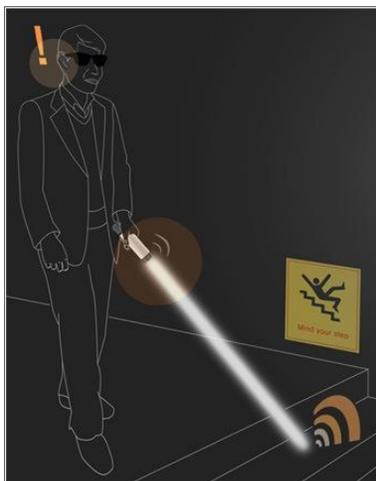


Fuente: Cristina Sánchez. 2015. Baston egara. [Imagen]. Recuperado de https://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/baston_blanco-ciegos-invidentes-tecnologia_bastones_0_396160531.html

6.1.5. EyeStick. Este bastón es algo revolucionario por que se minimiza las incomodidades de las personas discapacitadas visuales al utilizar un bastón con solo sensores de ultrasonido y una luz estilo sable ya no golpearían a los peatones cuando se desplacen en una cera.

“Eye Stick reinventa la caña tradicional. Utiliza ondas ultrasónicas para medir de forma confiable la distancia, no afectada por la lluvia, la niebla u otros problemas climáticos. La luz proyectada se utiliza para evitar colisiones con otros peatones. El sistema ultrasónico entrega información sobre peligros tales como barreras y cambios en el nivel del piso, detectándolos de antemano. Eye Stick también ofrece otra función. Puede obtener información sobre productos, por ejemplo, al escanear automáticamente los códigos de barras a través de una cámara. La información se envía a través de una conexión Bluetooth y se convierte en voz”. (yankodesign,2013).

Figura 5. EyeStick bastón láser



Nachou palo.2013 EyeStick. [Imagen]. Recuperado de <https://www.microsiervos.com/archivo/arte-y-diseño/eye-stick-sable-laser-baston-personas-ciegas.html>

6.2. Marco conceptual.

6.2.1. Generalidades. A través de los años se han presentado una serie de cambios por el uso de la tecnología, permitiéndole a los usuarios especialmente aquellos que poseen limitaciones en algunos órganos de los sentidos, generar una barrera a la hora de interactuar con ella, pero con un poco de capacitación e inducción, muy pronto poder apropiarse ese conocimiento, para que puedan disfrutar de las bondades que esta brinda. Es por eso que se ha innovado para que las personas con discapacidad visual tengan una mejor calidad de vida, buscándose con ello, la independencia y de esta forma tener un mejor dominio de su entorno social.

Según (Organización Mundial de la Salud, 2017), *la cifra estimada de personas con discapacidad visual es de 253 millones: 36 millones con ceguera y 217 millones con discapacidad visual moderada a grave.* También del anterior informe, se infiere que las personas que padecen discapacidad visual adquirida por alguna enfermedad o accidente, son un poco más vulnerables que los que nacieron invidentes, debido a que estos últimos son más

temerosos al salir a las calles solas, por la dificultad que representa para ellos tener que afrontar una nueva realidad.

Para el planteamiento del presente proyecto, se hizo necesario conocer algunos conceptos que tienen relación con este tipo de desarrollos para personas invidentes, para de esta forma, ayudar a mejorar un poco su calidad de vida, con el apoyo de todas las herramientas que ofrecen las TIC.

6.2.2. Bastón electrónico. Esta herramienta ayuda a las personas con discapacidad visual a detectar obstáculos en tiempo real, para evitar ser víctimas de accidentes, especialmente por aquellos que se encuentran en sus recorridos. Estos elementos por lo general emiten sonidos o vibraciones, cuando se detectan objetos que supongan algún peligro para la integridad de la persona. el bastón electrónico se puede emplear también para personas que estén en entrenamiento y aprendizaje del bastón gris y así pueden desarrollar más confianza en su desplazamiento. Algunos bastones electrónicos además de tener incorporados sensores de distancia o ultrasonido también tienen GPS (“Sistema de Posicionamiento Global”).

6.2.3. App. - *tipo de programa informático diseñado como herramienta, para permitir a un usuario realizar diversos tipos de trabajos-*(Wikipedia ,2018). Algunas apps son especialmente desarrolladas para personas invidentes para que ellos puedan saber dónde está cualquier dirección o cafetería o simplemente poder utilizar su celular.

6.2.4. Modulo bluetooth. se utiliza para comunicación entre software y dispositivos electrónicos este módulo es trabajo por facultadas de electrónica y robótica por su estabilidad en recibir señales de baja frecuencia, *-es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) creado por Bluetooth Special Interest Group, Inc. que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:*

- *Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.*
- *Eliminar los cables y conectores entre estos.*

- *Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.* (Wikipedia ,2018).

6.2.5. Arduino mega. Las placas que se trabajan con sistemas embebidos tienen grandes ventajas por su manipulación en software y hardware unas de las favoritas por su versatilidad es arduino. *-Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Lenguaje (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador-* (arduino.cl,2017).

6.2.6. Sensor de ultrasonido. -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- (keyense,2017). Estos sensores se utilizan en los bastones electrónicos para la detección de obstáculos para que con un medio de audio o vibrador le dé una alerta temprana a la persona invidente.

6.2.7. Mit app inventor. -es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web. Las aplicaciones creadas con App Inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil. -(Mit app inventor,2018). El entorno de desarrollo es muy estable e intuitivo para hacer aplicaciones poderosas en plataformas Android.

6.2.8. Programación en bloques. Este método de programación es óptimo para el desarrollo ágil ya que se puede hacer grandes cosas utilizando herramientas y aplicaciones que se tienen a la mano, *-El bloque de código es una sección de código con una o más declaraciones y sentencias. Un lenguaje de programación que permite bloques, incluyendo bloques anidados dentro de otros bloques es llamado un lenguaje de programación estructurado por bloques.* (Calameo,2017).

6.3. Marco ingenieril.

En este capítulo se expone la arquitectura general del prototipo del desarrollo de un bastón electrónico para el desplazamiento y ubicación de personas con discapacidad visual, su interfaz y los elementos que se utilizaron en el desarrollo del prototipo del bastón.

6.3.1. Mit App inventor 2.

Figura 6. Logo Mit app inventor.

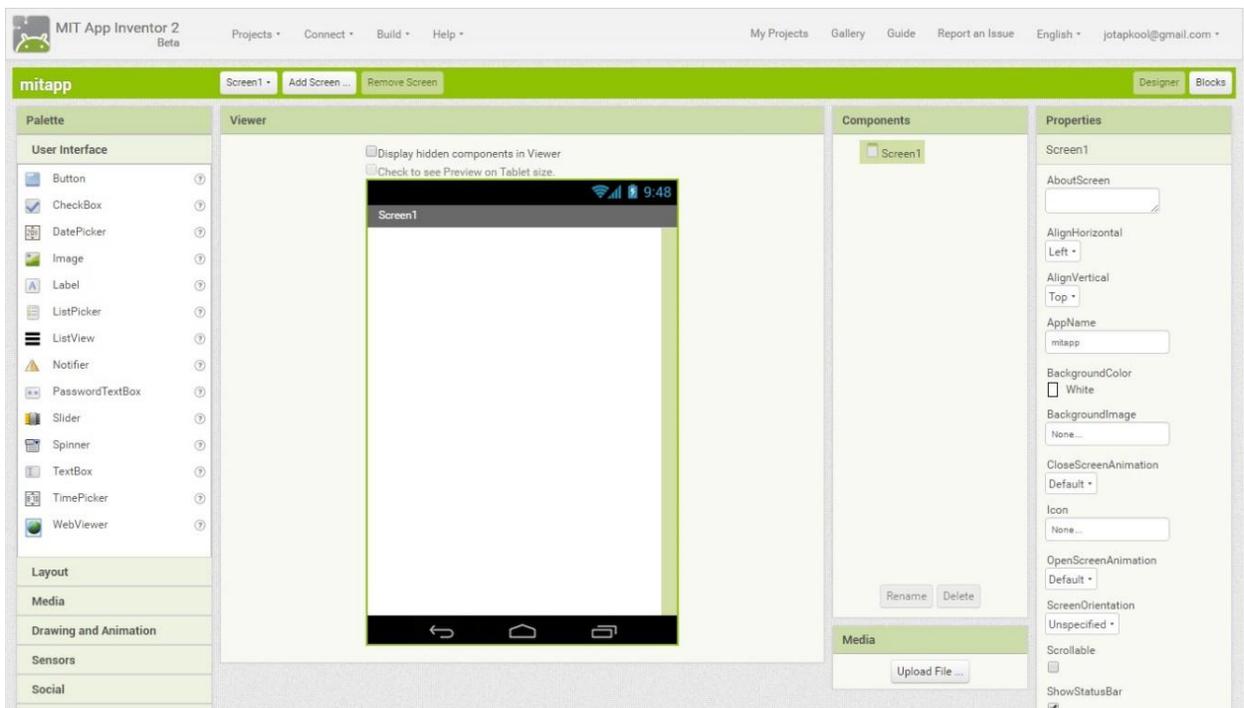


Fuente: Aula formativa. (2018). Mit app inventor 2 [imagen]. Recuperado de <https://blog.aulaformativa.com/manual-base-para-mit-app-inventor-2/>

El Mit app inventor 2 se utiliza para el desarrollo de la app, ya que contiene herramientas muy útiles que están al alcance del desarrollador. El entorno de trabajo de app inventor 2 proporciona una interfaz sencilla y robusta. (véase la figura 7), para poder utilizar las herramientas del Mit app inventor es necesario tener una cuenta Google con la cual acceder a la plataforma de proyectos del Mit. App inventor genera un ejecutable para los móviles Android de versión 4.1 o superior.

La Mit app inventor se centra en el desarrollo de aplicaciones móviles para el sistema operativo Android, su modo de trabajo es sencillo ya que al desarrollarlo se utiliza la programación basada en bloques y facilita su desarrollo ya que trabaja muy rápidamente y tiene facilidad de conectarse con Arduino para poder contralar dispositivos electrónicos.

Figura 7. Entorno de trabajo app inventor 2



Fuente: App inventor. (2016). Entorno Mit App inventor [imagen]. Recuperado de <http://appinventorcrearapps.blogspot.com/2016/06/>

6.3.2. Arduino Software (IDE).

Figura 8. Logo Arduino.

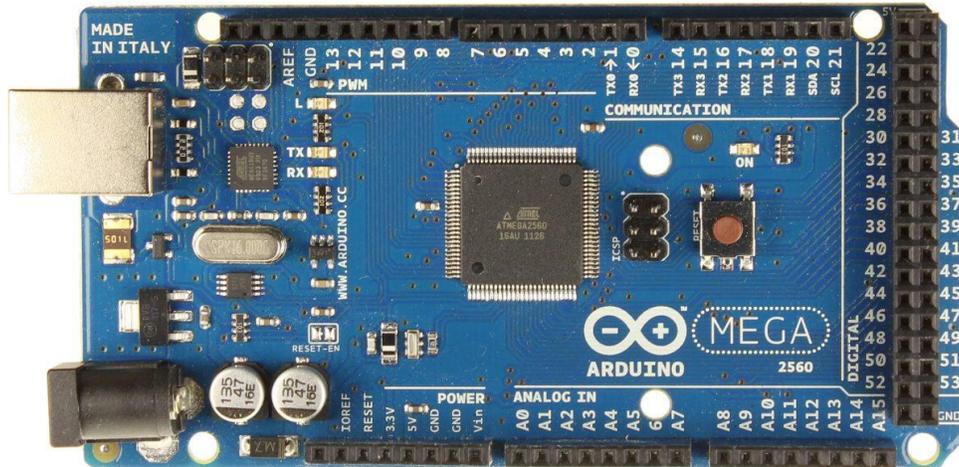


Fuente: associazionevinagre. (2012). Logo Arduino [imagen]. Recuperado de <https://associazionevinagre.wordpress.com/2012/07/10/arduino-tecnologia-italiana-a-portata-di-mano/arduino-logo/>

El software de Arduino se utiliza para la programación de electrónica que requiere varios componentes electrónicos útiles para la elaboración del prototipo como por ejemplo los sensores ultrasónicos, o para comunicación con el dispositivo móvil el módulo bluetooth su entorno de trabajo es muy agradable ya que su lenguaje de programación está basado en processing el desarrollador tiene una buena ventaja con este software por su agilidad al ejecutar los programas.

Para poder ejecutar los programas del Arduino se tiene que depender de una placa, para la elaboración de este proyecto se utilizó la placa Arduino mega 2560 (véase la figura 9), hay muchas denominaciones de placas de Arduino que están en el mercado cada una de esas placas hace el mismo trabajo lo único que se diferencian es en su tamaño, la placa Arduino es considerada como un sistema embebido por su capacidad de controlar los dispositivos electrónicos en tiempo real.

Figura 9. Placa Arduino mega 2560



Fuente: mercado libre. (2018). Placa Arduino 2560 [imagen]. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-431764242-placa-arduino-mega-2560-r3-clave-usb-con-atmega2560-_JM

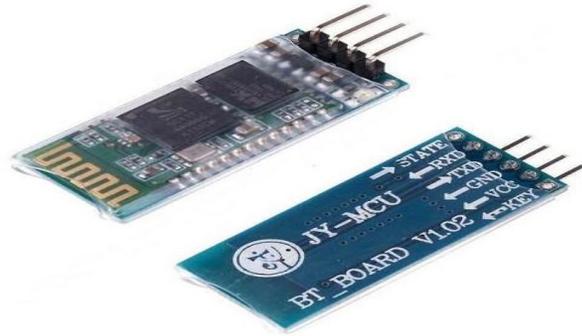
6.3.3. Sistemas embebidos.

Las diferentes placas y microprocesadores que existen en el mercado como Arduino, raspberry pi entre otras es una ventaja para los desarrolladores por que con esta tecnología de sistema embebidos se pueden hacer grandes cosas.

“Un sistema embebido o empotrado (integrado, incrustado) es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Al contrario de lo que ocurre con los ordenadores de propósito general (como por ejemplo una computadora personal o PC) que están diseñados para cubrir un amplio rango de necesidades, los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas.” (semanticwebbuilder,2017)

6.3.4. Modulo bluetooth.

Figura 10. Modulo bluetooth hc06.



Fuente: teslabem. (2018). Modulo bluetooth hc06 [imagen]. Recuperado de <https://teslabem.com/tienda/hc-06-modulo-bluetooth-serial/>

Este módulo bluetooth es especial para trabajar con las placas Arduino con ella se establece conexiones inalámbricas para poder interactuar con el software o una aplicación móvil, depende el uso que el desarrollador quiera darle a la comunicación ya sea Arduino software o software Arduino y así hacer más dinámica la interacción con el software.

6.3.5. Sensor de ultrasonido HC-SR04.

El sensor de ultrasonido (véase la figura 11) es un componente electrónico muy útil este es muy agradable para trabajar con las placas de Arduino ya que con la codificación adecuada el desarrollador puede adecuar su colocación a diferentes centímetros o metros de distancia y poder hacer sensores de alerta temprana cuando tenga un obstáculo en su camino.

Figura 11. Sensor de ultrasonido hc-sr04



Fuente: Dualtronica. (2018). Sensor de ultrasonido hc-sr04 [imagen]. <https://dualtronica.com/sensores/71-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

CAPÍTULO 3.

7. METODOLOGÍA

El trabajo se elaboró en dos metodologías Mobile-D para el desarrollo de la aplicación móvil y RUP para el desarrollo de hardware, ya que surgió la necesidad de utilizar una serie de procedimientos y técnicas para la elaboración del prototipo.

La metodología mobile-D es una metodología para el desarrollo de software ágil enfocada a proyectos de aplicaciones móviles.

“Se compone de distintas fases: exploración, inicialización, fase de producto, fase de estabilización y la fase de pruebas donde cada etapa posee un día de planeamiento y un día de entregas de las tareas asignadas. Una vez acabada todas las fases deberíamos tener una aplicación publicable y entregable al cliente” (Rodríguez, 2011).

RUP, Proceso Unificado Racional (Rational Unified Process); es un proceso de Ingeniería de Software en el cual se especifican una serie de tareas que se deben realizar con el fin de asegurar un producto de Software de alta calidad a sus usuarios finales. Es el resultado de varios años de desarrollo y uso práctico en el que se han unificado técnicas de desarrollo, a través del UML, y trabajo de muchas metodologías, sus fases son inicio, elaboración, construcción y transición.

7.1. Fases de metodología móvil D.

7.1.1. Fase de exploración.

En esta primera fase se hizo una investigación de los diferentes bastones electrónicos que hay en el mercado y sus componentes, con el fin de obtener datos y posteriormente hacer el diseño, para ello se tuvo en cuenta:

- Definición de objetivos.
- Identificar necesidades comunes en la movilidad de personas invidentes.
- Diagrama de actividades.

Por otra parte, también se hizo una investigación para desarrollar el App para que pudiera comunicarse con el bastón electrónico, y así que fuera un complemento importante para el bastón.

7.1.2. Fase de inicialización.

En esta fase se hace la elaboración del diseño del bastón electrónico y la aplicación móvil que contiene:

- interfaz de la aplicación móvil.
- Comunicación del bastón electrónico a la aplicación móvil.
- Diagrama de Flujo de navegación APP.

7.1.3. Fase de estabilización.

En esta fase se hace varias verificaciones del funcionamiento de la comunicación entre app y bastón.

- Codificación (la aplicación móvil se desarrolla en la MIT APP INVENTOR 2).
- Verificación de interacción del bastón y el APP.

En esta fase se entrega el desarrollo y verificación del prototipo para hacerle las pruebas correspondientes al prototipo.

7.1.4. Fase de pruebas y puesta en marcha.

En esta fase se hace todas las pruebas necesarias para cumplir a cabalidad los objetivos del desarrollo estas pruebas constan de:

- Entrevista
- Pruebas de campo con 2 personas con discapacidad visual (invidente).
- Recolección de información del usuario sobre el uso del prototipo.

En esta fase final se entrega las pruebas de campo con la entrevista y los comentarios del usuario en video, el api no va a hacer publicada en la tienda de la play store ya que la aplicación depende del bastón para su uso.

7.2. Fases de metodología RUP

7.2.1. Fase de inicialización

- Definición de los objetivos
- Recolección de información basado a los componentes electrónicos que se utiliza en el bastón.
- Altura del bastón electrónico para una persona adulta invidente.

7.2.2. Fase de elaboración

- Casos de uso bastón electrónico.
- Elección de plataformas, materiales y componentes electrónicos.
- Desarrollo electrónico del bastón
- Diseño del bastón para una persona adulta invidente.
- Esquemático electrónico de los componentes del bastón.
- Ubicación de los sensores de ultrasónico para el desempeño del bastón electrónico.

7.2.3. Fase de construcción

- Diseño del bastón para una persona adulta invidente.
- Esquemático electrónico de los componentes del bastón.
- Ubicación de los sensores de ultrasónico para el desempeño del bastón electrónico.
- codificación del bastón (se desarrolla en la IDE Arduino)
- Verificación de energía para alimentar los componentes del bastón.

7.2.4. Fase de transición

En esta fase se hicieron sus respectivas pruebas de campo, entrevista, experiencia al usar el prototipo, peso etc.

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

De acuerdo con las metodologías seleccionadas se hace necesario elaborar las actividades de diseño, esquemas electrónicos etc., se explicará cada proceso del desarrollo del prototipo del bastón electrónico su codificación y estructura con la comunicación del aplicativo móvil como se hace referencia en las metodologías planteadas por ese motivo se hace el desarrollo de las metodologías y se presentan los resultados obtenidos, con el fin de determinar si fueron cumplidos a cabalidad.

8.1. Desarrollo de las metodologías.

8.1.1. Desarrollo aplicativo móvil.

Para desarrollar el prototipo del presente proyecto se hizo una investigación sobre el desplazamiento común de las personas invidentes, que les puede afectar al momento de desplazarse en un entorno urbano, los invidentes en el aspecto de movilidad tienden hacer un poco más vulnerables porque hay muchos obstáculos en la calle se tienen que enfrentar a vehículos parqueados, escalones o gradas u obstáculos superiores que estén bajos y se puedan golpear en la cara además esto les causa inseguridad al salir alguna parte de la ciudad.

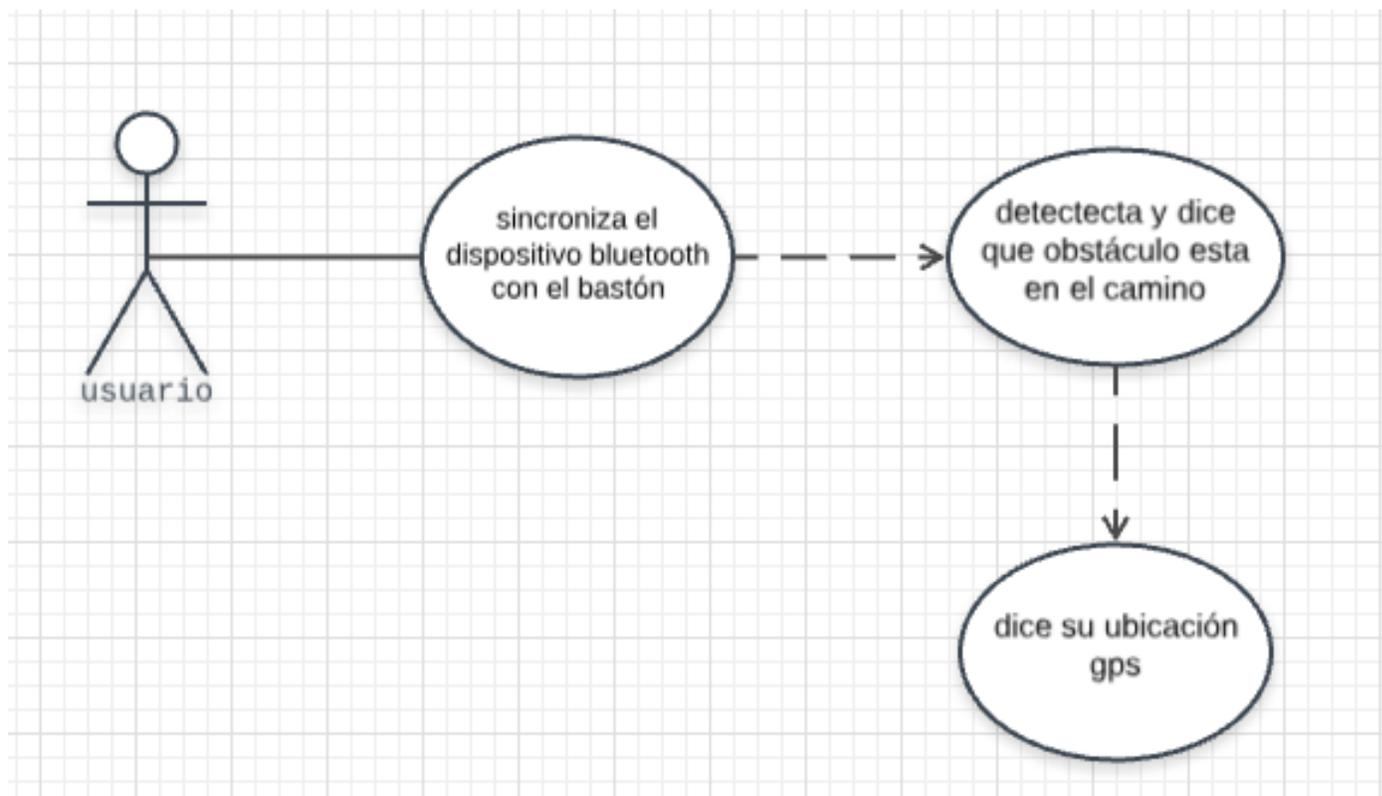
En este sentido Saavedra (2018), sostiene que algunas personas invidentes no tienen una persona que los acompañe y les sirva de guía ya sea porque sus familiares estén ocupados o simplemente no tengan a nadie. También realizó un experimento social donde las personas con discapacidad visual tenían algunos problemas comunes al desplazarse en ocasiones la persona invidente se tropieza, se cae, les pega a las personas con su bastón, se pega en la cabeza con avisos publicitarios etc. Es por eso que se hizo la recolección de información de varios bastones

electrónicos como estaban implementados y qué sensores podían ser útiles para el presente proyecto.

8.1.1.1. Caso de uso prototipo.

El caso de uso se desarrolla para explicar el modelo de funcionamiento del sistema propuesto, donde se quiere determinar el funcionamiento del prototipo electrónico para las personas con discapacidad visual correctamente.

Figura 12. Caso de uso aplicativo móvil.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Aplicativo móvil caso de uso.

Caso de uso: aplicativo móvil	
Actor: persona invidente	
Descripción de los procesos	Alternativas
Sincroniza el dispositivo bluetooth del bastón y guarda su dirección imei	Sin la conexión del bastón a la aplicación móvil el sistema causa conflicto y no funcionaría normalmente.
Cuando el bastón electrónico detecte algún obstáculo, una voz sintetizada le notificará al usuario	
Le dirá la ubicación exacta GPS en tiempo real	

Fuente: Elaboración propia.

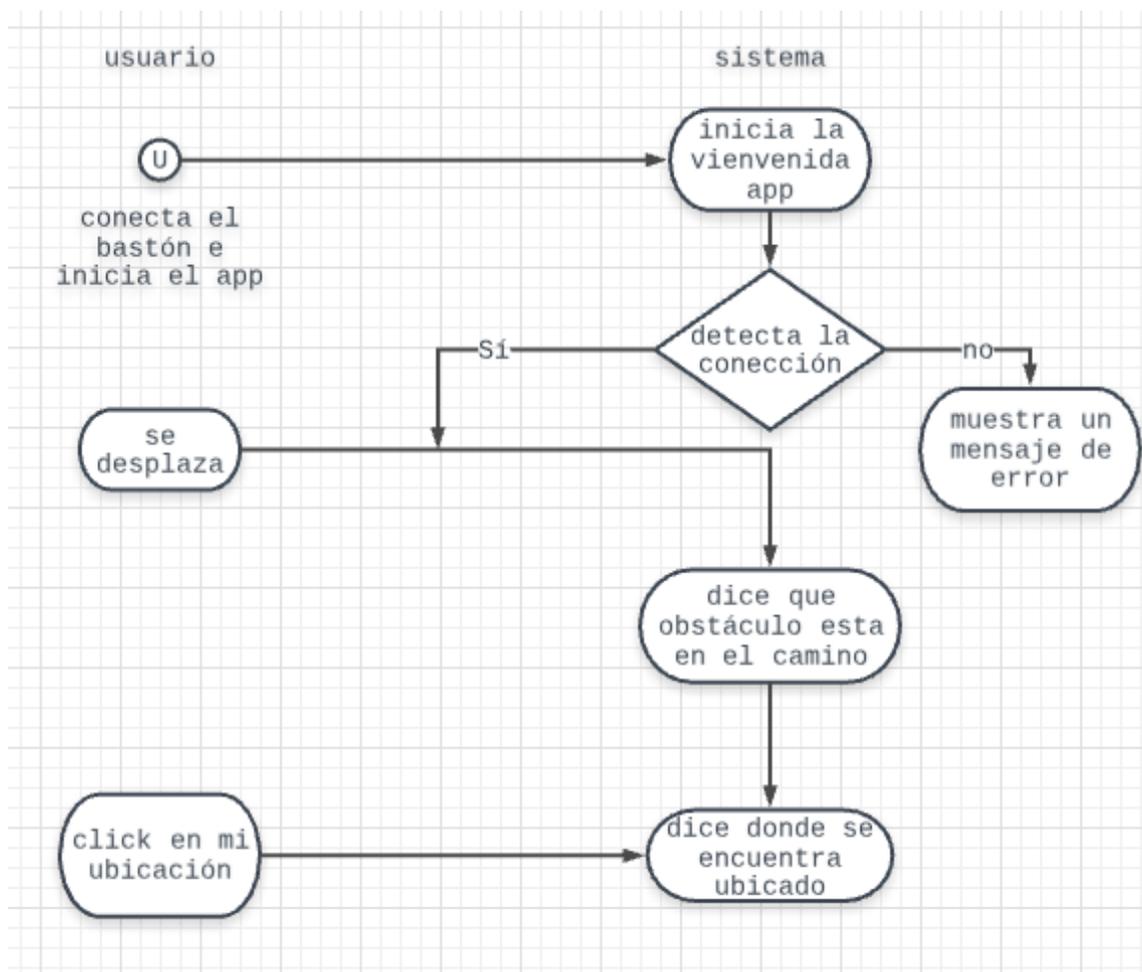
8.1.1.2. Diagrama de actividades.

El siguiente diagrama (figura 13), se presentan las actividades o funciones que realiza el caso de uso, estas actividades son las tareas completas del funcionamiento del prototipo.

8.1.1.3. Funcionamiento del prototipo

La persona discapacitada visual conecta el bastón e inicializa la aplicación móvil, una vez echo eso la aplicación dará la bienvenida y detectará la conexión automáticamente si hay un problema con la conexión dará un mensaje de error, si no hay ninguna excepción de error el usuario podrá saber su ubicación.

Figura 13. Funcionamiento del prototipo



Fuente: Elaboración propia

8.1.1.4. Interfaz de la aplicación móvil

El aplicativo móvil se desarrolló en la plataforma MIT APP INVENTOR 2 para recibir la comunicación del módulo bluetooth del bastón electrónico, se hizo una interfaz para el uso fundamental del prototipo (véase la figura 14).

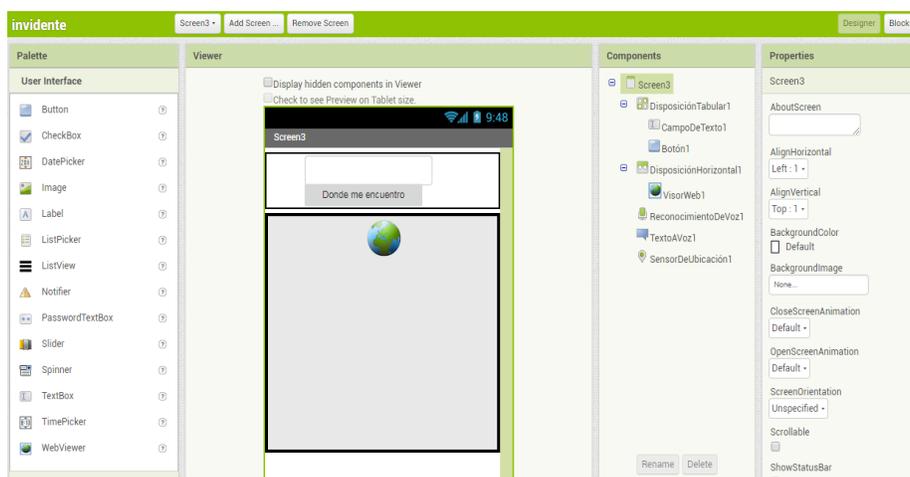
Figura 14. Interfaz aplicativo móvil.



Fuente: Elaboración propia.

Con la comunicación del bastón al APP la persona discapacitada visual podrá saber por medio de voz sintetizada que obstáculos están a su alrededor al desplazarse y así la persona le dará un poco más de seguridad al utilizar el prototipo, si el usuario quiere saber don esta podrá utilizar la interfaz de GPS (véase la figura 15).

Figura 15. Interfaz de GPS.

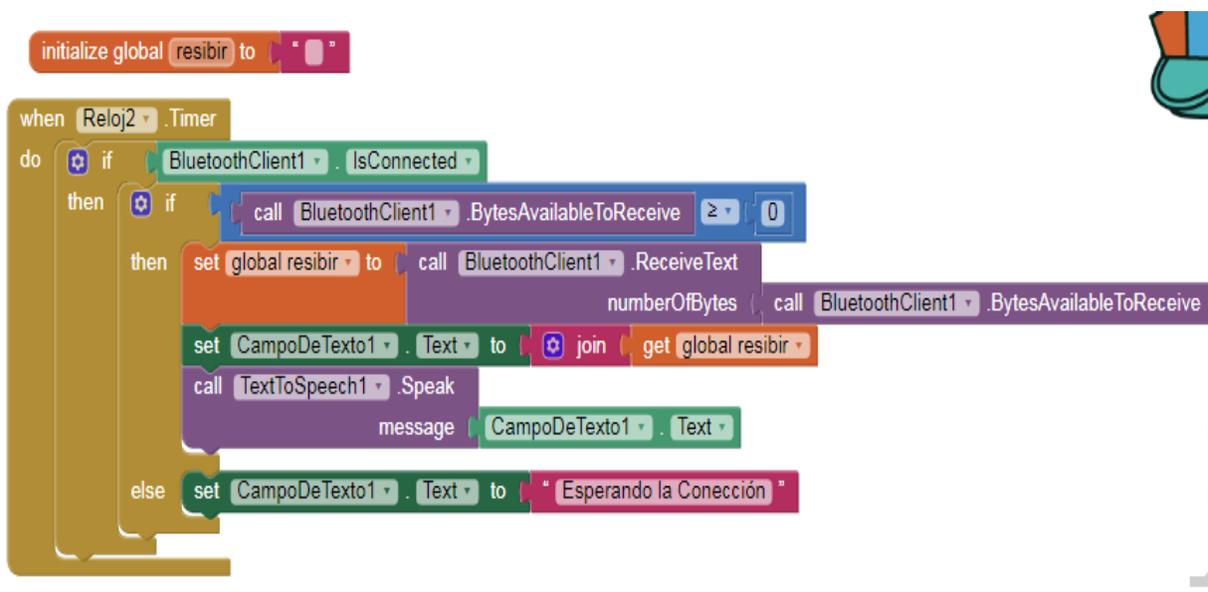


Fuente: Elaboración propia.

8.1.1.5. Comunicación del bastón a la aplicación móvil.

La comunicación del bastón a la aplicación móvil se desarrolló con la codificación de la IDE de APP INVENTOR 2 (véase la figura 16), con la conexión de los sensores de ultrasonido y el módulo bluetooth, los sensores le envían señales a la placa Arduino que automáticamente se envían a la aplicación móvil, el celular del usuario tiene que tener activado el bluetooth para que se emparejen los 2 dispositivos el app al detectar el módulo del bastón se conectara automáticamente ya que se hizo una funcionalidad de conexión automática al prototipo para que la persona discapacitada no tenga que buscar las conexiones de los dos dispositivos y pueda ser más cómodo para su uso.

Figura 16. Comunicación bastón a la aplicación

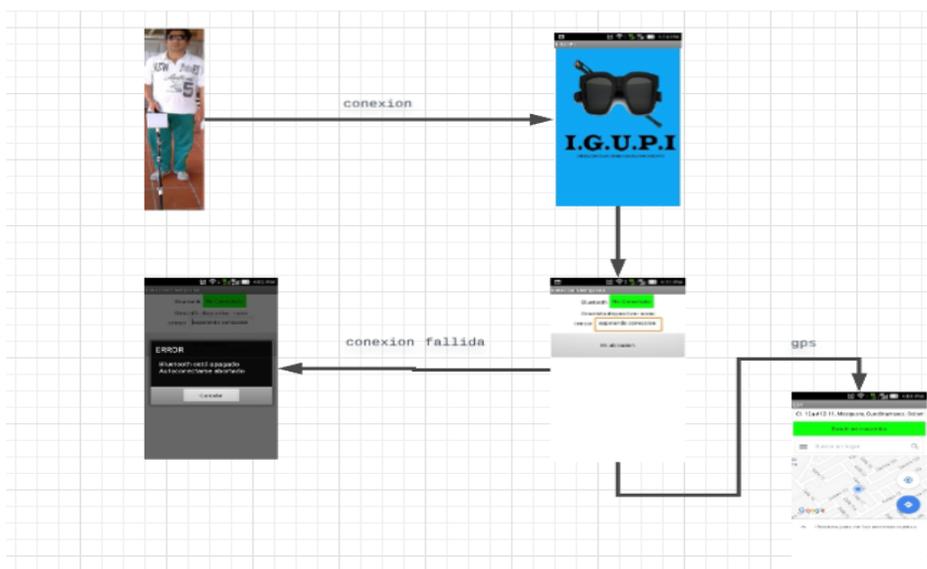


Fuente: elaboración propia

8.1.1.6. Diagrama de flujo de navegación

El diagrama de flujo de navegación muestra las diferentes interacciones de la aplicación móvil, como actúa al ser conectado con el bastón electrónico con sus diferentes vistas o interfases, como se muestra en la parte superior izquierda el usuario con el prototipo físico que al ser conectado se muestra el splash screen del inicio de la app llamada I.G.U.P.I (“Interfaz gráfica de usuario para personas invidentes”).

Figura 17. Diagrama de flujo de navegación APP



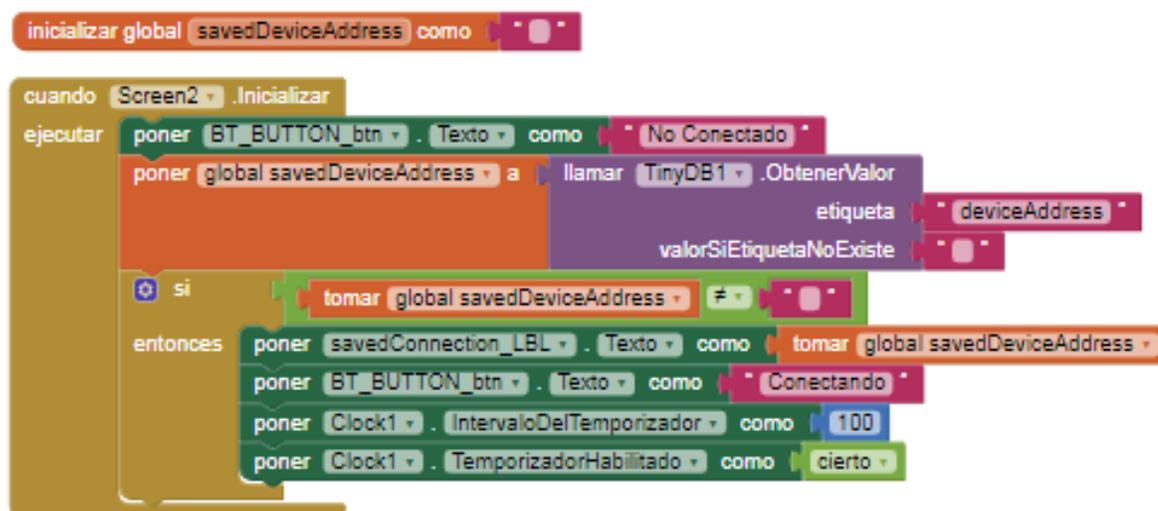
Fuente: elaboración propia

En la (figura 17) se muestra que después de conectarse automáticamente el bastón con la aplicación móvil muestra la vista de los sensores, que le van a decir con voz sintetizada a la persona que obstáculos tiene en su desplazamiento pero si llega el punto de fallar la conexión va emitir un mensaje de error como se muestra en la parte superior izquierda, al ser conectado puede ir a la vista de GPS como se muestra en la parte inferior derecha la persona podrá saber su ubicación en tiempo real.

8.1.1.7. Desarrollo – Codificación

En la codificación se desarrolló la auto conexión para que el bastón y la app se conecten sin problema y la persona discapacitada no tenga que buscar y emparejar los dispositivos y se hace énfasis en que la aplicación móvil tenga la funcionalidad del text to speech (“texto a voz”), para cuando los sensores de ultrasonido le envíen los datos a la aplicación le diga a la persona si hay un obstáculo. (véase la figura 18).

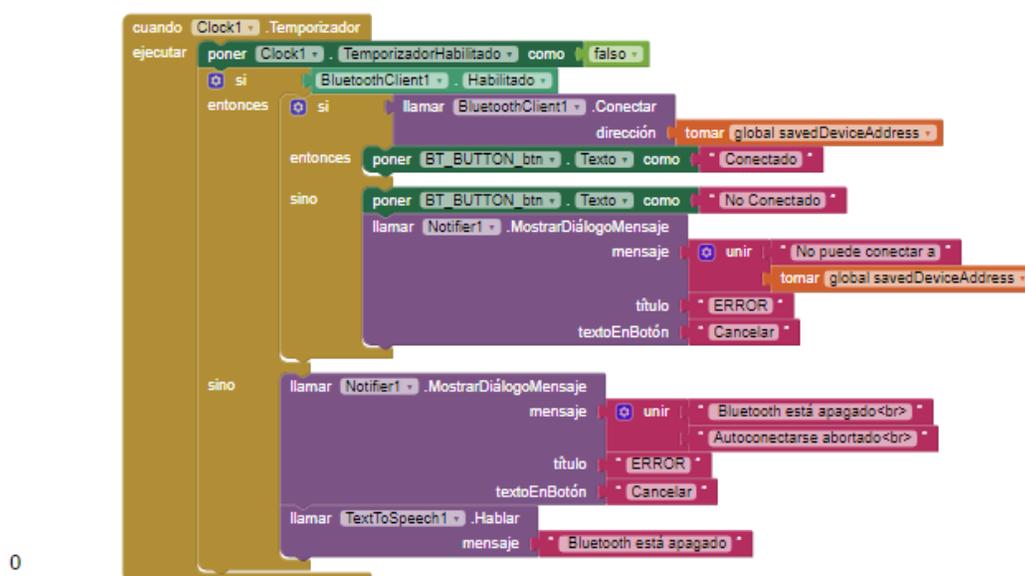
Figura 18. Código aplicación móvil 1.



Fuente: elaboración propia

En la figura 19 se observa el procedimiento para el emparejamiento de dispositivos bluetooth por primera vez el dispositivo guardara la conexión y se auto conectara cada vez que haya una sesión como se muestra en la figura 19, sí la conexión no es posible mostrara un mensaje de error.

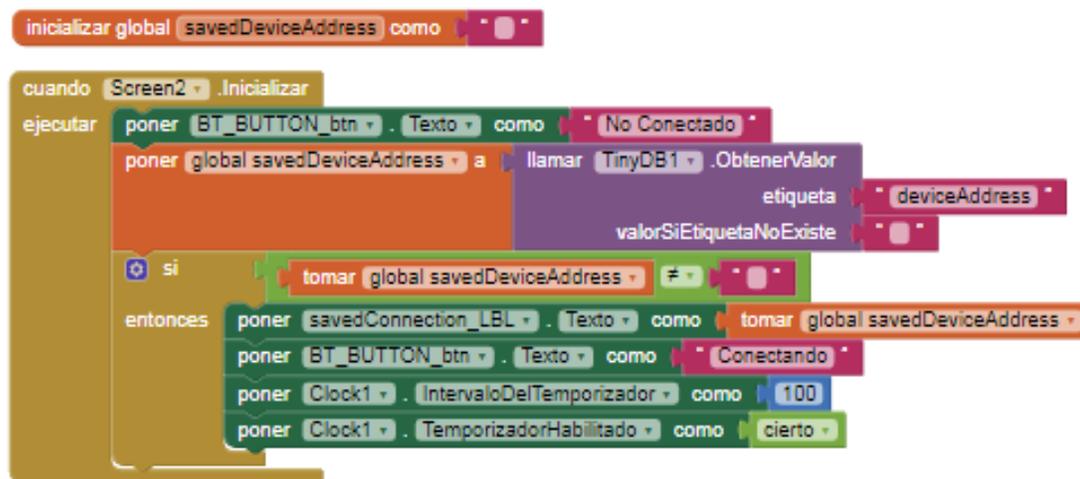
Figura 19. Código aplicación móvil 2



Fuente: elaboración propia

Cada parte del desarrollo de utilizó la función del text to speech para que la navegabilidad se más amena para el usuario para recibir los datos de los sensores del ultrasonido se hizo un pequeño código que interactúa con los modulo bluetooth del bastón y la aplicación móvil (véase la figura 20).

Figura 20. Código aplicación móvil 3



Fuente: elaboración propia

App Inventor es un entorno de desarrollo de aplicaciones para dispositivos Android. Para desarrollar aplicaciones con App Inventor se necesita un navegador web y un teléfono o Tablet Android. App Inventor se basa en un servicio web que permite almacenar el trabajo y ayuda a realizar un seguimiento de los proyectos. Es una herramienta de desarrollo en bloques.

“Al construir las aplicaciones para Android se trabaja con dos herramientas: App Inventor Designer y App Inventor Blocks Editor. En Designer se construye la Interfaz de Usuario, eligiendo y situando los elementos con los que interactuará el usuario y los componentes que utilizará la aplicación. En el Blocks Editor se define el comportamiento de los componentes de la aplicación.” (Ricoy, 2016).

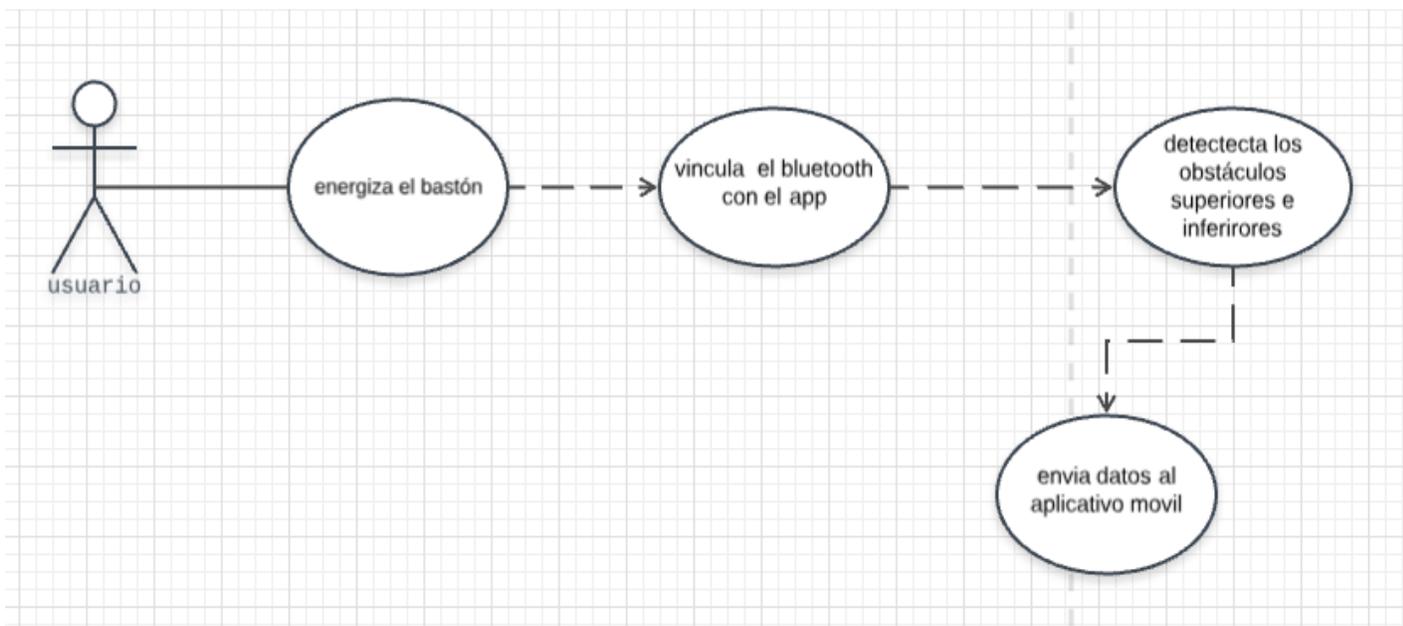
8.1.2. Desarrollo prototipo electrónico del bastón.

Para el desarrollo se hizo una investigación, donde se pudo ver que tecnologías y herramientas hay para el desarrollo electrónico del prototipo.

8.1.2.1. Caso de uso hardware bastón electrónico.

Basado en los requerimientos del aplicativo se desarrollo el caso de uso que se observa en la figura 21.

Figura 21. Caso de uso hardware.



Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se documenta el caso de uso para el hardware, donde se identifica el actor, se describen los procesos desarrollados y se muestran las posibles alternativas según el proceso.

Tabla 3. Caso de uso hardware.

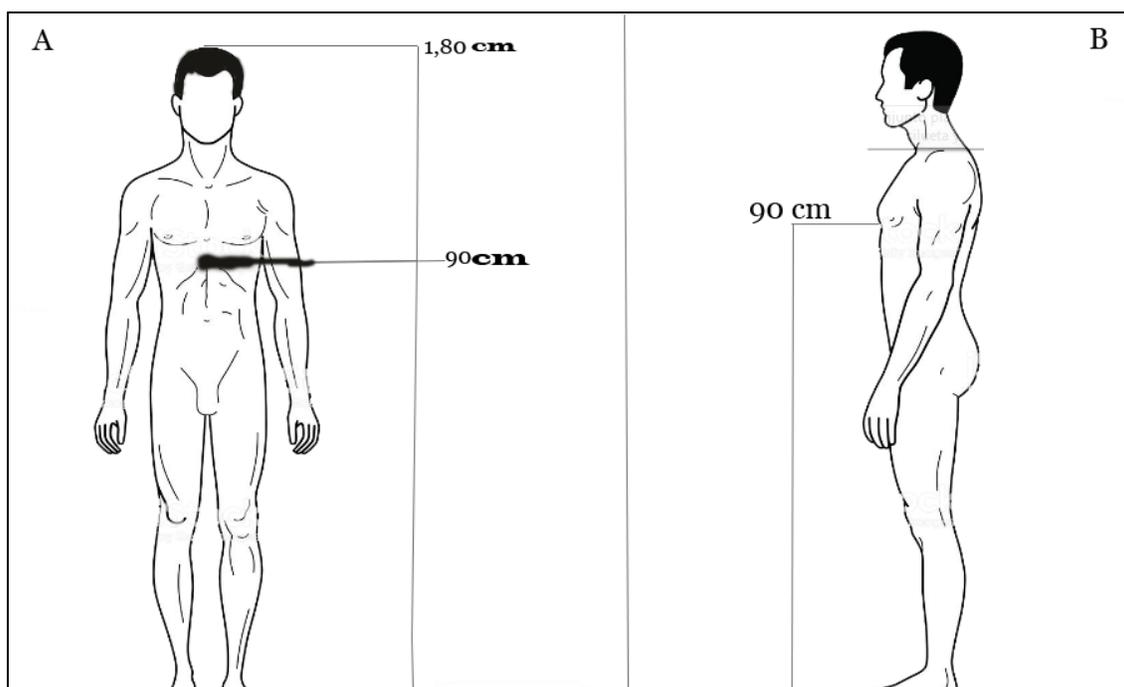
Caso de uso: Hardware	
Actor: persona invidente	
Descripción de los procesos	Alternativas
Energiza el bastón para tener funcionamiento en los sensores	Sin la conexión del bastón a la aplicación móvil el sistema causa conflicto y no funcionaría normal mente.
Vincula el dispositivo bluetooth con la app	
Detecta los obstáculos y envía los datos al aplicativo móvil	

Fuente: elaboración propia

8.1.2.2. Diseño del bastón electrónico.

Se diseño un bastón electrónico según medidas estándar de un hombre adulto de estatura promedio, el cual se detalla en la figura 22.

Figura 22. Altura del bastón electrónico de un hombre adulto.



Fuente: cuerpo humano (2017) recuperado de: <https://dibujoscolorear.es/dibujo-de-un-cuerpo-humano/>

La altura del bastón electrónico para un hombre adulto no tiene un estándar, la medida ideal para el bastón varía en la altura de la persona (véase la figura 12 A, B), la medida exacta del bastón es un poco a bajo del tórax tal como se muestra en la (figura A) la altura del bastón es fundamental para una persona invidente ya que si no está con la medida que le corresponde puede presentarse incomodidad al desplazarse con él. Porque puede quedar el bastón muy largo o muy corto dependiendo la estatura que tenga la persona invidente y no podría maniobrar bien el bastón y la persona podría accidentarse.

8.1.2.3. Desarrollo del prototipo.

Basado en la investigación de la altura del bastón para una persona adulta se elabora el diseño base que va a tener los componentes electrónicos requeridos para el desarrollo del prototipo (véase la figura 23) el prototipo se elabora en tubos de PVC, por su resistencia, peso, durabilidad y su fácil manejo.

Figura 23. Elaboración bastón.



Fuente: elaboración propia

El diseño del bastón no se hizo ergonómico porque al uso de la persona con discapacidad visual los componentes se dañarían o se caerían (véase la figura 24).

Figura 24. Bastón básico.



Fuente: elaboración propia.

Para desarrollar toda la estructura electrónica del bastón se tuvo que hacer una caja donde sostiene todos sus componentes (véase la figura 25) y así poder proteger la estructura electrónica del prototipo.

Figura 25. Protección de los componentes electrónicos del bastón.

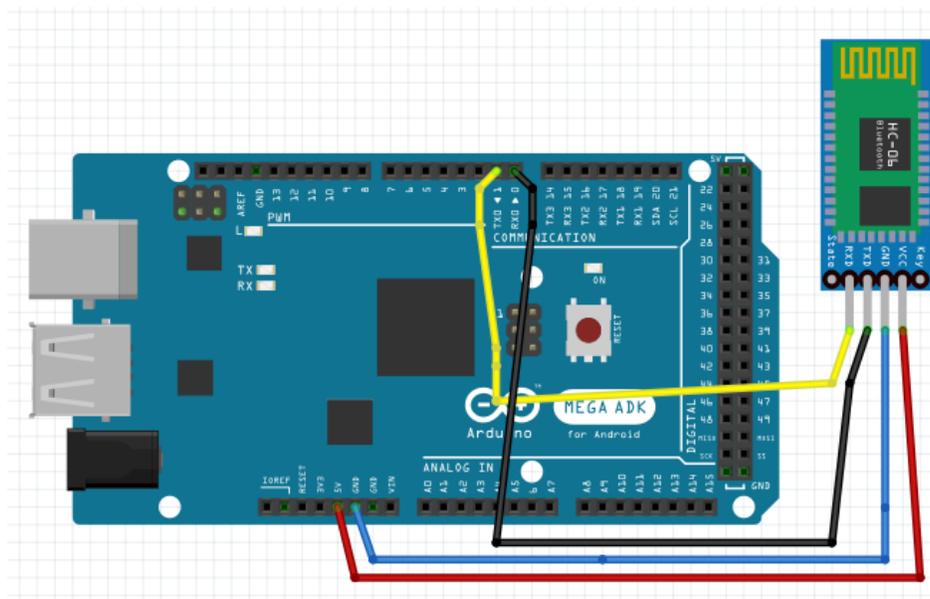


Fuente: Elaboración propia

8.1.2.4. Esquemático electrónico.

Para la elaboración del bastón electrónico se elaboró varios esquemas electrónicos de conexión de cada componente que tiene el prototipo como el módulo bluetooth HC-06 (véase la figura 26) este componente es el que permite la comunicación con la aplicación móvil.

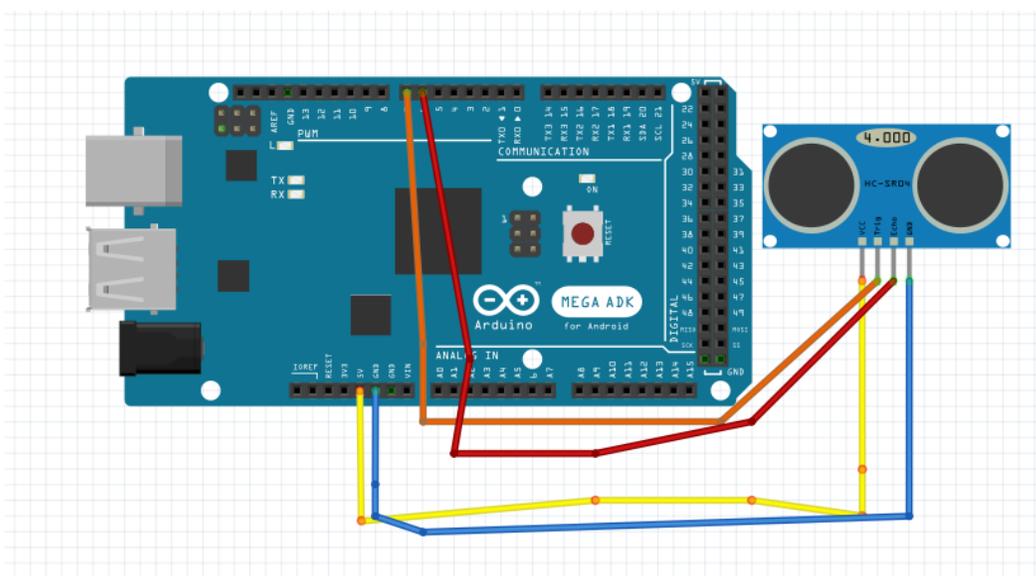
Figura 26. Conexión módulo bluetooth HC-06



Fuente: conexión modulo bluetooth (2018) recuperado de: software fritzing

Los sensores de ultrasonido son importantes en el prototipo ya que cumple la función de detectar obstáculos se utilizó 2 sensores HC-SR04 (véase la figura 27) cada uno de ellos van ubicados en un sitio específico en el bastón.

Figura 27. Esquema de conexión sensor ultrasónico HC-SR04

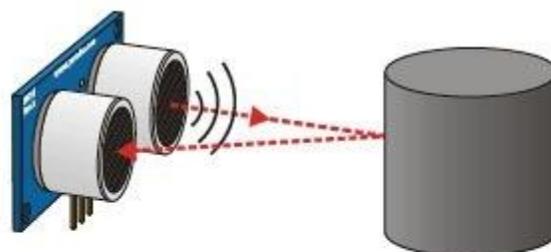


Fuente: conexión sensor de ultrasonido (2018) recuperado de: software fritzing

8.1.2.5. Estructura física del bastón electrónico

La ubicación de los sensores de ultrasonido en el prototipo es indispensable ya que con ellos calcula la distancia de un objeto, para determinar la distancia de un obstáculo tiene que, a ver una codificación en el IDE del Arduino, el modo de detectar el objeto es basado con un transmisor y un receptor cuando el sensor está cerca de un objeto le envía unas señales al transmisor para avisarle en que distancia está el objeto (véase la figura 28).

Figura 28. Funcionamiento del sensor de ultrasonido



$$\text{Tiempo} = 2 * (\text{Distancia} / \text{Velocidad})$$

$$\text{Distancia} = \text{Tiempo} \cdot \text{Velocidad} / 2$$

Fuente: sensor ultrasónico (2018). Sensor de ultrasonido hc-sr04 [imagen].
<https://dualtronica.com/sensores/71-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>

8.1.2.6. Condiciones técnicas

La energización del bastón es parte fundamental del prototipo ya que una persona invidente lo portara todo un día para hacer sus actividades diarias, para ello se realizaron pruebas de uso de baterías que compone el tiempo de utilización de ellas:

Tabla 4. Condiciones técnicas.

Días	Horas de uso dos baterías 9v en paralelo	resultado
1	12 horas 6:00 a 6:00pm	Conexión excelente
2	12 horas 6:00 a 6:00pm	Conexión excelente
3	12 horas 8:00 a 8:00pm	Conexión regular tuvo problemas con el dispositivo bluetooth, inestable
4	3 horas 9:00 am a 12:00	La conexión fue deficiente ya que el dispositivo bluetooth después de tres horas ya no prendía

Fuente: elaboración propia.

Después de 39 horas de uso por promedios de 12 horas por día la energización de las baterías causa conflicto con la conexión bluetooth del aplicativo móvil.

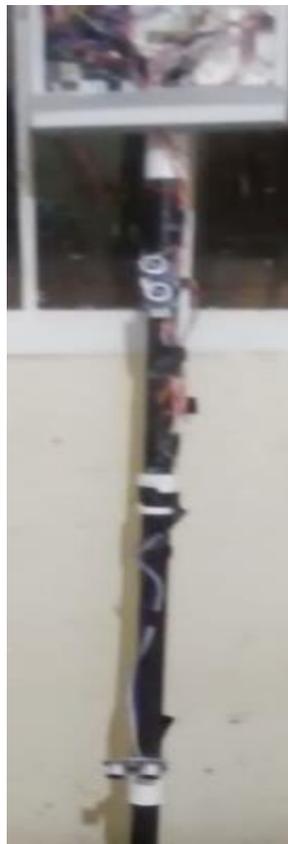
Peso del bastón electrónico

El bastón electrónico por motivos de comodidad para la persona invidente en su desplazamiento se tuvo en cuenta el peso del bastón ya que utilizarlo todo un día puede causar incomodidad.

El peso real del bastón es de 317.12 gramos el peso es dado es por el forro que protege la electrónica que lleva el bastón más sus componentes.

El sensor que detecta los obstáculos en la parte baja esta con un ángulo de 39 grados para que dé una alerta temprana de los objetos que hay a su alrededor o enfrente del sensor, el segundo sensor detecta obstáculos en la parte alta del bastón protegiéndole a la persona discapacitada visual su pecho y cabeza el componente se colocó en forma vertical (véase la figura 29).

Figura 29. Bastón con sus componentes electrónicos



Fuente: elaboración propia

Este fragmento de código para recibir los datos del Arduino es acompañado de un pequeño logaritmo en el IDE Arduino donde se hace posible la comunicación entre ambos, (véase la figura 30).

Figura 30. Código Arduino 1

```

const int echo =10;
const int trig =11;
const int echo2=8;
const int trig2=9;

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  //sensor 1
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);

  //sensor 2

  pinMode(echo2, INPUT);
  pinMode(trig2, OUTPUT);
}

```

Fuente: elaboración propia

Después de tener todos los componentes electrónicos definiendo el monitor serial o serial bejín como se muestra en la (figura 30), se hace posible la comunicación entre el bastón y la aplicación móvil teniendo en cuenta un logaritmo, para que los sensores de ultrasonido tengan definido la distancia de un cierto objeto (véase la figura 31).

Figura 31. Código arduino 2

```

void loop(){
  // sensor 1

  digitalWrite(trig, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig, LOW);
  //logaritmo para convertir metros a centimetros
  unsigned long duracion = pulseIn(echo,HIGH);
  int distancia =duracion/58;

  if(distancia <= 65 ){

    Serial.println("obstáculo");
    delay(500);
  }
}

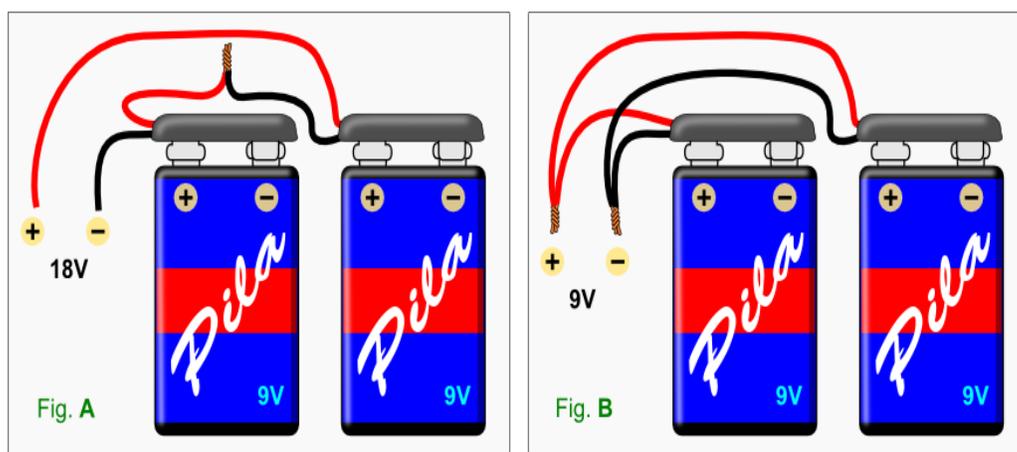
```

Fuente: elaboración propia

8.1.2.7. Pruebas y verificación del prototipo

Cuando se hizo todo el desarrollo y el procedimiento adecuado se realizó una verificación de todos los componentes del bastón y conexión con la aplicación móvil, se encontró que la batería que se utilizaba no daba la energía requerida y producía conflicto en la conexión con el APP, para resolver el problema se tuvo que emplazar dos baterías de larga durabilidad en paralelo y obtener la energía faltante.

Figura 32. Energización del prototipo



Fuente: <https://www.monsolar.com/blog/no-conectar-baterias-en-paralelo/>

8.1.2.8. Puesta en marcha y evaluación

Se realizó después de las pruebas y verificación del prototipo como se mencionó antes, se ejecutó una entrevista a una persona invidente adquiriendo más información sobre su estado y su modo de desplazarse en la ciudad (véase la entrevista anexo A), posteriormente se hicieron las pruebas de campo para ver el funcionamiento del prototipo y analizar el acoplamiento de la persona invidente al portar el bastón electrónico con la aplicación móvil (véase las pruebas de campo anexo B) al final de las pruebas le pedimos los comentarios al usuario de cómo se sintió con el prototipo, los aportes al usar el prototipo fueron positivos (véase el anexo c).

8.2. Impacto del uso del Prototipo

Con base al video de prueba de campo número 2 se elaboró una tabla de experiencia del prototipo cuando lo utilizo el usuario final, la experiencia se califica 1 a 5 donde 1 es deficiente y 5 es excelente, en las tablas 5 y 6 se muestran las calificaciones realizadas por los usuarios.

Tabla 5. Impacto del uso del prototipo percibido por el Usuario 1

Uso del prototipo	Experiencia
Se adaptó rápidamente al usar el prototipo por primera vez	4
Al desplazarse la persona con el bastón electrónico le causo más confianza que su bastón común	4
Al desplazarse el prototipo funciona al 100% al detectar cada obstáculo como superior e inferior	4
En el desplazamiento la voz sintetizada del aplicativo móvil fue coherente en todas las detecciones tempranas.	5
¿El usuario final reemplazaría su bastón común con el prototipo?	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Impacto del uso del prototipo percibido por Usuario 2

Uso del prototipo	Experiencia
Se adaptó rápidamente al usar el prototipo por primera vez	2
Al desplazarse la persona con el bastón electrónico le causo más confianza que su bastón común	3

Al desplazarse el prototipo funciono al 100% al detectar cada obstáculo como superior e inferior	3
En el desplazamiento la voz sintetizada del aplicativo móvil fue coherente en todas las detecciones tempranas.	3
¿El usuario final reemplazaría su bastón común con el prototipo?	2

Fuente: elaboración propia.

8.2.1. Análisis de eficiencia del prototipo frente al bastón común

Para obtener más resultados de la eficiencia del prototipo se realizó una prueba controlada donde la persona invidente se desplazaba con ayuda del bastón común en un área con varios obstáculos para confrontar este desplazamiento con el prototipo, los resultados fueron calificados de 1 a 5 donde 1 es deficiente y 5 es excelente, como se detalla en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis de eficiencia del bastón común

Uso bastón común	Eficiencia
¿El usuario detecto todos los obstáculos inferiores?	5
¿El usuario detecto todos los obstáculos superiores?	1
¿la persona es más rápida en su desplazamiento?	4
¿al desplazarse el usuario final se siente con más seguridad?	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Análisis de eficiencia del prototipo de bastón electrónico

Uso bastón electrónico	Eficiencia
¿El usuario detecto todos los obstáculos inferiores?	5
¿El usuario detecto todos los obstáculos superiores?	4
¿la persona es más rápida en su desplazamiento?	4
¿al desplazarse el usuario final se siente con más seguridad?	4

Fuente: elaboración propia.

Según lo resumido en las tablas, se considera importante los medios de notificaciones y en general la eficiencia del prototipo, aunque brinda mayor seguridad a las personas invidentes, en la siguiente versión se debe optimizar el diseño del hardware.

8.3. Costo del proyecto

Basado en el desarrollo del proyecto se hicieron varios cálculos del costo de elaboración del prototipo.

Tabla 9. Costo del proyecto

RECURSOS FINANCIEROS			
ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO C/U	TOTAL
Sensor De Ultrasonido HC-SR04	2	9,000	18,000
		4,000	4,000
Tubo de PVC	1		
Jumpers	4	7,000	28,000
Arduino 2560	1	52,000	52,000
PROTOBOARD MINI	1	10,000	10,000
MODULO BLUETOOTH HC-06	1	16,000	16,000
INTERNET	8	35,000	280,000
ASESORIAS	8	50,000	400,000
IMPREVISTOS	15%	121,200	121,200
		TOTAL	929,200

Fuente: elaboración propia

9. TESTER

Se realizaron pruebas de hardware y software con el fin de garantizar su funcionalidad y estabilidad en el uso como compatibilidad, energización etc., una de sus pruebas fue la de rendimiento para así cumplir a cabalidad con los objetivos y necesidades de las personas con discapacidad visual. Por ese motivo se elaboró una matriz de casos de pruebas del aplicativo móvil (véase la tabla 10).

El cual se establecieron ciertos parámetros como funcionalidad, acciones de entrada, resultados esperados, ambientes de prueba y procedimientos especiales, cada título que se mencionó en la matriz fue probada el ambiente de prueba se hace referencia a diferentes dispositivos Android 4.4 o superior donde fue ejecutada la funcionalidad y dio resultados positivos en cada ejecución.

Tabla 10. Casos de pruebas aplicativo móvil.

Casos de pruebas de aplicativo móvil				
funcionalidad	Acciones de entrada	Resultado esperado	Ambiente	Procedimientos especiales
Comunicación bluetooth APP y hardware	Empareja los dispositivos bluetooth guardando auto conexiones	Se auto conecta y guarda la dirección del dispositivo	Android 4.4o superior	Cuando la aplicación móvil se instala por primera vez, se tiene que emparejar manual mente para que haya auto conexiones.
Detección de objetos con voz sintetizada	Los sensores ultrasónicos envían datos al aplicativo accionando una respuesta con voz sintetizada	La aplicación recibe los datos y acciona la respuesta inmediata	Android 4.4 o superior	el usuario tiene que desplazarse para obtener las respuestas del aplicativo.

Ubicación GPS	Al dar clic en mi ubicación el sistema envía una respuesta en voz sintetizada.	Al dar clic en mi ubicación da una respuesta a la ubicación actual.	Android 4.4 o superior	el usuario tiene que hacer clic en mi ubicación para que la aplicación le dé la respuesta en tiempo real
Datos erróneos	El aplicativo envía alertas de error si el dispositivo bluetooth del bastón o el celular están apagados o desconectados.	el aplicativo mostrará una ventana y le dirá en voz sintetizada que hay un error en la conexión.	Android 4.4 o superior	el usuario tendrá que verificar si algunos de los dispositivos están desconectados para su comunicación.

Fuente: elaboración propia

9.1. Caso de pruebas bastón electrónico

Las pruebas del bastón electrónico se hicieron conjuntamente con la aplicación móvil para saber si está dando una óptima conexión, las pruebas de hardware se enfocaron en el funcionamiento de los componentes y alimentación de energía para los dispositivos electrónicos.

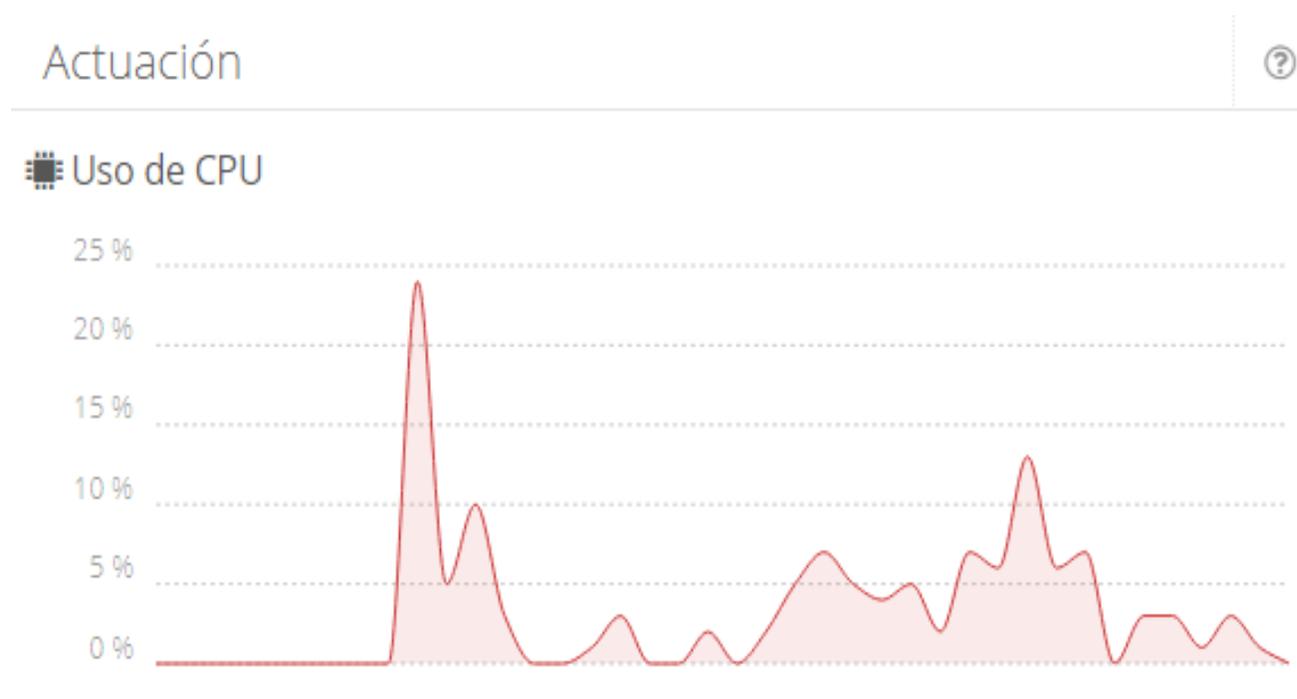
La alimentación de los componentes del bastón se alimenta con una cierta cantidad de voltaje, iniciando la prueba de la energización, se adato una batería de nueve volts para su alimentación, el prototipo pasando los cinco minutos entro en conflicto en la comunicación con el aplicativo móvil ya que la energía no era suficiente, para resolver el problema se tuvo que emplazar dos baterías de nueve Volts en paralelo para que alimentara los componentes con diecisiete volteos y poder tener una comunicación optima con el App.

La ubicación de los sensores ultrasónicos fue fundamental para la detención de obstáculos ya que con el modo de ubicación de los sensores tienen un mayor rango de detección, en ocasiones el sensor que detecta obstáculos de la cabeza se desconectaba solo y ponía en conflicto la comunicación del sistema para resolver el problema se tuvo que soldar cada conexión y componente al bastón electrónico.

9.2. Prueba de rendimiento

En las pruebas de rendimiento (ver la figura 33) se hizo en el programa online Bit Bar que tiene simulaciones de entorno de diferentes plataformas y lleva los procesos del APK.

Figura 33. Rendimiento de CPU



Fuente: uso CPU (2018) recuperado de: bitbar.com

Como se ilustra en la figura es el uso de la CPU el rendimiento que exige la aplicación en ejecución se muestra al iniciar un 20 por ciento del consumo de los recursos y baja durante las otras ejecuciones esto quiere decir que la aplicación requiere un recurso normal en el teléfono.

9.3. Tiempo de instalación

El tiempo de instalación de la aplicación móvil fue muy rápida ya que en un dispositivo Android Nexus demora el tiempo entre 9 a 12 segundos para iniciar su recorrido de navegación normal (ver figura 34).

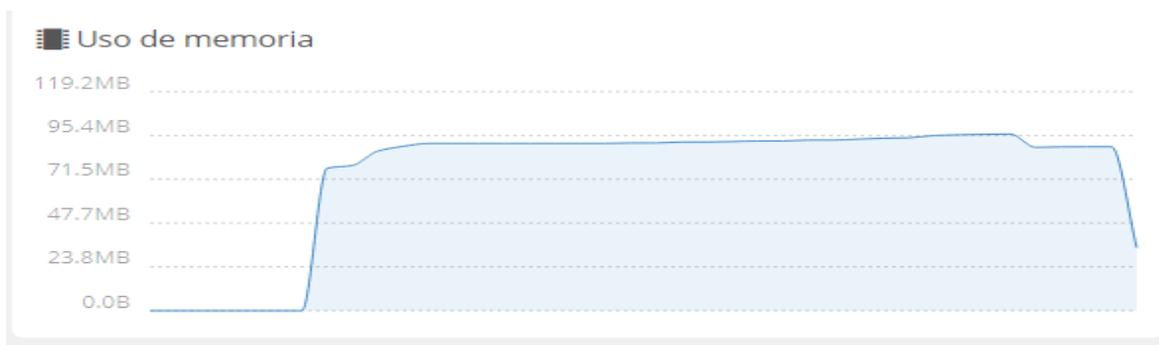
Figura 34. Tiempo de instalación



Fuente: tiempo de instalación (2018) recuperado de: bitbar.com

9.4. Uso de memoria

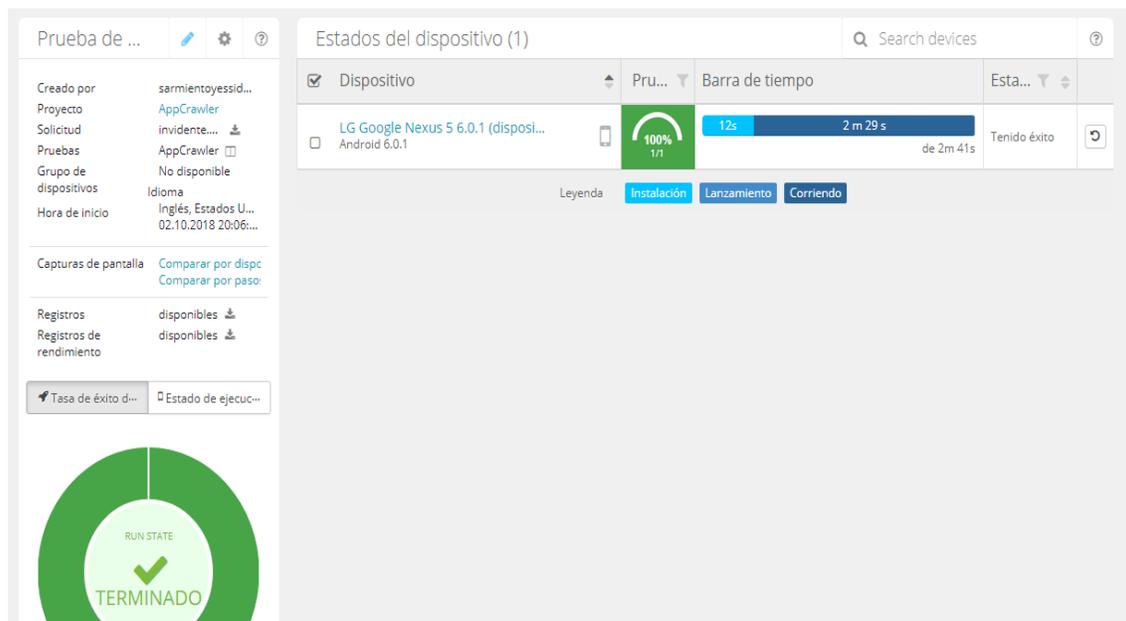
El uso de memoria no excede de un 10 % de almacenamiento ya que la aplicación no tiene bases de datos que le exija procedimientos más complejos para su gasto de recursos (ver la figura 35).

Figura 35. Uso de memoria

Fuente: uso de memoria (2018) recuperado de: bitbar.com

9.5. Pruebas de compatibilidad

Como se muestra en la (figura 36) hubo varias pruebas de compatibilidad se hizo con una simulación del sistema Android LG Google Nexus 5.6.0 la aplicación puede correr en varias versiones del sistema operativo, puede ser ejecutada en versiones como 4.3 o superiores en diferentes dispositivos desde que tenga instalado Android.

Figura 36. Pruebas de compatibilidad

Fuente: pruebas de compatibilidad (2018) recuperado de: bitbar.com

9.6. Casos de pruebas prototipo

Se desarrollo las pruebas pertinentes del uso del aplicativo con el bastón electrónico para mirar su óptimo funcionamiento.

Tabla 11. ID caso de prueba: cp-001

Nombre del proyecto: prototipo bastón electrónico		ID caso de prueba: cp-001	
Ambiente de prueba: electrónico			
propósito			
Verificar toda la funcionalidad y acciones del bastón electrónico integrado con la aplicación móvil.			
Descripción de las acciones y /o condiciones para las pruebas			
#	Acciones	Salida esperada	Salida obtenida
1	Activación de modulo bluetooth	auto conexión del bastón con el aplicativo móvil	conexión exitosa
2	Si no se activa el módulo bluetooth	No hay auto conexión del aplicativo móvil	Mensaje de error
3	Activación GPS	Conexión GPS aplicativo móvil	Dirección real
4	Si no hay activación GPS	No hay conexión GPS	Mensaje de error

Basado en la entrevista que se desarrolló con usuario Jaime Díaz Salgado, quien dio puntos muy importantes a tener en cuenta como:

- Una persona invidente no puede tener audífonos porque nos estaría quitando nuestra visión que es nuestro oído al tener audífonos puestos no podemos saber si un carro está pasando cerca de nosotros y nos podemos accidentar.
- Cuando una persona invidente es primeriza al usar el bastón siempre se va a caer, mientras puede desarrollar la experiencia y se adapta para poder usarlo bien.
- En ocasiones la ciudad y hasta nuestra propia casa es un poco insegura para nosotros ya que en ocasiones hay obstáculos superiores y siempre nos golpeamos en la cara.

Además de darnos puntos importantes para el desarrollo del prototipo, él lo probó y al pasar el tiempo de utilizarlo él sentía curiosidad y hacía preguntas como cuánta distancia esta puede detectar los sensores, después de hacer una explicación mientras iba utilizando el prototipo a pasar los dos minutos se adaptó completamente al bastón electrónico dándole toda la confianza al desplazamiento

10. CONCLUSIONES

No hay mayores antecedentes en el país sobre el desarrollo de bastones grises dotados de interfaz y hardware electrónico, que le facilite la movilidad a las personas con discapacidad visual; solo fue posible encontrar un prototipo desarrollado por unos estudiantes de la Universidad Autónoma de Occidente, en el Valle del Cauca. Al indagar sobre el estado del proyecto, no se tienen antecedentes que se haya continuado con su masificación, quedándose como un proyecto de aula.

Este prototipo al ser un desarrollo que integra plataformas informáticas y de electrónica, muestra la robustez de las TIC en el momento de diseñar proyectos con un grado de complejidad superior, gracias a que la tendencia de la electrónica de pasar a ser programada, permitiendo minimizar al máximo el uso de componentes externos, al encontrar en los circuitos procesadores diferentes módulos que antes eran de uso externo.

Para este proyecto fue necesario diseñar e implementar un aplicativo móvil el cual se denomina I.G.U.P.I (Interfaz Gráfica de Usuario para Personas Invidentes), que, al ser conectado y sincronizado con la electrónica del bastón, le facilita la movilidad al discapacitado visual, teniéndose un impacto muy positivo, porque hace la integración de voces sintetizadas asociadas al funcionamiento de los sensores, evitando que el usuario final se accidente con obstáculos.

Al hacerse una prueba piloto con un discapacitado visual, se obtuvieron diferentes aportes de los cuales algunos no habían sido tenidos en cuenta en el diseño, y obligo a realizar los cambios pertinentes que le dieron más valores agregados al prototipo final; con ello se demuestra que es muy importante para este tipo de desarrollos, trabajar de cerca con el personal que se beneficiará.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda al usuario que haga uso del bastón electrónico, cambiar las baterías a un periodo de 20 días, tiempo suficiente para que se descarguen, lo cual exige que estén con un nivel mínimo para su correcto funcionamiento.

Para utilizar el aplicativo móvil en la interfaz de ubicación se requiere conexión a internet ya que el GPS obtiene las coordenadas exactas conectadas a la red.

Cuando se utilice el bastón electrónico por primera vez el usuario tiene que emparejar los dispositivos bluetooth, para que se guarde la dirección del dispositivo que compone la comunicación con el bastón y así haya futuras auto conexiones.

Para un buen funcionamiento e interacción del prototipo siempre tienen que estar activados los módulos Bluetooth y GPS.

12. PROYECCIONES

El desarrollo del prototipo de bastón electrónico busca ayudar a las personas invidentes a tener más confianza en su desplazamiento y minimizar el riesgo de un accidente, por falta de identificación de obstáculos en los trayectos al transitar por la ciudad.

En este contexto este proyecto tiene capacidades ilimitadas de mejorar día a día y hacer que el bastón electrónico sea más accesible a esta población vulnerable.

Se proyectan mejoras en el prototipo, como dotarlo de sensores especializados, ampliar los medios de notificaciones mediante vibraciones, optimizar el diseño para conseguir un prototipo compacto y ligero y así quienes lo porten tengan menor riesgo de accidentes por obstáculos no identificados, ya que cuentan con una herramienta tecnológica para su desplazamiento.

El prototipo desarrollado se limita a un funcionamiento básico, el cual parte de la conexión entre la estructura electrónica del bastón y el dispositivo Android en el que se instale, el bastón mantiene comunicación continua con el dispositivo sobre la detección de obstáculos, y el dispositivo notifica por medio de una voz sintetizada de los obstáculos detectados. Es importante resaltar que en ocasiones la detección es rápida, pero la notificación tarda algunos segundos, por lo cual pueden presentarse falsas notificaciones, esto es un fallo debido al tipo de sensores que se emplearon, la solución se proyecta como mejora del prototipo y se debe incluir en la siguiente versión desarrollada.

REFERENCIAS

- Discapacidad Colombia (3 de septiembre 2016). Discapacidad Colombia Recuperado el 5, septiembre y 2018, en: <http://discapacidadcolombia.com/index.php/estadisticas>.
- El país (2013-11-01). Colombia tiene 1,14 millones de personas con problemas visuales Recuperado el 1 agosto 2018 en: <https://www.elpais.com.co/colombia/tiene-1-14-millones-de-personas-con-problemas-visuales.html>
- Murillo Córdoba Alexander, serna franco Alberto. (2017). Prototipo de bastón inteligente para personas con limitación visual (trabajo de grado). Colombia: Universidad católica de Pereira. Recuperado en: <http://repositorio.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/10785/4634/4/DDMIST18.pdf> (27/09/18).
- Pérez. D, (2016). sensores de distancia por ultrasonidos. Ingeniería de telecomunicaciones. Recuperado de: http://picmania.garcia-cuervo.net/recursos/redpictutorials/sensores/sensores_de_distancias_con_ultrasonidos.pdf
- Universidad de Cundinamarca. (10 de 10 de 2016). *Dirección de Investigación*. Obtenido de <http://investigaciones.unicundi.edu.co/portalweb/index.php/investigacion/lineas-de-investigacion>.
- Lazos (7/10/18). Lazos. App de movilidad accesible para invidentes el 2, septiembre y 2018, En: <http://lazzus.com/es/ómicron> (5/10/16). tecnologías-para-ciegos
- Lazarillo app (7/10/18). Lazarillo app. *Lazarillo* es una aplicación GPS especializada en la entrega de herramientas de movilidad para personas ciegas o con baja visión. Recuperado el 2, septiembre y 2018, en: <http://lazarillo.es>
- López. A. (2017). Vhista app. Recuperado el 9 agosto 2018 <http://www.gestionandoportunidades.com/archivo/9268>
- Saavedra. D. (2 marzo 2018). Ciego en problemas (Experimento Social) [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=3akDYu5xYbM&t=322s>
- Instead Technologies (5 mayo 2016). bastón egara. Recuperado 7/10/18, en: <http://www.instead-technologies.com/baston-egara/>

Microsiervos (16 de enero de 2013). Eye Stick 7/10/18, En:
<https://www.microsiervos.com/archivo/arte-y-diseno/eye-stick-sable-laser-baston-personas-ciegas.html>

Bluetooth. (s.f.). En *Wikipedia*. Recuperado 8/10/2018: <https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

Sistemas embebidos. (s.f.). En *Wikipedia*. Recuperado 8/10/2018: [https://es.wikipedia.org/wiki/sistemas embebidos](https://es.wikipedia.org/wiki/sistemas_embebidos)

Sensor de ultrasonido. (s.f.). En *Wikipedia*. Recuperado 8/10/2018: [https://es.wikipedia.org/wiki/sensor de ultrasonido](https://es.wikipedia.org/wiki/sensor_de_ultrasonido)

arduino (15 septiembre 2018) compilador arduino 8 de octubre del 2018 recuperado de www.arduino.cl

App inventor (15 septiembre 2018) mi App inventor 2 8 de octubre del 2018 recuperado de <http://ai2.appinventor.mit.edu/>

La sexta (8 de agosto 2016) problemas de visión 5 de abril del 2018 recuperado de https://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoplora/ciencia/innovacion/gps-baston-guiar-personas-problemas-vision_2015050557fcc7470cf2a2e945ba5dab.html

Manuel guerrero (5 de enero 2016) metodología móvil D 8 de octubre del 2018 recuperado de <http://manuelguerrero.blogspot.es/1446543763/metodologia-mobile-d-para-desarrollos-de-aplicaciones-moviles/>

El país (noviembre 01, 2013) Colombia tiene 1,14 millones de personas con problemas visuales 5 de octubre del 2018 recuperado de <https://www.elpais.com.co/colombia/tiene-1-14-millones-de-personas-con-problemas-visuales.html>

Rupmetodologia (julio 3 del 2016) metodología RUP julio 8 2016 recuperada de: <http://rupmetodologia.blogspot.com/>

ANEXO A

ENTREVISTA A JAIME DIAZ

Se elaboro una entrevista donde conocemos al señor Jaime Díaz es una persona discapacitada visual hace nueve años le preguntamos cómo obtuvo la incapacidad visual, al comentarnos el señor Jaime nos estuvo relatando por que el sentía tanto miedo de salir a la ciudad por su estado y nos proporciona información importante para investigar más sobre el proyecto.

Ver la entrevista del señor Jaime Díaz en: <https://www.youtube.com/watch?v=5wbKIHwO8s>

Yessid Sarmiento: Buenas tardes mi nombre es Yessid sarmiento hoy me gustaría hacerle unas pequeñas preguntas.

Jaime Díaz: si claro con gusto mi nombre completo es Jaime Díaz salgado mucho gusto.

Yessid sarmiento: mucho gusto, por favor cuéntenos un poco de usted, de su discapacidad, como empezó.

Jaime Díaz : desafortunada mente mi discapacidad no fue de nacimiento fue adquirida mi profesión era conductor de taxi, base a un atraco por poner resistencia me agredieron y me dispararon 5 veces , me dispararon en una mano y en la 100 cuando me dispararon en esa parte la bala atravesó por entre mis ojos y por ello me reventó los ojos y el proyectil me quemó mi nervio óptico esa es la base de mi discapacidad , medicamento no hay cura solo un milagro de Dios es lo único.

Yessid sarmiento: ¿cuándo usted empezó a manejar el bastón por primera vez le fue un poco difícil a prenderlo a manejar?

Jaime Díaz: si la verdad fue muy difícil aprenderlo a manejar ya que yo no tenía ni el más mínimo conocimiento de lo que era esta discapacidad, porque uno no sabe cómo debe maniobrar el bastón y por ello hay muchos tropiezos y accidentes

Yessid sarmiento: ¿cuándo usted está manejando el bastón alguna vez se ha lastimado o pegado con algo?

Jaime Díaz: cuando yo estaba aprendiendo a utilizar el bastón si era probable poderse accidentar, pero con el tiempo adquirí una destreza para el uso del bastón, pero al principio me golpeaba en la cara o me tropezaba.

Yessid sarmiento: ¿usted ha sentido miedo al salir a alguna parte de la ciudad?

Jaime Díaz: si señor he temido por mi condición porque es complicado salir a la calle siempre se siente una desconfianza muy grande.

Yessid sarmiento: ¿usted tiene algún dispositivo para ubicarse en un entorno urbano?

Jaime Díaz: no señor, tengo un celular que me sirve para contestar, pero solo para eso porque la verdad no me gusta y es complicado manejarlo por mi condición, pero no utilizo ningún dispositivo.

Muchas gracias don Jaime por su tiempo.

ANEXO B

PRIMER PRUEBA DE CAMPO

Se elaboraron las pruebas de campo correspondientes para la prueba de funcionalidad del bastón electrónico en esta prueba nos colaboró un niño de 10 años con discapacidad visual, no tenía experiencia con el bastón blanco.

Prueba de campo numero 1 niño Juan David se adjunta video de prueba de campo 1.

Prueba de campo numero 1	
Prueba	Resultado
Maniobra con el bastón	El niño no pudo maniobrar bien el bastón ya que el bastón era muy grande para su estatura.
Interacción con el aplicativo	La interacción con el aplicativo fue positivo ya que el niño le producía más confianza por la voz sintetizada que escuchaba.

ANEXO C

SEGUNDA PRUEBA DE CAMPO

La segunda prueba de campo para ver el funcionamiento del prototipo en un hombre adulto con experiencia en utilizar el bastón para invidentes, el usuario se adapta mucho más rápido y hay resultados positivos en su desplazamiento.

Ver prueba de campo número 2 en: <https://www.youtube.com/watch?v=1PAgrlM2kKo&t=2s>

Prueba de campo número 2	
Prueba	Resultado
Maniobra con el bastón	La persona pudo manipular el bastón muy bien ya que era la estatura ideal
Interacción con el aplicativo	Resultado positivo ya que le produjo más confianza al desplazarse
Desplazamiento	El desplazamiento fue exitoso ya que la persona se adaptó muy rápido con el bastón y el aplicativo móvil y detecto obstáculos aéreos y normales el usuario hizo caso a todas las alertas que le dio el sistema.

ANEXO D**ARTÍCULO CIENTÍFICO BASTÓN ELECTRÓNICO**

Se elaboro un artículo científico dando a conocer el desarrollo y la implantación del prototipo de bastón electrónico para personas invidentes.

Se adjunta artículo en la carpeta anexos.

ANEXO E

MANUAL TÉCNICO Y DE USUARIO

Se desarrollo un manual técnico y de usuario para la utilización forma de configuración y buen uso del prototipo con sus respectivos requerimientos.

Se adjunta en la carpeta anexos el manual con sus respectivos video tutoriales